



Thèse

2019

Public access

This version of the publication is provided by the author(s) and made available in accordance with the copyright holder(s).

Rôle de l'inhibition dans l'acquisition du langage oral et écrit: aspect
développementaux, typiques et atypiques, chez l'enfant de 4 à 8 ans

Fourrier, Ingrid

How to cite

FOURRIER, Ingrid. Rôle de l'inhibition dans l'acquisition du langage oral et écrit: aspect
développementaux, typiques et atypiques, chez l'enfant de 4 à 8 ans. Doctoral Thesis, 2019. doi:
10.13097/archive-ouverte/unige:116283

This publication URL: <https://archive-ouverte.unige.ch/unige:116283>

Publication DOI: [10.13097/archive-ouverte/unige:116283](https://doi.org/10.13097/archive-ouverte/unige:116283)

© This document is protected by copyright. Please refer to copyright holder(s) for terms of use.

Last deposit update in Archive ouverte UNIGE on 15.03.2023 17:21



UNIVERSITÉ
DE GENÈVE

FACULTE DE PSYCHOLOGIE ET DES SCIENCES DE L'ÉDUCATION

Rôle de l'inhibition dans l'acquisition du langage oral et écrit
*Aspects développementaux, typiques et atypiques,
chez l'enfant de 4 à 8 ans*

Thèse présentée en vue de l'obtention du grade de Docteur en Logopédie
par

Ingrid FOURRIER
(France)

Sous la direction du Professeur Pascal ZESIGER

Thèse n°725

Genève
2019



UNIVERSITÉ
DE GENÈVE

FACULTE DE PSYCHOLOGIE ET DES SCIENCES DE L'ÉDUCATION

Rôle de l'inhibition dans l'acquisition du langage oral et écrit

*Aspects développementaux, typiques et atypiques,
chez l'enfant de 4 à 8 ans*

Thèse présentée en vue de l'obtention du grade de Docteur en Logopédie
par

Ingrid FOURRIER
(France)

THESE N° 725

Sous la direction du Professeur Pascal ZESIGER

MEMBRES DU JURY

Professeure Koviljka BARISNIKOV, *Université de Genève, Suisse*

Professeur Ulrich FRAUENFELDER, *Université de Genève, Suisse*

Professeure Marie-Anne SCHELSTRAETE, *Université Catholique de Louvain-la-Neuve, Belgique*

Professeur Pascal ZESIGER, *Université de Genève, Suisse*

Genève
2019

À toi, mon Sacha

*À la joie et à la richesse de l'enfance
À nos échanges
À cet amour inconditionnel
Qu'on sache t'apporter le meilleur*

À toi ma Paulette, ma Chère Mamie

*À ta bienveillance
À ta patience
Ton amour et ta confiance sont à jamais dans mon
cœur*

À toi, Raphaël, infallible, tu m'accompagnes

À toi, Maman, toujours présente,

À vous, Mes Amis, Ma Famille

Au temps que je récupère pour l'Essentiel

Remerciements

Je remercie tous ceux et celles qui ont contribué de loin ou près à la réalisation de cette thèse.

Un grand merci va aux enfants qui ont participé aux séances d'expérimentation et à tous les bons moments passés avec eux. Merci à leurs parents pour leur confiance, aux enseignants et aux directions d'établissement scolaire, à l'académie de Grenoble (France), aux logopédistes pour l'accueil de ce projet et leur implication pour la réalisation de celui-ci.

Merci à toi, Christine, enseignante dont tout parent rêve, de m'avoir laissé entrer dans ton univers au-delà des échanges liées à cette thèse. Ton respect de l'enfance, ton implication, ton partage, ta douceur et ta bienveillance sont autant de qualités humaines que le monde gagnerait à abuser.

Merci à mes patients, collègues et amies qui ont aiguillé mes réflexions sur le plan clinique de près ou de loin avec cette thèse. Merci en particulier à Catherine, Céline, Caroline.

Je remercie aussi sincèrement mes collègues ou amies de l'Université qui ont partagé tant de moments avec moi. Merci Marjo, Hélène. Audrey, Violaine, Sophie, Grégoire pour votre soutien, votre bonne humeur, votre sourire au quotidien, nos échanges. Merci en particulier à Laura, Lucie, Josette, Daniella et Carole, votre sincérité et votre profond respect de l'autre m'ont réellement touchée, merci pour nos échanges si riches tant professionnels que personnels, pour nos fous-rires, votre soutien, vos précieux conseils.

Un grand merci va aussi à Fanny, Audrey, Solène et Vilà pour le recueil des données. Notre travail mutuel a permis l'achèvement tant de vos mémoires de master que celui de cette thèse. Je vous souhaite une belle réussite et beaucoup de joie dans votre travail.

Je remercie tout particulièrement les Professeurs Koviljka Barishnikov, Marie-Anne Schelstraete et Ulrich Frauenfelder d'avoir généreusement accepté de participer à l'élaboration de cette thèse, à sa relecture et à sa soutenance. Merci à vous pour votre investissement tout au long de ce travail, merci pour votre patience, pour vos précieux conseils, votre sens du détail et votre pertinence, j'espère en avoir fait bon usage. Un merci tout particulier va à Marie-Anne, qui a initié mon parcours en logopédie, à Louvain-la Neuve, (années d'études qui restent chères à mon cœur) et qui boucle la boucle, ici, quelque vingt années plus tard, avec cette thèse.

Un grand merci va à mon directeur de thèse, le professeur Pascal Zesiger. Merci à toi Pascal, de m'avoir laissée tant de liberté dans les choix relatifs à cette thèse et dans la réalisation de celle-ci avec les contraintes qui m'appartenaient. Merci pour tes conseils avisés et pour

ton art de recentrer concepts ou idées afin d'opérationnaliser au mieux. Merci pour ta constance, ta patience et ton optique profondément humaine de la guidance de thèse sans lesquelles je n'aurais pas fini cette thèse.

Enfin, je tiens à remercier sincèrement mes ami(e)s et ma famille.

Merci à vous pour vos encouragements, pour votre confiance, votre soutien, votre ouverture d'esprit, votre bienveillance, votre écoute qui m'ont construite ou portée. Merci pour tous les moments passés ensemble, merci d'être vous et merci simplement d'être là ou d'avoir laissé une trace indélébile de votre passage dans ma vie.

Merci à mes voisins toujours encourageants, merci à Amandine, Caro, Laura (encore), Lucie (encore), Fanny, Quentin, Emilie pour avoir toujours été encourageants et avoir largement contribué au côté agréable de mes pauses et plus encore. Merci Brigitte, Jean-Claude, Agué, Cori, Fab, Emilie. Merci Véro, Domi, Marcelle, Marcel, Mado, Mamie, Lili, Marine, Fé, et à tous les autres, vous saurez vous reconnaître, il n'y a pas de piège.

Un merci tout particulier à toi maman pour ta relecture minutieuse et tes conseils dans le cadre de cette thèse et merci surtout d'avoir été présente au-delà de ta discrétion.

Pour finir, merci à toi Sacha, mon fils adoré et à toi, Raphaël, l'homme avec qui je partage ma vie. Merci de votre patience et votre soutien, merci d'avoir supporté mes moments de stress, de fatigue ou de découragement, merci surtout pour tous les beaux moments du quotidien partagés et pour votre amour.

Résumé

Un nombre croissant de chercheurs s'accordent à dire que différents processus généraux (i.e. non spécifiquement linguistiques), pourraient être déterminants dans l'acquisition du langage (oral et écrit) et dans les troubles développementaux du langage (TDL). L'inhibition cognitive, capacité à inhiber des informations non pertinentes pour une tâche donnée, reste un mécanisme peu étudié de même que ses liens avec le langage. Cette thèse a visé à explorer le développement de l'inhibition, et à l'envisager comme un prédicteur de l'acquisition du langage chez l'enfant de 4 à 8 ans expliquant une part de variance unique en regard des prédicteurs liés à l'hypothèse phonologique (métaphonologie et mémoire phonologique à court terme ; mémoire de travail verbale).

L'étude 1 a examiné le développement et les liens de trois formes d'inhibition, (comportementale/ Statue), conflit non verbal / Stroop animaux, conflit verbal/ Cocktail party) chez des enfants préscolaires de 4 à 6 ans (n=48), issus de deux degrés scolaires (D1 : 4-5 ans ; D2 : 5-6 ans). L'étude 2 a porté sur l'influence de ces trois formes d'inhibition et des variables phonologiques sur l'acquisition typique du langage chez les mêmes enfants. L'étude 3 a mesuré l'impact longitudinal des variables langagières, phonologiques et inhibitrices mesurées entre 4-6 ans (T1) sur le développement ultérieur du langage oral (étude 3A) et de la lecture (étude 3B) entre 6-8 ans (T2) (n= 30). L'étude 4 enfin a comparé les performances d'enfants avec TDL (n=16) à celles d'enfants au développement typique (DT) (d'âge équivalent DT-A (n=16) ou de niveau linguistique équivalent DT-L (n=16)) pour le langage, la métaphonologie, la mémoire phonologique à court terme, la mémoire de travail, l'inhibition sous plusieurs formes en vue d'identifier les meilleurs marqueurs du TDL.

L'ensemble des résultats suggère 1) un développement de l'inhibition conflit (verbal et non verbal) entre 4-5 et 5-6 ans ainsi que des liens (corrélations) entre les différentes formes d'inhibition 2) une influence des variables phonologiques en premier lieu, suivie de l'inhibition conflit (verbal et non verbal) sur le développement typique du langage oral à 4-6 ans ; 3) une influence du langage oral, du raisonnement non verbal, des variables phonologiques, de l'inhibition conflit verbal (Cocktail) mesurés en T1 sur le développement du langage oral en T2 ; 4) des variables prédictrices différentes selon que l'on considère la précision versus la vitesse de déchiffrage en lecture à 6-8 ans : la précision en T2 est prédite par la durée d'apprentissage de la lecture suivie des variables Méta/phonologiques, Mdt, et Stroop (inhibition conflit non verbal) ; en revanche, la durée d'apprentissage, suivie de l'inhibition cocktail puis du langage oral en T1 prédisent mieux la vitesse de lecture en T2 ; 5) des différences significatives entre les groupes TDL et DT pour l'ensemble des mesures à l'exception de l'inhibition motrice et des mesures d'appariement. Au-delà du groupe (TDL versus DT), le raisonnement non verbal, l'inhibition conflit verbal (cocktail) puis non verbal (Stroop) et enfin la méta/phonologie prédisent le mieux le langage pour le contraste DT-A/TDL, et l'inhibition verbale conflit (cocktail) puis de l'inhibition non verbale conflit (Stroop)

et enfin la méta/phonologie pour le contraste DT-L/TDL. Le groupe TDL se distingue par ailleurs des deux groupes DT par le biais d'une fonction discriminante unique comprenant les mesures de langage oral et exclusivement les mesures d'inhibition (Cocktail, Stroop animaux, Statue). En d'autres termes, les mesures d'inhibition apparaissent jouer un rôle important dans la distinction entre les groupes DT et TDL plus encore que les variables phonologiques ou Mdt.

En conclusion et dans la limite de ces études, le rôle de l'inhibition (sous différentes formes) dans l'acquisition, typique et atypique, du langage oral et écrit, entre 4 et 8 ans s'avère un élément pertinent à examiner. Ceci est d'autant plus marqué pour les TDL et plus encore que les variables phonologiques ou la mémoire de travail. La question de la persistance des troubles en lien avec un défaut d'inhibition est notamment discutée.

Ces résultats renforcent l'idée que des facteurs généraux, d'inhibition, impactent l'acquisition du langage oral et écrit, typique et atypique à des degrés variables et que ces aspects sont à considérer dans le diagnostic, le pronostic et la prise en charge des TDL.

Mots clés : acquisition typique du langage oral, langage écrit, troubles développementaux du langage oral, inhibition cognitive, inhibition auditive, effet cocktail party, persistance des troubles TDL

TABLE DES MATIERES

INTRODUCTION.....	21

REVUE DE LA LITTERATURE.....	27

CHAPITRE 1. ASPECTS TYPQUES ET ATYPIQUES DU DEVELOPPEMENT DU LANGAGE	29

1. DEVELOPPEMENT TYPQUE DU LANGAGE ORAL.....	29

1.1. Introduction : le langage, un processus complexe.....	29

1.2. De l'input auditif aux processus perceptivo-cognitifs sous-tendant le développement du langage	30

1.2.1. Introduction	30

1.2.2. Régularités statistiques et bébé « statisticien »	31

1.2.3. Aptitudes perceptuelles et élaboration du langage	32

1.2.3.1. Introduction	32

1.2.3.2. Capacités d'analyse prosodique.....	33

1.2.3.3. Perception catégorielle et spécialisation pour les sons de la langue native	35

1.2.3.4. Capacités de segmentation et de ségrégation	38

1.2.4. Habiletés métaphonologiques	41

1.2.5. Contraintes linguistiques et mapping visuo-verbal.....	41

1.2.6. Systèmes de mémoire.....	43

1.2.6.1. Mémoire de travail : boucle phonologique et administrateur central.....	43

1.2.6.2. Mémoire à long terme : mémoire déclarative et procédurale	46

1.2.7. Éléments de synthèse	48

2. TROUBLE DEVELOPPEMENTAL DU LANGAGE ORAL (TDL).....	49

2.1. Généralités et définition des TDL.....	49

2.1.1. Histoire, évolution et terminologie	49

2.1.2. Prévalence.....	50

2.1.3. Trouble développemental.....	50

2.1.4. Notion de handicap.....	50

2.1.5. Notion de persistance	51

2.1.6. Retard de langage versus trouble du langage	51

2.1.7. Signes d'alerte, facteurs de risque et pronostic	52

2.1.8. Spécificité des troubles et critères d'exclusion remplacés par conditions cooccurrentes	52

2.1.9. Multilinguisme	55

2.1.10. Hétérogénéité des troubles	55

2.2. Critères diagnostiques.....	57

2.2.1. Introduction	57

2.2.2. Critères diagnostiques du DSM-V.....	59

2.3. Hypothèses explicatives et principaux prédicteurs des TDL	61

2.3.1. Déficits liés spécifiquement au matériel linguistique.....	62

2.3.1.1. Difficultés acoustiques fines et difficultés de discrimination phonologique.....	62

2.3.1.2. Difficultés phonologiques	62
2.3.1.3. Difficultés de mémoire phonologique (boucle phonologique)	63
2.3.1.4. Difficultés de ségrégation des sons dans le bruit	63
2.3.1.5. Troubles spécifiques de la connaissance des marques et des représentations morphosyntaxiques	66
2.3.1.6. Éléments de synthèses	67
2.3.2. Déficits des processus généraux	68
2.3.2.1. Introduction	68
2.3.2.2. Mémoire procédurale	68
2.3.2.3. Déficit des systèmes attentionnels et de contrôle	69
3. LIEN LANGAGE ORAL-LANGAGE ECRIT, PREDICTEURS DU DECHIFFRAGE EN LECTURE	70
3.1. Introduction	70
3.2. Liens langage oral-langage écrit-déchiffrage	72
3.3. Prédicteurs du langage écrit	73
3.3.1. L'hypothèse phonologique	73
3.3.1.1. Dénomination rapide automatisée	73
3.3.1.2. Phonologie et conscience phonologique	74
3.3.1.3. Mémoire phonologique à court terme (MPCT)	75
3.3.1.4. Éléments de conclusion concernant l'hypothèse phonologique	76
3.3.2. Analyses perceptive, perceptuelle et ségrégation dans le bruit	76
3.3.3. Connaissance des lettres	76
3.3.4. Prédicteurs lexicaux, morphologiques, narratifs et sémantiques	77
3.4. TDL et langage écrit	78
3.4.1. Imbrication TDL et difficultés de lecture	78
3.4.2. Variables pour expliquer l'imbrication des troubles du développement du langage (TDL) et les difficultés d'acquisition de la lecture	79
3.5. Vers une modélisation du lien langage oral-langage écrit	82
3.6. Tableau de synthèse des variables en lien avec le développement du langage écrit et avec les zones de recouvrement entre langage oral et langage écrit	85
3.7. Déficit des systèmes attentionnels et de contrôle : les autres pistes	85

CHAPITRE 2. PROCESSUS ATTENTIONNELS, SYSTEMES EXECUTIFS DE CONTROLE, PROCESSUS INHIBITEURS	87
1. INTRODUCTION : QUELQUES CONSIDERATIONS THEORIQUES	87
2. SYSTEMES ATTENTIONNELS ET DE CONTROLE	88
2.1. Posner & Petersen (1990, 2012)	88
2.1.1. Le réseau d'alerte	88
2.1.2. Le réseau d'orientation	89
2.1.3. Réseau exécutif de contrôle	90
2.2. Aspects neurobiologiques des processus de contrôle (Lachaux, 2011)	92
2.2.1. Les cycles perceptions-actions	93
2.2.2. Les contraintes de la prise de décision : les habitudes, l'inertie attentionnelle, les circuits de récompense :	95

2.2.3. Système préattentif, captation et propositions d'actions immédiates	96
2.2.4. Système de contrôle : rester concentré et résister à la tentation.....	96
3. MEMOIRE DE TRAVAIL ET SYSTEME EXECUTIF	98
3.1. Introduction	98
3.2. Mémoire de travail et vision unitaire des systèmes de contrôle	99
3.2.1. L'administrateur central de la mémoire de travail.....	99
3.2.2. Modèle de Norman & Shallice (1980)	100
3.2.2.1. Fonctionnement du modèle	100
3.2.2.2. Degré d'automatisme	101
3.2.2.3. Évolutions du modèle et extension.....	102
3.2.3. Modèle de Majérus (2012) : évolution du modèle Baddeley (2000).....	103
3.2.4. Éléments de synthèse	105
3.3. Fonctions exécutives et modèles factoriels des fonctions exécutives (FE)	106
3.3.1. Introduction	106
3.3.2. Vers un modèle factoriel des fonctions exécutives : « l'unité dans la diversité » (Friedman & Miyake, 2000)	106
3.3.3. Modèle intégratif et modulaire des fonctions exécutives (Diamond, 2013).....	108
3.3.4. Paramètres influençant les FE.....	113
3.3.5. Éléments de synthèse	115
4. LE CONCEPT D'INHIBITION COGNITIVE ET LES DIFFERENTES FORMES D'INHIBITION.....	115
4.1. Introduction et définition.....	115
4.2. Taxonomies et modélisation de l'inhibition.....	117
4.2.1. Système cognitif selon Houdé (2014).....	117
4.2.2. Friedman et Miyake (2004)	118
4.2.3. Le contrôle inhibiteur, Diamond (2013)	120
4.2.4. Éléments de synthèse	121
4.3. Développement des capacités d'inhibition cognitive	121
4.4. Spécificité de l'inhibition auditive.....	124
4.4.1. Statut incertain.....	124
4.4.2. Notions d'acoustique	124
4.4.3. Masquages et effet cocktail party.....	125
4.4.4. Notions d'otologie.....	127
4.5. Attention et ségrégation auditive	129
4.6. Éléments de synthèse	132
CHAPITRE 3. INHIBITION ET DEVELOPPEMENT DU LANGAGE	133
1. INHIBITION ET LANGAGE : INTRODUCTION	133
2. DE L'INHIBITION AU DEVELOPPEMENT DU LANGAGE.....	135
2.1. Introduction	135
2.2. De l'inhibition au développement typique du langage oral.....	135
2.2.1. Sons natifs et non natifs : spécialisation du bébé pour la langue maternelle	135
2.2.2. De l'inhibition à la compréhension morphosyntaxique	136
2.2.3. De l'inhibition cognitive/conflit au lexique et au lexique « interne »	138

2.2.4. De l'inhibition au langage oral.....	139
2.3. De l'inhibition au développement du langage écrit	140
2.3.1. De l'inhibition auditive à la dyslexie	141
2.3.2. De l'inhibition motrice, verbale et non verbale, au déchiffrage chez l'enfant tout venant et dans les TDL	142
2.4. De l'inhibition au TDL	144
2.4.1. Introduction	144
2.4.2. Champ actuel de la littérature sur l'implication de l'inhibition dans les TDL	145
2.4.3. Principaux résultats de la littérature sur les liens inhibition -TDL	146
2.4.3.1. Inhibition auditive	146
2.4.3.2. Inhibition non spécifiquement linguistique	147
2.5. Éléments de synthèse.....	151

CHAPITRE 4. PROBLEMATIQUE ET QUESTIONS DE RECHERCHE..... 153

PARTIE EXPERIMENTALE 157

CHAPITRE 1. PLAN DE RECHERCHE ET PRESENTATION DES ETUDES..... 159

CHAPITRE 2. HYPOTHESES 161

1. INTRODUCTION 161

2. HYPOTHESES THEORIQUES GENERALES (HTG) 163

CHAPITRE 3. METHODE GENERALE..... 165

1. PROCEDURE GENERALE..... 165

2. MATERIEL : PRESENTATION GENERALE..... 166

2.1. Introduction 166

2.2. Matériel technique 167

2.3. Épreuves et mesures 167

2.3.1. Épreuves de langage oral 167

2.3.1.1. Lexique réceptif (lex_Réc) 167

2.3.1.2. Lexique expressif (lex_Exp) 167

2.3.1.3. Morphosyntaxe réceptive (ms_Réc) 168

2.3.1.4. Morphosyntaxe expressive (ms_Exp(Rép) et ms_Exp(cpl)) 168

2.3.2. Épreuves de langage écrit-lecture..... 169

2.3.3. Épreuves de métaphonologie et de mémoire..... 170

2.3.3.1. Jugement de paires phonologiquement proches..... 170

2.3.3.2. Jugement de rimes..... 170

2.3.3.3. Empan endroit et envers de chiffres..... 171

2.3.4. Épreuves d'inhibition 171

2.3.4.1. Inhibition de type résistance aux distracteurs externes (régulation du comportement/inhibition motrice) -(« Statue » - statue)..... 171

2.3.4.2. Inhibition de type inhibition d'une réponse dominante (inhibition cognitivo- conceptuelle de type conflit) - (« stroop animaux »- stroop)	172
2.3.4.3. Inhibition auditive de type cocktail party	177
2.3.4. Mesures de contrôle	183
2.3.4.1. Questionnaires parentaux sur le développement de l'enfant	183
2.3.4.2. Audimétrie tonale	183
2.3.4.3. Intelligence non verbale (QInv).....	183
CHAPITRE 4. ETUDES 1 A 4.....	185
ÉTUDE 1. DEVELOPPEMENT DE TROIS FORMES D'INHIBITION ET LIEN ENTRE ENTRE ELLES CHEZ L'ENFANT	
DE 4 A 6 ANS (ETUDE TRANSVERSALE DANS LE DEVELOPPEMENT TYPIQUE)	187
1. METHODE	187
1.1. Participants étude 1	187
1.2. Procédure et matériel	188
1.2.1. Procédure étude 1.....	188
1.2.2. Épreuves et mesures de l'étude 1	188
1.2.3. Questions de recherche, hypothèses et hypothèses opérationnelles étude 1	190
1.2.3.1. Introduction	190
1.2.3.2. Hypothèses étude 1 : processus d'inhibition entre 4 et 6 ans	190
2. RESULTATS ETUDE 1	193
2.1. Analyses de chacune des épreuves d'inhibition pour l'ensemble des enfants et analyses comparatives entre les degrés scolaires 1 et 2.....	194
2.1.1. Introduction	194
2.1.2. Statue	195
2.1.3. Tâche de STROOP : inhibition cognitive de type conflit	195
2.1.4. Tâche cocktail : inhibition auditive	201
2.2. Analyses des liens entre les différentes tâches d'inhibition	205
2.3. Éléments de synthèse	206
3. ELEMENTS DE DISCUSSION DE L'ETUDE 1	207
3.1. Statue, inhibition motrice	207
3.2. Stroop animaux, inhibition non verbale de type conflit (HO1a-2)	207
3.3. Tâche cocktail party, ségrégation auditive/ inhibition auditive (HO1a-3)	213
3.4. Liens entre les 3 types d'inhibition (H1.b)	218
3.5. Conclusion étude 1.....	220
ÉTUDE 2. LIENS ENTRE LES PREDICTEURS « PHONOLOGIQUES » ET D'INHIBITION ET	
L'ACQUISITION TYPIQUE DU LANGAGE ORAL, CHEZ L'ENFANT DE 4 A 6 ANS (ETUDE TRANSVERSALE)	223
1. METHODOLOGIE	223
1.1. Participants	223
1.2. Procédure.....	224
1.3. Épreuves et statut des variables	224
1.4. Questions de recherches et hypothèses	226

2. RESULTATS ETUDE 2.....	227
2.1. Introduction.....	227
2.2. Analyses préliminaires.....	227
2.2.1. Analyses factorielles préalables	227
2.2.2. Analyses descriptives	227
2.2.3. Corrélations.....	228
2.3. Analyses de régression	231
2.4. Éléments de synthèse.....	235
3. ÉLÉMENTS DE DISCUSSION ETUDE 2.....	235
3.1. Mesures de langage entre elles.....	236
3.2. Mesures de contrôle	236
3.3. Variables « phonologiques »	236
3.4. Variables d'inhibition.....	237
3.5. Conclusion étude 2	243
 ÉTUDE 3. LIENS ENTRE LES PREDICTEURS, « PHONOLOGIQUES » ET L'INHIBITION, MESURES ENTRE 4 ET 6 ANS, ET LE DEVELOPPEMENT TYPIQUE ULTERIEUR DU LANGAGE ORAL (ETUDE 3A) ET ECRIT (ETUDE 3B). (ÉTUDE LONGITUDINALE).....	
	245
1. METHODOLOGIE	245
1.1. Problématique pour l'étude 3	245
1.2. Participants de l'étude 3.....	245
1.3. Procédure étude 3.....	246
1.4. Épreuves aux différents temps.....	246
1.5. Questions de recherche et hypothèses pour l'étude 3	247
2. ANALYSES PRELIMINAIRES ET RESULTATS DE L'ÉTUDE 3 (3A ET 3B)	248
2.1. Introduction.....	248
2.2. Analyses préliminaires.....	248
2.2.1. Réduction du nombre de variables	248
2.2.2. Analyse de corrélations préliminaires	249
2.2.3. Statut des variables	249
2.3. Résultats des analyses descriptives étude 3.....	251
2.4. Résultats analyses de l'étude 3A	252
2.4.1. Analyses préliminaires : corrélations partielles entre langage oral en T2 et mesures test en T1.....	252
2.4.2. Régressions multiples : étude des prédicteurs du langage oral en T2	253
2.4.3. Éléments de synthèse de l'étude 3A	255
2.5. Résultats de l'étude 3B.....	255
2.5.1. Corrélations (partielles) entre mesures de langage écrit en T2 et mesures test en T1.....	255
2.5.2. Régressions multiples étude 3B	256
2.5.3. Éléments de synthèse de l'étude 3B	258

3. ÉLÉMENTS DE DISCUSSION DES ETUDES 3A ET 3B	258
3.1. Discussion étude 3A	258
3.1.1. Liens langage oral en T1 et langage oral en T2 (H3A-1)	259
3.1.2. Liens entre mémoire de travail et métaphonologie en T1 et langage oral en T2 (H3A-2)	259
3.1.3. Liens processus d'inhibition en T1 et langage oral en T2 (H3A-3)	261
3.1.4. Conclusions étude 3A	263
3.2. Éléments de discussion étude 3B	263
3.2.1. Influence du langage oral à 4-6 ans sur la lecture en T2 (H3B-1)	265
3.2.2. Influence des variables « métaphonologiques » et de la mémoire de travail (H3B-2)	266
3.2.3. Influence des variables d'inhibition (H3B-3)	267
3.2.4. Conclusions de l'étude 3B	269
 ÉTUDE 4. PRÉDICTEURS DES TROUBLES DU DÉVELOPPEMENT DU LANGAGE ORAL (TDL)	
CHEZ L'ENFANT DE 4 À 8 ANS (ÉTUDE TRANSVERSALE)	271
1. METHODOLOGIE	271
1.1. Méthode, problématique et hypothèses théoriques	271
1.2. Participants de l'étude 4	272
1.3. Procédure étude 4	273
1.4. Synthèse des épreuves étude 4	274
1.5. Hypothèses opérationnelles étude 4	275
2. RESULTATS ÉTUDE 4	276
2.1. Analyses préliminaires	276
2.1.1. Analyses descriptives	276
2.1.2. Analyses de corrélations préliminaires	277
2.1.3. Analyses comparatives	277
2.2. Analyses de corrélations	283
2.3. Résultats des analyses de régression - étude 4	285
2.4. Résultats de l'analyse discriminante sur le facteur composite de langage (FCLO_4) selon le groupe (DT-A, DT-L, TDL)	288
2.5. Éléments de synthèse de l'étude 4	289
3. ÉLÉMENTS DE DISCUSSION DE L'ÉTUDE 4	290
3.1. Analyse de variances	290
3.1.1. Variables de langage	290
3.1.2. Variables phonologiques	291
3.1.3. Variables d'inhibition	292
3.2. Corrélations	292
3.3. Analyses de régression	293
3.4. Analyse discriminante	295
3.5. Conclusions de l'étude 4	297

DISCUSSION 299

1. DEVELOPPEMENT DE L'INHIBITION	302
1.1. Statue-inhibition motrice	303
1.2. Stroop	303
1.3. Tâche cocktail party et statut de cette tâche	306
1.4. Liens entre les trois types d'inhibition	309
2. PREDICTEURS DU DEVELOPPEMENT TYPIQUE DU LANGAGE ORAL ET ECRIT ET DES TDL	312
2.1. Prédicteurs du langage oral typique.....	313
2.2. Prédicteurs du langage écrit.....	317
2.3. Prédicteurs du TDL	321
3. SYNTHESE SUR LES HYPOTHESES GENERALES.....	324
3.1. Poids des variables d'inhibition comparativement aux variables phonologiques.....	325
3.2. Stroop animaux, inhibition cognitive non verbale – TDL « general domain ».....	327
3.3. Statut de l'inhibition auditive de type conflit/ségrégation auditive	329
3.4. Implication de l'inhibition dans le TDL	330
3.5. Question de la persistance et de la sévérité des troubles dans le TDL et inhibition : les systèmes de contrôle à pointer du doigt ?	333
4. LIMITES.....	337
4.1. Limites concernant le recrutement des participants	337
4.2. Limites sur les tâches choisies	337
4.3. Limites statistiques	340
4.4. Limites concernant le calcul de mesures composites	341
4.5. Limites concernant les contraintes de recrutement	341
4.6. Limites concernant les appariements en niveau linguistique et en raisonnement pour l'étude 4 et implication écologique	341
5. QUELQUES IMPLICATIONS POUR LA CLINIQUE	342
6. RECHERCHES ULTERIEURES.....	344
7. CONCLUSIONS	346

ETHIQUE..... 349

BIBLIOGRAPHIE..... 353

ANNEXES..... 377

LISTE DES PRINCIPALES ABREVIATIONS 409

Introduction

Le développement du langage est contraint par des facteurs biologiques (ex. aspects génétiques), socio-relacionnels (ex. interactions mères-enfants), perceptuels et cognitifs. Ces derniers ont fait l'objet d'études mettant en avant l'existence de liens avec le développement, typique et atypique, du langage oral et du langage écrit. Différents facteurs, notamment ceux liés à l'hypothèse phonologique, ont pu être mis en évidence dans le développement du langage. Différentes études suggèrent cependant que des facteurs généraux pourraient contribuer au développement de celui-ci. Cerner au mieux les processus jouant négativement ou positivement sur le développement du langage est important en termes de prévention et de soins compte tenu des impacts énormes du langage sur l'ensemble des apprentissages et donc sur le devenir des individus.

Cette thèse se centre principalement sur les processus d'inhibition, entre 4 et 8 ans (du préscolaire jusqu'au début des apprentissages formels) et sur leur influence potentielle sur le développement du langage. Ces processus d'inhibition peuvent revêtir des aspects tant langagiers (ex. inhibition auditive de type cocktail party) que non langagiers (ex. comportementale). Plus spécifiquement, il s'agit donc ici de savoir si l'inhibition, sous différentes formes (auditive, comportementale, conflit non verbal), s'avère être un bon prédicteur du développement typique du langage oral mais aussi du langage écrit ou encore des troubles développementaux du langage oral (TDL).

Avant d'envisager les liens éventuels avec les aspects langagiers, il s'agira de prime abord d'étudier le développement de l'inhibition sous plusieurs formes (inhibition motrice, cognitive non verbale, auditive cocktail) puisque la littérature reste assez peu documentée sur ce sujet, pour la période préscolaire. Il sera ensuite question de s'interroger sur le type d'inhibition potentiellement impliqué (ex. « general domain » ou « specific domain ») dans le langage oral ou écrit, voire des deux. La question de l'influence relative aux processus inhibiteurs, comparativement aux prédicteurs liés à l'hypothèse phonologique, sera aussi développée. Enfin, l'influence de l'inhibition dans la survenue des TDL sera investiguée dans l'optique d'envisager ce facteur tant dans le diagnostic que comme levier potentiel pour la prise en charge logopédique des TDL.

Une des controverses majeures porte en effet sur le caractère spécifique versus général de facteurs en lien avec le langage même si bon nombre d'experts s'entendent actuellement sur l'influence de facteurs généraux. Les facteurs sont dits spécifiques

(« Specific Domain») pour le langage lorsqu'ils sont réservés au caractère linguistique pour expliquer le développement du langage. Ainsi, la perception catégorielle ¹ est classiquement répertoriée comme un mécanisme spécifique au langage et a été mise en avant pour expliquer le développement langagier. Les facteurs sont dits généraux (« General Domain ») lorsqu'ils sont communs à tous les canaux (ex. verbal versus non verbal) et donc qu'ils ne sont pas spécialisés exclusivement pour un domaine (ex. linguistique). Dans certaines pathologies du langage oral (troubles du développement du langage oral « TDL ») ou écrit (dyslexie), les performances de perception de la parole dans le bruit ont été rapportées comme étant nettement en-deçà de ce qui est attendu dans le développement typique (ex. Ziegler & al., 2005, 2011 ; Grataloup, 2007). Des travaux montrent que la perception d'écoute dans le bruit est déjà présente chez le très jeune enfant (5 mois) (Newman, 2005, 2009) et que meilleures sont les performances de ségrégation dans le bruit, meilleures sont les performances langagières mesurées ultérieurement (à 24 mois et à 4-6 ans) (Newman, Rartner, Jusczyk, Jusczyk & Dow, 2006).

Les capacités de ségrégation dans le bruit (écoute dans le bruit), consistant à dissocier le signal du bruit, et donc aussi les mécanismes cognitifs permettant d'isoler de la parole pertinente dans un environnement bruyant, ont aussi régulièrement été invoquées comme mécanismes en lien avec le développement du langage. Ces traitements permettent de séparer un phénomène acoustique composite en signaux distincts pour permettre le traitement d'un signal cible. Il s'agit de processus complexes et, selon la nature du signal ou du bruit parasite (langagier versus non langagier), le traitement acoustico-cognitif est plus ou moins élaboré. L'inhibition auditive est nécessaire dans de nombreuses situations de la vie de tous les jours. Celle-ci est par exemple sollicitée lorsqu'un enfant reste concentré sur la parole de l'enseignant alors que ses pairs parlent autour de lui. L'enfant « inhibe » alors les bruits concurrents (ex. paroles provenant des pairs) afin de pouvoir se concentrer sur la parole de son enseignant et la comprendre en recourant potentiellement à des stratégies de recouvrement de la parole pour interpréter le message dégradé. Cette forme d'inhibition auditive reste assez mal définie. Elle peut être traitée en tant que mécanisme acoustico-auditif pur ou être assimilée à un processus de contrôle de haut niveau. Certains travaux suggèrent que des processus mécaniques au niveau de l'oreille interne (contractibilité des cellules ciliées externes de la cochlée) permettent de diminuer l'impact des bruits parasites par une boucle de rétrocontrôle (faisceau externe olivo-cochléaire) cognitivo-cochléaire (Grataloup, 2007). Différents chercheurs ont suggéré que la perception de la parole dans le

¹ La perception catégorielle désigne la capacité cognitive permettant de percevoir deux entités linguistiques auditives distinctes selon qu'elles appartiennent ou non à une catégorie propre à une langue. Ainsi, en français, /p/ et /b/ se différencient-ils sur le trait de voisement et forment-ils deux catégories différentes et perceptibles comme deux sons distincts. Les variations acoustiques intra-catégorielles (i.e. au sein de chaque catégorie comme par exemple au sein de la catégorie /p/) ne sont en revanche pas perceptibles ou du moins pas traitées sur le plan psycholinguistique.

bruit était un mécanisme spécifique au langage (Ziegler, 2005) tandis que d'autres rapprochent ces compétences de processus dits « General Domain ». La perception de la parole dans le bruit pourrait en effet faire appel, comme le suggère certains auteurs (Diamond, 2013 ; Woods & Cowan, 1995), à des mécanismes de contrôle attentionnel de plus ou moins haut niveau cognitif comme l'inhibition. L'inhibition cognitive est un processus de contrôle de haut niveau qui correspond à la capacité du cerveau à supprimer des informations inadéquates, sur-apprises ou automatiques, afin de pouvoir se focaliser sur des éléments pertinents pour la tâche en cours. L'implication de processus cognitifs inhibiteurs généraux a d'ailleurs, sous d'autres formes, été mis en lien avec le langage. Un premier lien indéniable est celui du bilinguisme qui confère un avantage certain aux enfants bilingues, même très jeunes, dans le traitement de tâches impliquant les fonctions exécutives et notamment celles requérant l'inhibition (cf. Bialystok, 2011 pour une revue). Le passage d'une langue à l'autre permettrait de développer davantage l'inhibition notamment l'inhibition de type conflit. Un second lien a trait à la sélectivité pour les sons de la langue maternelle chez le bébé lorsqu'il doit inhiber des contrastes non pertinents afin de se focaliser sur des contrastes pertinents. Actuellement, un certain nombre de travaux documentent aussi le fait que les enfants avec TDL présentent des faiblesses en inhibition ce qui permettrait d'expliquer, au moins en partie, ces troubles. De nombreux chercheurs discutent enfin ce lien dans les processus de révision de phrases. En outre, les processus de contrôle dits « General Domain » sont régulièrement invoqués dans les processus langagiers sans toutefois déterminer avec quel niveau du développement du langage ils sont impliqués, ni si ce lien couvre l'ensemble du développement, ou encore s'il permet de rendre compte des TDL ou encore du recouvrement fréquent entre difficulté de langage oral et difficultés de lecture. Le lien direct entre processus de sélectivité auditive, et donc a fortiori entre la perception dans le bruit et les processus inhibiteurs de haut niveau, n'a cependant pas été directement mis en perspective.

C'est en définitive avec le souci d'affiner les connaissances relatives aux mécanismes sous-jacents du développement typique du langage oral et écrit et celles relatives aux facteurs étiologiques des troubles spécifiques du développement du langage oral (TDL), que cette thèse débattrait du lien entre l'inhibition et le développement langagier, typique et atypique chez l'enfant de 4 à 8 ans.

Cette thèse s'inscrit donc dans une perspective logopédique et vise bien sûr à intégrer l'objet d'étude, l'inhibition, au sein des prédicteurs déjà établis et des modèles les plus pertinents existant pour la clinique. Elle s'inscrit surtout et avant tout dans le domaine de l'humain, le développement de l'enfant, le développement du langage, la pathologie. L'ensemble vise à proposer une réponse préventive et réadaptative, spécifique et efficace.

Revue de la littérature

Chapitre 1. Aspects typiques et atypiques du développement du langage

1. DEVELOPPEMENT TYPIQUE DU LANGAGE ORAL

1.1. Introduction : le langage, un processus complexe

Le langage est un processus complexe dans lequel s'enchevêtrent phonologie, lexique, syntaxe, morphologie, pragmatique, et qui s'élabore sur une durée plus ou moins définie mais conséquente. Le langage s'apprend principalement de manière implicite dans des épisodes d'interactions sociales. Son acquisition se trouve facilitée par ce qui est appelé le Langage Adressé à l'Enfant (LAE) (« infant directed speech » en anglais), constitué d'interactions modulées de l'adulte envers l'enfant (ex. allongement des temps de pause, simplification et raccourcissement des phrases).

De Boysson-Bardiès (1996), par exemple, décrit le langage comme un long processus d'acquisition démarrant précocement. Déjà au stade foetal le langage commence sa construction pour la poursuivre tout au long de la vie. Il faut cependant maîtriser un ensemble de paramètres et de règles, être exposé à une langue, interagir dans cette langue et disposer de suffisamment de ressources cognitives, communicationnelles et adaptatives pour parvenir très rapidement à en manier les bases. À l'âge de quatre ou cinq ans, le jeune enfant dispose déjà d'un bagage langagier suffisant pour se faire comprendre, entretenir une conversation, mettre en place tout un ensemble de connaissances véhiculées par le langage. L'enfant affine progressivement son langage : amélioration de l'identification des combinaisons de phonèmes, amélioration de la compréhension et de la production des mots, des structures de phrase, des registres lexicaux et langagiers, des situations de communication dans leur ensemble. Plus tard, l'enfant apprend à lire et à écrire, ce qui n'est pas sans lien avec le maniement de la langue orale. La maîtrise du système phonologique et sa manipulation permettent en effet le transfert entre représentations phonologiques et graphémiques et la construction de représentations lexicales orthographiques permet d'améliorer les représentations phonologiques en stabilisant le champ des possibles. Les connaissances lexicales, sémantiques, inférentielles, pragmatiques ou encore discursives permettent, entre autres, l'accès au sens d'un texte écrit.

Une variabilité interindividuelle importante peut néanmoins être constatée tant dans l'âge d'acquisition que dans les degrés de maîtrise de la langue. Différentes variables ont été avancées pour expliquer le développement du langage et sa variabilité mais aussi, à l'extrême, certaines pathologies du développement du langage. Certains paramètres propres au langage contribuent aussi à cette acquisition. Les parties qui suivront viseront à

présenter plus en détail les aspects du développement du langage et les liens particuliers avec la thématique de cette thèse. L'influence de caractéristiques propres au langage puis les habiletés perceptivo-cognitives prédictives du développement langagier seront explicitées ci-après.

1.2. De l'input auditif aux processus perceptivo-cognitifs sous-tendant le développement du langage

1.2.1. Introduction

Les chercheurs s'accordent sur le fait qu'il existe des facteurs principaux qui contribuent au développement du langage. Ils sont d'ordre biologique, socio-relationnel et environnemental, ainsi que perceptivo-cognitif. Les facteurs biologiques font référence, entre autres, aux aspects génétiques, à l'intégrité de l'appareil auditif et phonatoire² ainsi que du système nerveux central et périphérique. Les facteurs socio-relationnels et la capacité à interagir avec l'environnement social reflètent quant à eux les caractéristiques de l'input qui sera fourni à l'enfant (ex. position dans la fratrie, niveau d'étude de la maman, statut socio-professionnel, clarté de la prosodie maternelle (ex. Hart & Risley, 1995 ; Reilly, Eadie, Bavin, Wake, Prior, Williams, Bretherton, Barrett & Ukoumunne, 2006) ainsi que les propriétés de l'échange et les aptitudes de l'enfant à en bénéficier (ex. théorie de l'esprit, attention conjointe, capacités d'imitation). Enfin, les capacités intrinsèques du sujet, relatives aux mécanismes de plus ou moins haut niveau cognitif, font référence aux mécanismes d'ordre perceptuel ou propres au traitement et à l'apprentissage des régularités de la langue qui permettent de s'approprier les traits phonologiques, morphologiques et grammaticaux de celle-ci. Dans le contexte de cette thèse, nous nous limiterons à traiter les aspects perceptivo-perceptuels et cognitifs.

Comme cela sera évoqué ensuite, un ensemble d'indices structure l'input langagier que reçoit l'enfant et différents mécanismes cognitifs permettent progressivement la mise en place de représentations de différents niveaux (ex. phonémique, lexical, morphosyntaxique). Une des premières caractéristiques de l'apprentissage de l'enfant est la capacité de l'enfant à tenir compte des régularités de son environnement. Les parties suivantes traitent des régularités de l'input linguistique, de ce fonctionnement cognitif particulier ainsi que des aspects perceptuels et cognitifs relatif à l'apprentissage langagier.

² Les systèmes perceptifs renvoient aux habiletés des organes sensoriels à analyser les inputs visuels, sensitivo-kinesthésiques, auditifs et qui peuvent notamment faire référence à tout un ensemble de travaux sur les traitements acoustiques de bas niveau (ex. Benasich & Tallal, 2002).

1.2.2. Régularités statistiques et bébé « statisticien »

Régularités de l'input langagier : indices pour l'apprentissage

À partir d'un flux continu de paroles, l'enfant doit extraire des informations pertinentes, opérer des traitements, retenir les informations, et différents indices de l'environnement linguistique vont en effet venir renforcer la mise en place des traitements. Les indices, dérivés du signal, d'abord sublexicaux (propriétés distributionnelles phonologiques, acoustiques ou prosodiques du signal linguistique) puis lexicaux et supra lexicaux, donneraient à l'enfant des informations sur lesquelles s'appuyer pour reconnaître les éléments constitutifs du langage, les traiter, les retenir et en faire du sens.

La syllabe, le phonème, les cooccurrences de syllabes, les unités lexicales ou marques morphosyntaxiques sont autant de niveaux qui peuvent être envisagés pour apporter de l'information au système.

L'ensemble de ces indices n'est toutefois pas traité de manière équivoque. Le système semble en effet traiter de manière hiérarchique les indices en leur allouant un poids différent. Les indices lexicaux (connaissances antérieures) seraient pris en compte en premier. Viendraient ensuite les indices sublexicaux : d'abord les indices phonotactiques acoustiques et phonétiques et, enfin, les indices prosodiques (Mattys, White & Melhorn, 2005). Ces indices pourraient agir de manière conjointe et cumulative (Bagou & Frauenfelder, 2006, 2008) ou de manière conflictuelle (Mattys, White & Melhorn, 2005).

Les bébés se servent donc d'indices fréquentiels (ex. Gomez & Gerken, 2000 ; Jusczyk, 1997 ; Mattys & Jusczyk, 2001) que le système hiérarchise et traite pour s'approprier le langage. Outre la nécessité d'un système intègre (ex. absence d'anomalie anatomique ou neurophysiologique), plus une forme (ex. cooccurrence de syllabes ou de phonèmes) est répétée par l'adulte et écoutée par l'enfant, plus cette forme sera susceptible d'être traitée, abstraite et retenue par l'enfant. Il s'agit donc bien là de traiter des indices externes qui permettent à l'enfant de construire son langage. Le traitement statistique hiérarchisé, plutôt implicite, de ces indices suppose donc des mécanismes perceptuels et cognitifs, linguistiques ou généraux, efficaces (ex. traitements auditifs de haut niveau permettant l'intégration des informations, systèmes de mémorisation à court terme et à long terme permettant la rétention et l'intégration aux connaissances préexistantes) pour interpréter ces indices extérieurs en vue d'apprendre le langage.

La partie qui suit présente les mécanismes enclins à expliquer le développement du langage.

Sans être exhaustif concernant les caractéristiques de l'input langagier, nous verrons ci-après comment les régularités qu'il présente sont traitées par le système et quels apparaissent être les mécanismes sous-jacents, perceptuels et cognitifs, nécessaires à leur traitement.

Traitement statistique de l'apprentissage : l'enfant « statisticien »

L'apprentissage de la langue implique de tenir compte des propriétés de l'input linguistique provenant de l'environnement et l'enfant se montre particulièrement habile à utiliser les régularités de la langue dont nous avons parlé dans le chapitre précédent. Son système semble en effet pouvoir faire des hypothèses à partir des inputs reçus et valider ces hypothèses en fonction de la fréquence et de la régularité à partir de laquelle ces indices sont présents. Ceci lui a valu par la communauté scientifique le qualificatif de bébé statisticien ou bayésien. Ce qualificatif résume l'idée du traitement cognitif que l'enfant doit opérer pour extraire des régularités de son environnement afin d'en abstraire des représentations et, progressivement, un langage construit. Le cerveau apparaît faire des hypothèses à partir de son environnement et les met à jour en fonction des occurrences du signal contenues dans cet input, il sélectionne les éléments pertinents et élimine ceux qui le sont moins. Il construit un modèle du monde extérieur. Plus une occurrence apparaît régulièrement et dans un contexte précis, plus le système sera incrémenté et plus l'enfant percevra cette occurrence comme fiable et pourra en extraire une représentation stockée en mémoire. Ces propriétés de l'apprentissage observées chez l'enfant semblent témoigner de l'apprentissage tant d'éléments auditifs que visuels (ex. Fiser & Aslin, 2002).

1.2.3. Aptitudes perceptuelles et élaboration du langage

1.2.3.1. Introduction

Les processus perceptuels se regroupent principalement dans la littérature en trois entités : la sensibilité/préférence à la phonotactique et à la prosodie, la perception de contrastes phonétiques et les capacités de ségrégation. L'enfant, pour construire son langage, doit en effet pouvoir extraire les mots de la parole, les organiser, les comprendre, les produire. L'extraction des mots, dans un flux continu de parole, nécessite ainsi de pouvoir analyser les composants du langage, les segmenter, dissocier une forme pertinente du fond sonore qui l'entoure, déterminer les éléments pertinents rendant un mot ou une structure linguistique différent d'un autre.

Il lui faudra aussi faire des liens entre la forme sonore isolée et un contenu pertinent dans son environnement afin de pouvoir concilier la forme sonore et l'objet qui lui correspond d'une part, d'en déduire des structures langagières de nature grammaticale d'autre part.

Bien que ces capacités perceptuelles soient identifiées comme précoces chez l'enfant, le lien avec l'apprentissage du langage n'est pas toujours évident. Bon nombre d'études ont en effet mis en évidence la présence de mécanismes perceptuels mais les liens avec le développement du langage n'ont pas directement été établis. La question s'est donc posée de savoir si l'altération d'un processus générerait ou non systématiquement des difficultés ou des variations dans le degré de maîtrise du langage et dans son acquisition.

Les parties ci-après présenteront ces mécanismes et, de manière non exhaustive, les liens mis en évidence avec le langage.

1.2.3.2. Capacités d'analyse prosodique

L'enfant dispose d'un panel d'informations mélodiques en lien avec le langage ainsi que d'un système auditif perceptif performant dès sa naissance. À 25 semaines de gestation déjà, le système auditif commence à être fonctionnel pour atteindre quasiment le développement adulte dès 35 semaines. Ce développement précoce du système perceptif auditif lui confère déjà une grande performance à la naissance mais aussi in utero, durant les dernières semaines de gestation. Le milieu intra-utérin comporte toutefois des différences significatives en termes d'environnement sonore. Celui-ci est en effet constitué essentiellement de basses fréquences avec un univers sonore découlant d'une filtration du milieu aquatique intra utérin où bruits internes (ex. respiration, cœur) ont une place importante et bruits externes (voix ou bruits audibles) se trouvent atténués. La voix de la mère a un statut privilégié puisque les vibrations qu'elle transmet sont internes par l'intérieur du corps, et externes par les parois du corps. Les informations prosodiques sont ainsi préservées.

De nombreuses études se sont intéressées et s'intéressent encore au traitement précoce des informations prosodiques, rythmiques ou fréquentielles, et montrent une préférence³ indéniable à la parole et à la prosodie familière chez le bébé. Cette préférence témoigne d'un traitement précoce de l'enfant lui permettant de traiter et de reconnaître des informations présentes dans son environnement linguistique (ex. prosodiques, phonotactiques).

Les nouveau-nés, ou très jeunes bébés, préfèrent ainsi la voix humaine à d'autres sons de l'environnement (ex. Columbo & Bundy, 1983), discriminent des langues, préfèrent leur langue maternelle (ou même famille de langue) à une autre langue rythmiquement distincte (ex. Melher & Jassik-Gerschenfeld, 1988) et la voix de leur mère par rapport à toute autre voix, même de femme (Melher & Bertoncini, Barriere & Jassik-Gerschenfeld., 1978 ; DeCasper & Fifer, 1980 ; Floccia, Nazzi & Bertoncini, 2000).

Dans un environnement bilingue, la capacité à discriminer deux langues apparaît par ailleurs essentielle afin de pouvoir catégoriser l'input linguistique en deux entités distinctes et pouvoir créer des représentations propres à chacune des langues (ex. Mehler, Dupoux,

³ Le terme de préférence fait référence aux nombreuses études réalisées avec des paradigmes spécifiquement adaptés au bébé tel que le paradigme d'habituation, de succion non nutritive, d'orientation de la tête (head turn paradigme) ou encore du regard préférentiel.

Nazzi & Deahene-Lambertz, 1996). Différentes études (principalement avec le paradigme d'habituation) montrent qu'à partir de cinq mois déjà les enfants discriminent deux langues rythmiquement différentes (ex. anglais-japonais) et peuvent aussi discriminer deux langues proches sur le plan rythmique si l'une de ces deux langues est déjà familière à l'enfant (ex. Nazzi, Jusczyk & Johnson, 2000 ; Jusczyk, Cutler & Redanz, 1993). L'enfant doit ainsi pouvoir inhiber un système linguistique propre à une langue pour pouvoir traiter l'autre et inversement.

Le bébé préfère par ailleurs les séquences phonotactiques légales (Jusczyk & al., 1993) ou encore les séquences phonotactiques fréquentes (i.e. consonne-voyelle-consonne) (Jusczyk & al., 1994).

Quelques travaux établissent un lien entre ces capacités d'analyse prosodique et les capacités langagières. Paul, Chawarska, Fowler, Cicchetti & Volkmar (2007), par exemple, ont testé les préférences auditives de deux groupes d'enfants anglophones de 14 et 26 mois (en moyenne) avec un développement langagier typique (paradigme d'orientation de la tête/du regard ou Head turn Preference Paradigm/HPP). Les auteurs ont manipulé du langage adressé à l'enfant (LAE) qui possède, comme cela a déjà été évoqué, des patterns prosodiques particuliers (ex : amplification des patterns intonatoires, allongements des pauses). Les manipulations ont porté sur les aspects suprasegmentaux. Le langage pouvait être présenté de manière naturelle ou être inversé, respecter ou non les pauses grammaticales, présenter ou non un pattern lexical dominant de type trochaïque, être natif (anglais) ou non natif (mandarin). Les auteurs ont pu montrer que tous les enfants regardaient plus longtemps quand il s'agissait du LAE « naturel » mais ont aussi mis en avant l'existence de corrélations significatives entre le temps de regard pour le LAE « naturel » et la compréhension langagière avec cependant des degrés différents selon le groupe d'âge. En revanche, pour le LAE inversé, qui détruit les informations linguistiques, segmentales et spectrales, aucune préférence n'a été retrouvée ni aucune corrélation avec le langage quel que soit le groupe. Un autre résultat intéressant est que le groupe des plus jeunes regarde significativement plus dans la condition de LAE avec pattern rythmique trochaïque (dominant) tandis que les plus grands regardent significativement plus pour le langage respectant les pauses morphosyntaxiques. D'une part, ces résultats témoignent d'un lien entre sensibilité à la prosodie et développement du langage, d'autre part, ils suggèrent surtout l'existence d'un pattern attentionnel différent entre les deux groupes d'enfants. Selon les auteurs, ce dernier point est à mettre en lien avec le niveau langagier de l'enfant. Au moment des premiers mots, les enfants présenteraient ainsi des préférences pour les patterns auditifs relatifs au rythme dominant de la langue qui donne des informations sur les frontières lexicales et qui leur permettraient de construire leur lexique. À la période des premières combinaisons, les enfants présenteraient des préférences auditives en lien avec les énoncés respectant les frontières morphosyntaxiques, les pauses morphosyntaxiques procurant de l'information sur le matériel morphosyntaxique qu'ils sont en train d'acquérir.

Cette étude n'a toutefois pas étudié les liens avec le développement ultérieur du langage à l'instar de celle de Tsao, Kuhl & Li (2004) sur le traitement des traits phonétiques (cf. partie discrimination phonétique).

1.2.3.3. Perception catégorielle et spécialisation pour les sons de la langue native

Un autre aspect largement étudié est celui de la perception catégorielle, autrement dit la capacité à différencier, selon une dynamique quasi dichotomique, deux sons phonétiquement proches dans un continuum sonore. La perception du contraste de voisement avec le délai de voisement⁴ ou l'adéquation entre les informations auditives et visuelles (lecture labiale) dans les phénomènes d'illusion perceptive de type effet McGurck⁵ (McGurck & McDonald, 1976) sont des problématiques largement étudiées dans ce registre d'étude par exemple.

La littérature décrit plusieurs périodes dans l'évolution des mécanismes de perception catégorielle chez l'enfant. Cette évolution témoigne d'une spécialisation progressive de l'enfant pour les sons de sa langue et sa capacité à abstraire des éléments pertinents pour la construction de son langage.

Première période : discrimination « universelle » ou « générale » (Best, 1994)

Au-delà de ses capacités d'analyse prosodique, le nouveau-né montre aussi d'incroyables capacités d'analyse segmentale (ex. Eimas, Siqueland, Jusczyk & Vigorito, 1971, avec /pa-/ /pha/). L'inventaire phonologique est différent selon les langues et le nouveau-né est capable de discriminer quasiment l'entièreté des contrastes phonétiques de toutes les langues que ce soit selon le mode d'articulation (ex. nasale, occlusive /ma-/ /ba/ ; Eimas & Miller, 1980), la place de l'articulation (ex. bilabiale, apico-dentale ; /ba-/ /da/ ; ex. Eimas,

⁴ Le temps qui s'écoule entre le moment où la vibration des cordes vocales se fait entendre et l'émission d'une consonne plosive détermine le VOT (ou Voice Onset Time). Ce VOT a largement été étudié par exemple dans les études sur la perception verbale. Les sons /p/ et /b/ se différencient ainsi selon un seul trait phonétique à savoir, le voisement (i.e. vibration des cordes vocales). Le son /p/ n'est pas voisé tandis que le son /b/ est voisé. Il existe une mince zone qui détermine la limite entre ces deux sons et qui se caractérise par le VOT. Le VOT détermine une limite intra et extra catégorielle pour des sons donnés. Avant cette limite les variations phonétiques sont perçues comme un /p/ dans l'exemple donné pour le français, après cette limite elles sont perçues comme un /b/

⁵ L'effet McGurck (1976) caractérise un ensemble d'illusions perceptives de la parole résultant de l'assimilation ou de la transformation d'une source visuelle et d'une source auditive. Par exemple, le son /ga/ présenté visuellement (vidéo) associé à une présentation auditive du son /pa/ (au casque) donne l'impression pour le sujet d'avoir entendu /da/. L'impression d'avoir entendu un /d/ résulte de l'assimilation des positions articulatoires entre les consonnes, /p/, bilabiale et /g/, vélo-palatale, donnant l'illusion d'un son avec une position intermédiaire apico-dental. Ce phénomène illustre la dimension multimodale de la perception de la parole. Pour une revue, voir Colin & Radeau, 2003, pp. 497-542.

1974 ; Morse, 1979), le voisement (ex. consonne voisée/non voisée ; /pha/-/pa/ -/ba/, ex. Eimas & al., 1971 ; Siqueland, Jusczyk & Vigorito, 1971), ou encore pour les contrastes vocaliques (ex. voyelles orales/nasales ; ex. Trehub, 1976). Il discrimine de manière catégorielle des sons de la parole. Autrement dit, il perçoit, au sein d'un continuum sonore, des entités sonores selon un pattern quasi dichotomique. Il néglige certaines variations intracatégorielles du signal pour se focaliser sur l'identité des phonèmes et ceci, malgré les variations articulatoires intra ou inter-locuteurs ou leur vitesse articulatoire, faisant ainsi preuve de constance perceptive.

Cette perception catégorielle et cette constance perceptive ne se limitent donc pas aux sons de sa langue et donne au bébé un bagage initial lui permettant de s'adapter à n'importe quelle langue.

Deuxième période : réorganisation du système

Après six mois, les capacités précoces de traitement des sons du bébé commencent à s'adapter aux caractéristiques de la langue de l'environnement. D'une perception dite universelle des contrastes phonétiques, le bébé spécifie ses capacités en regard de son environnement linguistique (dès 6 mois pour les voyelles, dès 8 mois pour les consonnes). Le système se réorganise. A mesure que les segments spectraux identiques se répètent, certaines différences entre deux phonèmes ne sont ainsi plus perceptibles ou pas selon les mêmes limites. Pour les voyelles, plus lentes, la discrimination pourrait être anticipée (dès 6 mois avec des différences mesurables dès la naissance selon les études et les langues) déjà en faveur de sa langue car elles seraient déjà en partie perceptibles in utero (Werker & Tees, 1984). Pour les consonnes, alors que l'enfant perçoit encore plusieurs frontières catégorielles vers 9 mois, à 12 mois, sa perception devient davantage bimodale et ceci se mesure au niveau des potentiels évoqués entre les deux groupes d'âge (Pena & al., 2012). La perception s'est spécifiée pour les contrastes de la langue native (ex. Werker & Tees, 1984). La fréquence des phonèmes de l'input donne par ailleurs une idée de l'ordre dans lequel ces phonèmes sont spécifiés. Les bébés commencent ainsi à spécifier les catégories phonétiques relatives aux contrastes les plus fréquents de leur langue d'exposition (ex. Anderson, Morgan & White, 2003). Certaines études dans le cadre d'entraînement de réseaux artificiels ont pu notamment montrer qu'en dépit de la variabilité du signal sonore, les indices acoustiques qui le composent permettent de discriminer les phonèmes du langage (Elman & Zipser, 1988 ; Nikisa & Plunket, 1998).

Sur le plan de la production, ceci s'observe d'ailleurs avec un babillage suivant globalement des patterns catégoriels analogues (De Boysson-Bardies, 1996) bien que l'enfant soit contraint par la réalisation articulatoire et praxique.

L'intégrité du système est, de surcroît, un élément nécessaire à la mise en place de ces catégories puisque les études sur les prématurés ne montrent pas d'avantage à l'exposition précoce pour catégoriser les phonèmes de sa langue. Le prématuré, après terme équivalent, percevra en effet les catégories phonémiques de sa langue, avec un déclin des contrastes non pertinents, dans les mêmes délais que le nouveau-né non prématuré (Pena, Werker & Dehaene-Lambertz, 2012) montrant ainsi la nécessité d'une architecture neuronale de base pour être efficace et bénéficier des effets de la fréquence d'exposition.

Plus tard, vers 15 mois, l'enfant montre des préférences pour les sons avec des accents familiers tandis qu'il ne le fait plus vers 19 mois (Mulak, Best, Tyler, Kitamura & Irvin, 2013). Il serait ainsi en mesure de rejeter certaines variations non pertinentes pour sa langue pour se focaliser sur les éléments discriminants de celle-ci.

Ce déclin apparent a fait l'objet de nombreuses études et différents modèles ont tenté d'expliquer ce phénomène. L'enfant pourrait ainsi procéder par assimilation progressive des phonèmes les plus contrastés de sa langue (Best, 1994 ; Best & Mc Roberts, 2003). Les phonèmes non pertinents, autrement dit ceux ne pouvant être assimilés car trop éloignés des contrastes de la langue native, sur-représentés dans l'environnement, seraient considérés comme des bruits non langagiers. Le modèle de Kuhl (1993, 2004) « Native Language Magnet Model » suppose, quant à lui, que l'enfant serait attiré par les sons de la langue native. Après une première phase de discrimination « universelle » suivie d'une seconde où l'environnement fournirait à l'enfant un input sur les propriétés statistiques de la langue (ex. phonèmes à plus forte fréquence, cf. facteurs psycholinguistiques), l'enfant serait enfin guidé, sur le plan perceptif, par une attirance vers ces prototypes phonémiques. Plus qu'une réelle perte des capacités « universelles » de discrimination, il s'agirait donc plutôt d'une restructuration du système en faveur des prototypes phonémiques. Il serait possible que des aspects de contrôle attentionnels interviennent.

Le lien discrimination-langage (sons natifs puis non natifs)

Un ensemble de travaux, en dépit des résultats de l'étude de Newman et collaborateurs (2006), ont mis en évidence des liens entre discrimination et développement du langage. D'abord de manière rétrospective, Molfese (2000) et Molfese & Molfese (1985) ont montré que les capacités de discrimination phonémique du nouveau-né permettaient de classer ultérieurement des enfants de 3, 5 et 8 ans selon leur niveau de langage. Ensuite et surtout, l'étude de Tsao, Liu & Kuhl (2004), l'une des premières recherches longitudinales prospectives dans ce domaine, a montré que les capacités de discrimination de voyelles natives, à 6 mois, permettaient de prédire le niveau de langage (compréhension et production lexicale, compréhension de phrases) évalué à 13, 16 et 24 mois.

1.2.3.4. Capacités de segmentation et de ségrégation

Segmentation

Associer un objet à sa forme sonore et extraire des composants phonologiques, lexicaux ou morphosyntaxiques du langage, nécessite de développer ou d'avoir un système de traitement efficace le permettant. Cela suppose notamment de segmenter un flux continu de parole en mots ou en unités de sens plus petites (la segmentation) mais également de pouvoir isoler la parole d'un locuteur d'un environnement contenant du bruit (la ségrégation). La segmentation et la ségrégation dont l'enfant doit faire preuve sont fortement impliquées dans les conditions habituelles d'apprentissage naturel puisque la parole des proches de l'enfant n'est que rarement délivrée par mot unique d'une part, qu'elle ne l'est qu'exceptionnellement dans un contexte insonorisé et dénué d'autres stimulations d'autre part.

La segmentation est observable déjà très tôt dans le développement du langage. Le jeune enfant peut déjà segmenter le flux continu en mots. Jusczyk & Aslin (1995) ont, par exemple, pu montrer qu'un enfant anglophone de 7½ mois était capable de découper 2 mots (ayant fait l'objet d'une familiarisation préalable) parmi d'autres mots. De la même manière, le bébé peut découper des mots plus longs ou encore des mots commençant avec une voyelle.

Grosjean & Gee (1987) ont, par exemple, pu montrer que les indices prosodiques avaient une importance particulière dans la segmentation du flux de parole en mots. L'enfant utilise ainsi des indices acoustiques, prosodiques ou phonotactiques lui permettant de segmenter des éléments de langage en vue de son élaboration (ex. Brent & Cartwright, 1996 ; Cairn, Shillcock, Chater & Levy, 1997 ; Echols, Crowhurst & Childers, 1997 ; Jusczyk & al., 1993 ; Jusczyk & al., 1994 ; Saffran, Aslin & Newport, 1996, cités dans Newman & al, 2006).

Différentes études ont montré que l'enfant, même très jeune, était sensible aux régularités phonotactiques d'une langue (artificielle ou naturelle) et que ceci lui permettait de détecter les frontières entre les mots (Aslin, Saffran & Newport, 1998 ; Saffran, Aslin & Newport, 1996 ; Thiessen & Saffran, 2003).

De la même manière, la fréquence des cooccurrences de syllabes apporte des informations pour le traitement de la parole. L'unité minimale pertinente efficace apparaît cependant être la syllabe car elle permettrait au système d'analyser les traits phonétiques qui la constitue (Jusczyk, 1997) et sa durée serait assimilable à un indice de segmentation lexicale pour les francophones (Banel & Bacri, 1997). La syllabe est aussi une unité facilement appréhendable au niveau du traitement attentionnel (Lallier, 2018) avec des cycles attentionnels pouvant se calquer relativement aisément sur la succession des syllabes. Progressivement, le jeune enfant identifie ces cooccurrences syllabiques et peut s'appuyer sur ces unités pour élaborer une segmentation du flux de parole de proche en proche

autour de ces éléments. Il perçoit ainsi progressivement les frontières lexicales et ces associations seront différenciées des syllabes isolées dont la place varie dans la séquence (Jusczyk & al., 1999 ; Gout, 2001).

La haute fréquence des cooccurrences intra-syllabiques, assimilable aux mots, comparativement à une plus faible fréquence inter-mots, permet à l'enfant d'identifier des syllabes régulièrement présentées de manière concomitante comme des unités, le mot. Cette sensibilité aux transitions syllabiques lui permet d'assimiler progressivement des éléments lexicaux d'une part, de réaliser une segmentation progressive du flux sonore qui l'entoure d'autre part.

Les paramètres lexicaux ou morphosyntaxiques sont également des éléments importants de l'environnement linguistique de l'enfant. L'identification de son prénom est, par exemple, un point important de sa progression. Vers 5 mois déjà, l'enfant est en mesure de différencier son propre prénom de tout autre prénom distracteur (Mandel, Jusczyk & Pisoni, 1995). Le prénom est une entité particulière étant donné sa très haute fréquence dans l'environnement sonore de l'enfant. Il se caractérise par l'occurrence ou la cooccurrence de quelques syllabes et d'un pattern sonore spécifique. De par sa très haute fréquence dans l'environnement sonore de l'enfant, son prénom devient un des premiers indices, assimilables à un mot, qui lui permet de segmenter l'input auditif. Une fois en capacité de le percevoir, le prénom joue en quelque sorte un rôle de pivot et canalise en retour l'attention de l'enfant. L'enfant va alors être en mesure de segmenter le flux sonore aux frontières de son prénom et pouvoir se décentrer progressivement sur les éléments avoisinants. Borthfeld & collaborateurs (2005) ont d'ailleurs pu montrer qu'à 6 mois, lorsqu'une histoire est préalablement lue à un enfant, les mots qui sont artificiellement associés à son prénom dans l'histoire sont ensuite préférés par l'enfant lorsqu'on les lui présente à nouveau, en comparaison à des mots associés à d'autres prénoms dans la phase initiale. Cette présentation des mots, associés au prénom de l'enfant, lui permet de se familiariser avec d'autres mots par contamination. Certains mots à très haute fonction peuvent avoir aussi cette fonction dans l'environnement sonore de l'enfant. Le mot « maman » (momy) a, par exemple, engendré un effet similaire à celui du prénom de l'enfant (Borthfeld & al., 2005). De la même manière, la haute fréquence des marqueurs morphosyntaxiques (ex. déterminant « le »...chien, « le » chat, « le ... ») viendra jouer un rôle similaire dans la segmentation du flux de parole et par ailleurs renforcera la mise en place de la morphosyntaxe. Le type de cooccurrence entre un marqueur et le type de mot qui suit renseignera en effet sur le type de catégories grammaticales qui le suivent (ex. « le » est suivi d'un nom ou d'un adjectif lorsqu'il est déterminant comme dans le « le chien brun » mais principalement par un verbe « il le prend » lorsqu'il est déictique).

Ségrégation

La perception de la parole dans le bruit a, elle aussi, fait l'objet d'études (Barker & Newman, 2004 ; Hollich, Newman, 2005 ; Newman & Jusczyk, 2005, Newman & Jusczyk, 1996). Outre le fait que le bébé témoigne de capacités de ségrégation relativement tôt dans son développement, deux principaux résultats peuvent être rapportés.

- D'une part, le bébé est sensible au niveau de bruit concurrent par rapport à la cible. Newman & Jusczyk (1996) ont par exemple montré que le bébé (de 7,5 mois) était capable de percevoir des mots fréquents, isolés, énoncés par une voix de femme lorsque cette voix cible était accompagnée d'une voix d'homme présentée 5 ou 10 dB de moins que la voix cible (de la femme). En revanche, il ne perçoit pas son prénom dans le bruit si ce dernier est présenté à la même intensité que la cible à la différence des adultes.
- D'autre part, le nombre de locuteurs dans le signal interférent à la cible aurait également une influence. A 5 mois, le bébé serait ainsi capable de détecter son prénom dans le bruit mais uniquement dans une condition multilocuteurs et non lorsqu'il n'y a qu'un locuteur interférent (Newman, 2009). Dans une condition maximisée de difficultés d'écoute dans le bruit (un seul locuteur interférent), le bébé présente des difficultés pour identifier son prénom (entité lexicale connue pour lui).

À la différence des adultes, le bébé pourrait ne pas percevoir un mot connu dans le bruit soit en raison d'un moindre développement de ses capacités de ségrégation soit en raison de la limitation de son système attentionnel (Newman, 2009). Néanmoins, le bébé démontre déjà des capacités précoces de ségrégation de la parole dans le bruit mesurables à 5 mois.

De plus, Newman, Ratner, Jusczyk, Jusczyk & Dow (2006) ont montré que parmi différentes tâches perceptuelles (préférences à la prosodie, discrimination phonétique, segmentation/ségrégation), seules les performances de ségrégation dans le bruit présentaient un lien avec le niveau de langage ultérieur. Ainsi les capacités de ségrégation mesurées à 12 mois permettaient de différencier le niveau de lexique expressif à 24 mois et le niveau général de langage entre 4 et 6 ans (les enfants avec les meilleures performances de ségrégation dans le bruit sont ceux qui présentent ultérieurement les meilleures performances en langage). Il s'agit néanmoins d'une étude rétrospective et les liens d'une part entre capacités perceptuelles et développement du langage nécessitent d'être tempérés et d'autre part entre capacité de ségrégation et langage d'être approfondis.

1.2.4. Habiletés métaphonologiques

Au-delà d'une habileté à traiter de manière acoustique ou phonétique des sons de la parole humaine, le bébé devient progressivement capable de se représenter les unités phonologiques d'une langue donnée et de pouvoir traiter ces informations. Certains travaux sur la représentation et le traitement phonologique des mots mettent en évidence des liens avec le développement du langage.

La conscience phonologique apparaît ainsi, entre 4 et 5 ans, être un prédicteur du lexique en compréhension alors qu'en production il s'agit davantage des habiletés phonologiques (Mounir, 2012).

Au regard des influences du matériel et de l'exposition à celui-ci (cf. paragraphe sur les paramètres psycholinguistiques), on peut se demander quels sont les mécanismes cognitifs sous-jacents de plus haut niveau permettant ces traitements mais également si la présence d'une altération d'un processus cognitif donné génère, ou non, systématiquement, à l'instar des mécanismes dit perceptuels, des difficultés ou des variations dans l'acquisition du langage oral ou écrit.

L'influence d'apprentissages extérieurs comme l'apprentissage scolaire du langage écrit (qui implique une manipulation importante des sons) est par ailleurs un facteur de progression de la qualité des représentations phonologiques et du développement de la conscience phonologique (ex. entre 6 et 12 ans, Hazan & Baret, 2000).

De la même manière, les liens entre capacités de discrimination de sons natifs et le développement du langage oral (Tsao, Liu & Kuhl, 2004) et les liens ultérieurs entre lexique, conscience phonologique et lecture soulignent les interrelations développementales dans les apprentissages (ex. Metsala & Walley, 1998).

1.2.5. Contraintes linguistiques et mapping visuo-verbal

Comme nous venons de le voir, la segmentation du flux continu de parole est un point important de l'acquisition langagière. Grâce à un apprentissage majoritairement implicite, l'enfant s'imprègne des régularités linguistiques auditives de cet input langagier, s'approprie progressivement le langage et construit ainsi ses représentations lexicales et morphosyntaxiques.

Selon certains auteurs (ex. Markman, 1990), lorsqu'un objet est présenté physiquement et que simultanément une étiquette verbale est délivrée, autrement dit dans le cadre de l'apprentissage naturel du lexique chez l'enfant, trois contraintes linguistiques permettent de relier l'objet et cette étiquette verbale. La première est celle qui consiste à associer l'étiquette verbale à la globalité de l'objet (et non à une partie de celui-ci). La seconde est

d'ordre taxonomique et consiste à privilégier un associé de même niveau (ex. chien-chat) plutôt qu'un associé thématique (chat-lait). La dernière est celle de l'exclusion mutuelle qui consiste à ne pas attribuer une nouvelle étiquette verbale à l'objet lorsqu'une étiquette lui a déjà été attribuée mais plutôt à l'attribuer à un second objet présent qui n'en possède pas. Face à deux objets, l'enfant inhibe donc l'un des objets dont il connaît le nom, pour attribuer la nouvelle étiquette verbale à celui qui n'en possède pas. Ici, les données architecturées en mémoire à long terme sont impliquées mais aussi le lien avec la mémoire de travail. D'une part, le système prend en compte une étiquette verbale, traite le fait qu'elle soit connue ou non en comparant avec le lexique mental déjà établi et, parallèlement, doit maintenir la trace verbale en mémoire en réactualisant celle-ci, en la comparant au nouvel objet et en l'y associant et par le biais du buffer épisodique et de l'administrateur central. Ce dernier renverra la trace en mémoire à long terme pour y être stockée jusqu'à la prochaine présentation de celui-ci. Un nouveau traitement sera réengagé et viendra consolider sa forme phonologique et ses attributs lexico-sémantiques.

Outre la segmentation d'informations strictement auditives dont nous venons de parler, il est nécessaire de préciser que l'association entre une forme auditive (ex. cooccurrence syllabique, assimilable à un mot) en présence de son référent n'est pas sans intérêt pour l'enfant. Différentes études montrent en effet la forte influence du contexte de présentation et notamment le fait qu'une association forme visuelle/forme sonore majeure l'apprentissage de la forme auditive. Hay, Pelucchi, Graf Estes & Saffran (2011) ont par exemple montré qu'à 17 mois, lorsqu'une forme sonore (pseudomot) est préalablement et fréquemment associée à un objet, l'enfant détecte ensuite si cette association est violée. L'enfant semble ainsi tenir compte des indices visuels fournis par son environnement pour renforcer une forme sonore qui lui est associée. La forme visuelle vient ainsi créer un effet catalyseur sur la prise en compte de la forme auditive, l'enfant assimilant plus facilement une forme sonore qui sert d'étiquette qu'une forme sonore non reliée. L'enfant utilise donc des informations strictement auditives d'une part mais bénéficie aussi d'influences visuelles et socio-pragmatiques en provenance de son environnement.

Cette mise en liaison de la forme visuelle et de la forme sonore repose sur différents critères. Xu & Tenenbaum (2007) ont évoqué cinq critères concernant le lien entre la forme sonore et son référent : 1) la rapidité d'appréhension de l'association puisqu'un seul exemple suffit parfois pour l'assimiler, 2) la construction sans contre-exemple (inutile de lui dire « ceci est un ... *mais ceci n'est pas* un... »), 3) la génération de concepts qui s'imbriquent et pas simplement avec des catégories qui s'excluent mutuellement, 4) l'acquisition pas à pas du concept, 5) l'influence de l'apprentissage par le contexte et notamment la prise en compte de l'interaction avec l'interlocuteur (ex. attention conjointe).

Les paramètres en lien avec les interactions sociales ne sont pas traités dans cette thèse mais ceux-ci ont un poids important dans les apprentissages et notamment dans

l'appréhension et surtout dans l'ajustement progressif des concepts lexicaux-sémantiques (Tomassello & Barton, 1994).

La construction progressive des représentations linguistiques et conceptuelles de manière générale, suppose aussi comme nous venons de le voir différents systèmes, mnésiques entre autres sous-tendant ces mécanismes. Les paragraphes suivants abordent ces points.

1.2.6. Systèmes de mémoire

Les mécanismes sous-tendant l'apprentissage des régularités statistiques de la langue ont fait l'objet d'études reposant sur l'idée que plusieurs systèmes de mémoire existaient et qu'ils contribuaient à l'apprentissage d'une langue.

1.2.6.1. Mémoire de travail : boucle phonologique et administrateur central

Pour bien comprendre les processus qui se jouent, il est important de revenir sur quelques concepts essentiels et, notamment, sur celui du modèle de mémoire de travail de Baddeley & Hitch (1974) et Baddeley (2000).

Dans celui-ci, trois composantes principales sont présentes : l'administrateur central (système attentionnel de contrôle) et deux systèmes esclaves que sont la boucle phonologique et le calepin visuo-spatial. Baddeley (2000) y a associé ensuite un buffer épisodique (cf. Figure 1).

- La boucle phonologique permet le stockage d'informations auditivo-verbales et correspond à ce qui est communément appelé mémoire phonologique à court terme. Elle comprend deux sous-composantes que sont le stock phonologique qui stocke les informations pendant 1,5 à 2 secondes (responsable de l'effet de longueur) et la boucle de récapitulation phonologique qui permet de réactualiser la trace en réinjectant les informations dans le stock phonologique par répétition (responsable de l'effet de similarité phonologique). Cette dernière jouerait aussi un rôle dans le transcodage d'informations verbales orales en informations verbales écrites (conversion phonème-graphème).
- Le calepin visuo-spatial permet la rétention et le traitement d'informations spatiales et visuelles (ex. dessin, plan) et permet de générer des images mentales.
- Le buffer épisodique, sous le contrôle de l'administrateur central, permet d'encoder ou de récupérer des informations en mémoire épisodique à long terme.

L'administrateur central joue un rôle de système attentionnel de contrôle. Il reçoit et traite les informations provenant des systèmes esclaves et a un rôle intégratif et d'interface avec la mémoire épisodique à long terme. Il alloue également des ressources attentionnelles pour les traitements et permet notamment la gestion de doubles tâches.

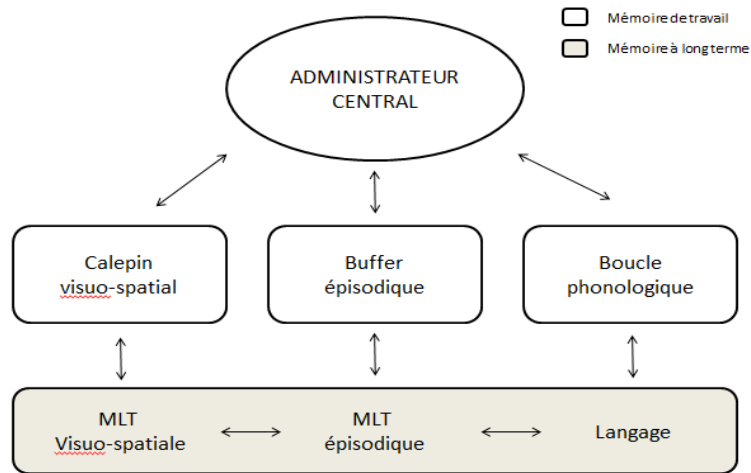


Figure 1. Modèle de mémoire de travail à composantes multiples (Baddeley, 2000).

Le rôle de la mémoire phonologique à court terme (relayée par la boucle phonologique) a principalement été étudié dans l'acquisition lexicale et en serait un élément clef. Gathercole & Baddeley (1989) ont par exemple pu montrer qu'à 4 et 5 ans, la mémoire phonologique à court terme, principalement testée par des tâches de répétition de non mots, était fortement corrélée au lexique mais aussi que la mémoire phonologique mesurée à 4 ans permettait de prédire le niveau lexical à 5 ans. Des données similaires chez l'enfant jusqu'à 8 ans (ex. Gathercole, Willis, Emslie & Baddeley, 1992) ont été retrouvées. Chez l'adulte, l'apprentissage de mots d'une langue étrangère va également dans ce sens tandis que l'utilisation de la boucle phonologique pourrait être contournée par l'utilisation de ressources sémantiques pour des séquences contenant des sons natifs (Papagno, Valentine & Baddeley, 1991) et donc très probablement par un relais via le buffer épisodique et l'administrateur central. Toutefois, la taille du lexique n'est pas seulement associée aux capacités de mémoire phonologique mais dépendrait plutôt d'un ensemble de compétences diverses telles que l'intelligence psychométrique, la capacité de lecture et sa compréhension, les compétences morphosyntaxiques (ex. Anderson & Freebody, 1982) au point que la taille du lexique est souvent considérée comme un indice de l'intelligence

verbale. La mémoire phonologique à court terme et la lecture se développeraient parallèlement à la conscience phonologique (Gathercole & Baddeley, 1993). Par ailleurs, la mémoire phonologique est importante dans le traitement métaphonologique (ex. Alloway, Gathercole, Willis, Adams, 2004).

L'administrateur central, composante supérieure de contrôle, permet de traiter et de maintenir des informations en mémoire mais aussi de gérer les interrelations avec la mémoire à long terme. Des liens avec le lexique, tout comme avec la morphosyntaxe, ont été mis en évidence. Daneman & Grenn (1986) ont, par exemple, mis en évidence des corrélations chez l'adulte, entre la capacité à extraire le sens d'un mot non familier dans une phrase en le définissant (tâche de définition) et les capacités à rappeler le dernier mot de plusieurs phrases consécutivement lues (empan de phrases de lecture).

Comme nous venons de le voir aussi dans le paragraphe précédent, la construction lexicale est aussi rendue possible par le biais de la mémoire de travail qui assure des va-et-vient entre représentations préexistantes, stockées en mémoire à long terme et nouvelles formes. Les contraintes linguistiques (Markman, 1990) ou le mapping visuo-verbal (Xu & Tenenbaum, 2007), en dépendent en effet au moins en partie.

De la même manière, l'administrateur central apparaît être impliqué dans le traitement morphosyntaxique. En effet, lorsqu'il est nécessaire de stocker de l'information et d'opérer un traitement sur ces informations, l'administrateur central, chez le jeune enfant, permettrait de mettre en perspective les règles intrinsèques du langage lorsque les probabilités de transitions ne sont pas suffisantes (Pena, Bonatti, Nesper & Melher, 2002).

Frauenfelder & Delage (2012) ont par ailleurs étudié l'implication de la boucle phonologique et de l'administrateur central dans le traitement de phrases complexes chez l'enfant (5 à 12 ans). Parallèlement à des tâches de compréhension et de production de phrases complexes, ils ont proposé des tâches d'empan simple (empan endroits de chiffres, de mots, de pseudo-mots) et des tâches d'empan « complexes » (empan inverse de chiffres, counting span). Les tâches d'empan simples font essentiellement appel à la boucle phonologique tandis que les empan « complexes » requièrent simultanément stockage et traitement d'informations et donc l'implication de l'administrateur central. Les résultats montrent des corrélations importantes entre les performances aux tâches d'empan simple et d'empan complexe et celles aux tâches de complexité syntaxique. De plus, les tâches d'empan simple permettent de prédire les scores de production en répétition de phrases complexes tandis que celles d'empan complexe les prédisent en compréhension et en production sur différentes mesures (production spontanée, longueur moyenne des énoncés, taux d'enchâssements et taux de subordination). Cette étude souligne donc l'implication de la boucle phonologique, principalement en répétition de phrases, et de l'administrateur central dans le traitement, en compréhension et en production, de phrases complexes.

Le langage écrit et son acquisition serait également fortement en lien avec l'administrateur central. Celui-ci serait par exemple nécessaire en début d'apprentissage de la lecture pour activer des phonèmes lorsque des graphèmes sont présentés afin d'en faire émerger une syllabe, un mot, un pseudomot, une phrase, en extraire enfin du sens et faire des liens avec différentes informations (ex. Demont & Botzung, 2003 ; De Jong, 2006).

La mémoire phonologique et l'administrateur central apparaissent donc apporter une contribution importante dans l'acquisition langagière (lexique, morphosyntaxe, lecture).

1.2.6.2. Mémoire à long terme : mémoire déclarative et procédurale

Ullman (2001) a proposé un modèle selon lequel deux systèmes de mémoire à long terme indépendants et agissant parallèlement régiraient des informations linguistiques différentes.

- La mémoire déclarative sous-tend ainsi le lexique mental, les informations relatives aux faits et aux événements, aux sons et à la signification des mots. Elle est spécialisée dans les associations arbitraires et donc dans les associations entre une étiquette verbale et un objet lorsque la signification du mot ne peut être inférée ni par déduction ni par dérivation. Les associations sémantiques et phonologiques sont apprises, stockées et traitées et donnent lieu à des représentations régies selon un mode structuré et distributionnel. Sous-tendue par des réseaux cérébraux temporaux, la mémoire déclarative correspond à un système d'apprentissage « conscient » et les informations qui y sont stockées peuvent être récupérées par différents réseaux (« non encapsulées »). Elle permettrait de traiter les verbes irréguliers en anglais par exemple.

- La mémoire procédurale (circuits frontaux et basaux) sous-tend, quant à elle, les règles d'utilisation et d'acquisition de la grammaire. Elle gère les règles morphologiques (ex. indien/indienne), morphophonologiques (ex. frontières phonologiques renseignant sur la suite syntaxique à donner) et syntaxiques (ordre des mots) qui régissent l'organisation structurelle et séquentielle des mots. La mémoire procédurale est notamment impliquée dans l'utilisation d'habiletés et de procédures motrices et cognitives. Le mode de récupération dépend essentiellement du mode d'apprentissage (« encapsulation » des informations). Principalement gérée par les circuits cérébraux frontaux et les noyaux de la base (pouvant être spécialisés dans des traitements distincts), elle relève d'un mode d'apprentissage davantage implicite. Elle suppose un apprentissage progressif et intégratif et donc la manipulation répétée d'informations sur un mode statistique. À la différence des aspects lexicaux, le système des règles (dont la grammaire mentale) génère des

aspects hautement prédictibles. Elle permet de gérer les verbes réguliers en anglais (étude de double dissociation chez l'adulte aphasique).

Dans ce modèle, les deux systèmes de mémoire sont activés parallèlement et, lorsqu'une forme est trouvée en mémoire déclarative (ex. vous *faites*), le système de règle (mémoire procédurale) est inhibé. Dans le cas contraire, le système des règles aboutit (vous *mangez*).

Différentes études (EEG, IRM, étude de doubles dissociations en neuropsychologie chez l'adulte aphasique ou avec troubles dégénératifs) vont dans le sens de ce modèle en attestant l'implication de la mémoire procédurale et de la mémoire déclarative respectivement pour les règles grammaticales et pour le lexique mental (pour une revue, voir Ullman, 2001). Chez l'adolescent, des liens ont par ailleurs été mis en évidence entre les performances de langage et les habiletés en mémoire procédurale (Tomblin, Meinela-Arnold & Zang, 2007). Des études soutiennent aussi le fait qu'au sein de la mémoire procédurale, il existerait des sous systèmes dont le développement serait indépendant et qui pourraient être altérés différemment selon le type de trouble et ses comorbidités. Mayor Dubois (2010) montre, par exemple, l'existence d'un déficit de mémoire procédurale verbale chez les enfants de 8-12 ans, avec troubles spécifiques du langage, qui altérerait différemment les sous systèmes procéduraux moteurs et cognitifs selon les troubles coexistants avec les troubles langagiers. Ainsi, la mémoire procédurale motrice serait-elle altérée en cas de comorbidité avec un trouble de la coordination motrice alors que la mémoire procédurale cognitive le serait en cas de dysfonction striatale (avec mouvements choréiformes).

En dépit de données développementales disponibles chez l'enfant plus jeune, l'ensemble des études précitées va dans le sens d'une implication dissociée des systèmes de mémoire déclarative et procédurale selon que l'information soit d'ordre lexical ou qu'elle soit régie par des règles. Différents points restent actuellement discutés tels que le caractère implicite de l'apprentissage ou encore l'implication des systèmes de contrôle et d'inhibition dans l'application des règles versus des éléments de haute fréquence référant à la mémoire déclarative lors de la récupération des informations.

1.2.7. Éléments de synthèse

Le langage et son apprentissage sont complexes et, en quelques années, l'enfant parvient à en manier les bases puis l'approfondit. C'est donc avec une incroyable rapidité et une surprenante facilité que le jeune enfant s'approprie le langage et sa complexité. Ce développement semble globalement suivre les mêmes étapes quelle que soit la langue, ce qui suggère que les enfants tirent profit de stratégies perceptuelles et cognitives similaires pour analyser leur langage natif. De nombreux auteurs se sont donc consacrés au champ des perceptions. Un certain nombre de processus a été identifié (ex. perception catégorielle) et il ressort que certains sont en place ou s'élaborent déjà très tôt. Leur développement peut, en outre, se poursuivre durant une période plus ou moins longue de l'enfance.

Outre le lien entre capacités de ségrégation de la parole dans le bruit et développement du langage, différentes recherches depuis, et parallèlement à celles de Newman & al. (2006), ont envisagé sous un autre angle les liens entre le domaine perceptuel et le développement du langage.

L'étude de Newman & al. (2006) a en effet montré que la capacité de ségrégation de la parole dans le bruit a des liens plus marqués avec le développement du langage mais il s'agit d'une étude se basant sur des données rétrospectives. D'autres études (ex. Tsao, Liu & Kuhl, 2004, 2006) témoignent aussi en faveur de liens, cette fois entre capacité de discrimination des sons natifs mais aussi entre inhibition de contrastes phonologiques non natifs, autrement dit non pertinents, et le développement ultérieur du langage.

En définitive, des liens entre capacités perceptuelles et développement du langage ont été mis en évidence tant pour la prosodie (ex. Paul & al., 2007) que pour la discrimination (ex. Tsao & al., 2006) ou encore pour la ségrégation de la parole dans le bruit (Newman & al., 2006). Les débats concernant les mécanismes sous-jacents à ces processus s'articulent autour de deux aspects principaux à savoir, une limitation liée à l'âge de certains mécanismes perceptuels et une faiblesse qualitative ou quantitative des processus cognitifs plus généraux.

2. TROUBLE DEVELOPPEMENTAL DU LANGAGE ORAL (TDL)

2.1. Généralités et définition des TDL

2.1.1. Histoire, évolution et terminologie

Certains enfants présentent une acquisition du langage lente et laborieuse avec une symptomatologie généralement sévère et persistante (au-delà de 6 ans, pour la clinique française). Une grande variabilité dans les formes, l'évolution et entre individus est observable. La compréhension ainsi que l'expression peuvent être perturbées à différents niveaux : phonologique, lexical, morphosyntaxique, pragmatique ou encore praxique (bucco-linguo-faciale). Le concept et la terminologie référant à ce type de difficultés du langage oral ont largement évolué.

Initialement décrit sous le terme d'aphasie congénitale puis d'audimutité congénitale, c'est au début des années soixante que le terme de dysphasie s'impose pour faire référence à un trouble spécifique du développement du langage ne se référant plus exclusivement au domaine de l'aphasiologie et aux classifications adultes. Ce terme, fréquemment utilisé en clinique en Europe francophone ou celui de « troubles spécifiques du développement du langage oral » dans les milieux scientifiques (ou SLI : specific language impairment en anglais, Leonard, 1979) s'est ensuite imposé. Leclerc & Leroy (2012) définissent la dysphasie comme « un trouble développemental, qui concerne l'élaboration du langage oral, entraîne des troubles importants de la compréhension et/ou de l'expression du langage parlé. C'est un trouble spécifique, sévère et persistant, qui interfère d'emblée avec la dynamique développementale de l'enfant ». Aucune cause apparente n'est identifiée. Les limites concernant la spécificité et l'hétérogénéité des manifestations a amené certains auteurs à parler de troubles primaires du langage (« primary language impairment » ; ex. Edwards & Munson, 2009). Cette appellation mettait en avant que les troubles visibles en premier lieu étaient les troubles du langage, que ceux-ci pouvaient être associés à d'autres troubles non encore visibles ou mesurables.

La présence fréquente de troubles majeurs d'attention, avec ou sans impulsivité ou avec gestion impulsive des émotions, par exemple ou encore la présence de difficultés motrices, de difficultés d'apprentissage (ex. lecture, calcul) ou encore de faibles aptitudes de raisonnement non verbal ou de difficultés d'audition contrarient en effet l'établissement de ce type de diagnostics.

Une étude récente, interrogeant un collectif d'experts (Bishop, Snowling, Thompson, Greenhalgh & the CATALISE-2 consortium, 2017), s'est récemment positionnée quant à ces troubles, à leur caractère spécifique, aux critères d'exclusion (ex. absence de troubles d'audition). La comorbidité fréquente d'un trouble du développement du langage et d'autre(s) trouble(s) questionnant la spécificité des troubles ou encore la présence conjointe de signes d'exclusion référant souvent à l'étiologie (sur lesquels nous reviendrons ensuite)

sont en effet fortement controversés en clinique. Ces deux points sont en effet largement critiquables et empêchent souvent l'établissement du diagnostic ou en tout cas sa reconnaissance par les instances financières payeuses freinant ainsi l'accès aux soins en raison du caractère « non spécifique » ou encore de la variabilité autour du terme et des besoins. En raison du manque d'ajustement de ces termes par rapport à ce qui est réellement observé, le terme de Trouble Développement du Langage ou TDL est actuellement retenu par le collectif d'experts (cf. Bishop & al. 2017) qui incite tout professionnel en lien avec ce type de trouble à utiliser cette terminologie. Celle-ci devrait s'imposer dans les années à venir et c'est celle que nous utiliserons dans la suite de cette thèse.

Les chiffres donnés ci-après, pourraient être amenés à varier en raison d'un concept de TDL plus élargi que ne l'étaient les troubles faisant référence au concept de dysphasie ou TSDL (ou SLI en anglais) ou trouble primaire du langage.

2.1.2. Prévalence

Les troubles spécifiques du langage oral affectent environ 7,4 %⁶ des enfants de 5 à 6 ans (Tomblin, Smith & Zhang, 1997) avec un ratio de 2.8 garçons pour une fille concernés. La nouvelle terminologie amènera certainement à revoir ces chiffres à la hausse en raison d'un nombre important d'enfants dont le diagnostic n'était pas posé en ces termes en raison du caractère non spécifique ou non exclusif de leurs troubles (comorbidité).

2.1.3. Trouble développemental

Le terme développemental renvoie d'une part, au fait que le TDL n'est pas un trouble acquis d'une part et au fait qu'aucune cause biomédicale n'est connue d'autre part. Ce terme est important en rapport à d'autres étiologies particulières (acquises ou en lien avec une étiopathologie connue) possibles notamment pour identifier au mieux les besoins.

2.1.4. Notion de handicap

L'acquisition du langage est un véritable défi dans le développement de l'enfant puisque, sans moyens efficaces de compréhension et/ou d'expression, c'est un pan important de connaissances et d'ouvertures sur le monde qui peut se fermer.

La moitié des cas de TDL se résorberait entre 4 et 6 ans alors que pour l'autre moitié, les troubles perdureraient (Bishop & al., 1990) et pourraient s'accompagner de troubles

⁶ Une variabilité importante des chiffres est observable. Les études traitant des retards de langage et TDL ne partent en effet pas systématiquement des mêmes critères de recrutement et il n'est pas évident de recueillir des données systématisées donnant une lisibilité optimale.

d'apprentissage (langage écrit, faits arithmétiques, difficultés générales d'apprentissage ; ex. Rescorla, 2002 ; Snowling & al., 2001 ; Zesiger, 2006 ; Majerus & Zesiger, 2009). L'hypothèse de caractéristiques communes entre TDL et apprentissages scolaires est largement discutée dans la littérature (ex. Rescorla, 2002, 2005). Les TDL ont donc une incidence sur les apprentissages scolaires ou en partagent certaines caractéristiques (Rescorla, 2002, 2005).

Ces troubles constituent un véritable handicap requérant des moyens adaptés tant de prise en charge (rééducation logopédique) que d'ajustements éducatifs permettant de construire des échanges et du savoir tout en palliant les défauts de langage.

2.1.5. Notion de persistance

Différentes études montrent que l'évolution des difficultés langagières est variable selon les enfants et qu'une bonne partie d'entre eux semble rattraper ses difficultés. Par exemple 50 % des enfants avec retard de langage à deux ans rattrapent celui-ci à trois ans (Rescorla, Roberts & Dahlsgaard, 1997) et 37 % des enfants diagnostiqués à 4 ans ne semblent plus présenter de trouble à 5 ans et demi (Bishop & Edmundson, 1987). Bien que les critères diagnostics soient réunis à un moment particulier du développement, certains enfants apparaissent donc rattraper ou compenser suffisamment leurs troubles quelques temps après.

La persistance des troubles au primaire (6-12 ans), le fait qu'ils ont une incidence sur les apprentissages ou encore qu'ils impactent les interactions sociales quotidiennes constituent des éléments défavorables d'évolution.

La seule notion de décalage par rapport à la norme n'est donc pas la seule à prendre en considération et la notion d'un pronostic défavorable au long court doit ainsi amener à poser le diagnostic. Il va de soi que la prise en compte des facteurs positifs et négatifs de diagnostic est donc à considérer (ex. facteurs génétiques, environnementaux, personnels) pour envisager au plus juste le pronostic.

2.1.6. Retard de langage versus trouble du langage

La distinction entre retard et trouble du langage a longtemps fait débat. Tandis que certains auteurs tendaient à considérer qu'il s'agissait de deux entités séparées, d'autres considéraient les troubles et les retards comme une variation de la sévérité sur le continuum du développement langagier. Il n'est pas rare qu'un retard de langage initialement dit « simple » ait ensuite été qualifié de troubles spécifiques du développement du langage (1/3 des cas pour l'appellation TSDL).

Quoi qu'il en soit, chez le tout jeune enfant, les critères d'alerte seront similaires pour une prise en charge des difficultés de langage, trouble et retard de langage confondus. Il s'agira

plutôt d'envisager un pronostic sur le long cours en termes de stimulabilité, de facteurs de risques et de moyens de compensation.

Le décalage par rapport aux standards attendus et la notion d'un pronostic défavorable au long court amènera, actuellement, à poser le diagnostic de TDL.

2.1.7. Signes d'alerte, facteurs de risque et pronostic

Moins de 50 mots produits ou l'absence de combinaison à 2 ans ainsi que l'absence de phrase à 3 ans, un répertoire phonologique pauvre à 30 mois, peu de gestes communicatifs, peu d'attention conjointe doivent amener à une évaluation du langage (ex. Mirak & Rescorla, 1998).

Le pronostic est variable avec l'avancée en âge. Il est en général moins bon si plusieurs composantes langagières (ex. lexique et morphosyntaxe) sont atteintes et ceci dès l'âge de 4 ans. La persistance des troubles à 5 ans indique une accentuation du risque qu'ils perdurent ensuite (Bishop & Edmundson, 1987).

Des antécédents de troubles du langage, oral et écrit, dans la famille et la persistance dans le temps malgré une stimulation ou des difficultés notables en compréhension semble péjorer le pronostic (ex. Le Normand, 1999) et orienter vers un diagnostic de TDL. Le fait d'être un garçon ainsi que celui d'être issu d'une grande fratrie ou d'avoir des parents qui sont moins allés à l'école sont des éléments négatifs de pronostic.

Le diagnostic sera péjoré en fonction de l'impact plus important du TDL sur l'ensemble de la réussite académique et en particulier sur la lecture (déchiffrage et compréhension) et l'écriture coïncidant parfois avec de véritables troubles de ces apprentissages.

La répétition de phrases semble en revanche être un indicateur positif du pronostic. De même, la qualité de l'environnement familial et culturel ainsi que de bonnes capacités cognitives non verbales (au-dessus de la moyenne) ont au contraire été avancées comme permettant de tempérer le pronostic (Le Normand, 2000).

2.1.8. Spécificité des troubles et critères d'exclusion remplacés par conditions cooccurrentes

Jusqu'à très récemment avec le diagnostic de dysphasie ou Trouble spécifique ou primaire du langage, les troubles étaient définis comme spécifiques et un ensemble de critères d'exclusion amenaient à rejeter d'emblée ces diagnostics. Le terme de *spécificité* référait au fait que le trouble devait affecter spécifiquement le langage et que les processus sous jacents devaient être « specific domain ». Les difficultés n'étaient donc, a priori, pas généralisables au fonctionnement cognitif global (ex. retard global) ni imputable à un certain nombre de facteurs perturbant sans conteste le développement du langage. La définition excluait ainsi l'existence de : déficit mental, troubles moteurs ou sensitifs,

malformations des organes phonatoires, lésions cérébrales acquises, troubles envahissants du développement, carences graves affectives ou éducatives (Rapin, 1996).

L'étude de Bishop & al. (2017) souligne que les critères d'exclusion ne doivent pas permettre de priver un enfant avec trouble du langage de soins lorsqu'il en a besoin quelles que soient l'origine ou les conditions d'occurrence des troubles. Les auteurs notent qu'en recherche, les enfants avec un TDL isolé sont certainement surreprésentés en raison des critères spécifiques liés au recrutement en recherche à la différence des enfants retrouvés en clinique qui présentent, quant à eux, des troubles davantage multiples.

Avec la nouvelle définition, le TDL peut être envisagé même lorsqu'il y a un syndrome ou une cause médicale à condition que l'enfant présente des troubles du développement du langage. Le TDL fera alors parti d'un trouble dit complexe (« trouble du langage associé à ... »). Le diagnostic pourra donc être posé en cas de traumatisme crânien, aphasie en lien avec l'épilepsie, déficience auditive, infirmité motrice cérébrale, déficience intellectuelle, trouble du spectre autistique. Une faiblesse de l'efficacité non verbale, qui ne serait pas identifiée comme une déficience intellectuelle, sera retenue comme TDL dans le cas contraire, un diagnostic de comorbidité sera posé (ex. TDL associé à une déficience intellectuelle). De la même manière, d'autres troubles peuvent aussi être présents tels qu'un déficit d'attention avec ou sans hyperactivité (TDA-H), des difficultés de régulations émotionnelles et de comportements, des difficultés motrices (TAC), de la parole (« troubles des sons de la parole » anciennement « dyspraxie verbale »), les enfants en clinique pouvant régulièrement cumuler plusieurs troubles. La présence d'un autre trouble n'est ainsi plus un frein pour poser le diagnostic.

Revenons sur les limites relatives à la spécificité des troubles dans les précédentes terminologies afin de spécifier l'évolution vers l'appellation TDL.

✓ Limites relatives au QI

Certaines définitions (ex. CIM-10⁷) insistent sur la nécessité, pour poser un diagnostic de TDL, d'obtenir d'un écart significatif de 15 points de QI (Quotient Intellectuel) à des tests mesurant l'efficacité intellectuelle entre les performances langagières (QI-Verbal) et non langagières (QI-Performance) en faveur de ces dernières ou sur la nécessité d'un raisonnement non verbal supérieur à 85 (QIP>85). Ces considérations tendent à attester de la spécificité purement langagière des TDL en ce sens que le déficit de langage ne serait pas en lien avec une intelligence générale limite. Il est néanmoins important de considérer ce

⁷ CIM-10 : Classification internationale des maladies- 10^{ème} version, établie par l'Organisation Mondiale de la Santé (1983, 1992)

point avec prudence. Schelstraete (2012) souligne trois points importants dans l'appréhension du développement intellectuel dans les TDL :

- le « problème lié à un score seuil » puisqu'un tel score comprend une zone arbitrairement fixée pour définir ce seuil et que les erreurs autour de la mesure rendent la zone seuil ou l'écart de 15 points entre QIP et QIV critique et donc le diagnostic de TDL tout autant (Dockrell & Lindsay, 2008 ; Tomblin & al., 1997, dans Schelstraete, 2012)
- les implications de ce seuil sur la prise en charge clinique compte tenu que ce critère lié à l'intelligence ne garanti ni l'homogénéité des profils ni celle des besoins cliniques afférents. Au-delà de ce point, Certains auteurs suggèrent aussi que les besoins d'enfants avec TDL et de ceux avec retard général de développement présentent qualitativement des difficultés analogues (Tomblin & Zhang, 1999).
- « l'évolution du raisonnement non verbal à travers le temps » parce qu'un déclin de l'efficacité intellectuelle, non verbale comprise, est fréquemment observé au cours du développement, avec des écarts d'environ 20 points de QI en moyenne entre l'enfance et l'âge adulte, lorsque le trouble langagier persiste (Botting, 2005 ; Tomblin, Freese & Records, 1992).

La prise en compte stricte du QI et de la différence entre aptitudes verbales et non verbales ne paraît donc pas être un gage d'objectivation diagnostique ni de spécificité dans la mesure où le manque d'accès à des compétences linguistiques amène sans nul doute à des dissonances pour appréhender le monde et construire les apprentissages ou à moindre échelle pour affronter les tests de QI tels qu'ils sont conçus pour la plupart (ex. consignes présentées oralement, épreuves reposant sur des aptitudes langagières).

✓ Limites relatives aux troubles associés

Différentes études (ex. revue Campbell & Skarakis-Doyle, 2007), et une réalité clinique évidente, témoignent de la cooccurrence fréquente de troubles d'ordre moteur (40 à 90 % ; Hill, 2001) ou de déficit d'attention (20 à 60 % ; Oram, Fine, Okamoto & Tannock, 1999) par exemple.

2.1.9. Multilinguisme

Le diagnostic de TDL ne doit être envisagé que si l'enfant ne présente pas le niveau attendu pour l'âge dans aucune des langues. Un enfant qui parlerait couramment sa langue maternelle mais présenterait des difficultés dans la langue d'apprentissage ne se verrait pas attribuer le diagnostic de TDL.

Des mesures croisées sur le plan clinique peuvent être faites comptabilisant par exemple le lexique expressif maîtrisé dans une langue (ex. maternelle) auquel on ajoute les mots qui ne le serait pas dans cette langue mais qui le serait dans l'autre langue (ex. langue d'accueil, langue scolaire). Sur le plan clinique aussi, notons qu'un enfant dont la prise en charge se fera dans la langue d'accueil, souvent langue scolaire, pourra utiliser préférentiellement cette langue pour s'exprimer même avec les parents. La qualité des feed-back correctifs tant à l'école qu'à la maison sera un facteur à prendre en considération dans l'évolution du trouble.

2.1.10. Hétérogénéité des troubles

Les troubles peuvent affecter différentes composantes du langage et de la parole sur le plan expressif et réceptif.

Dans la définition de Bishop & al. (2017), on parlera de *trouble du développement des sons de la parole* (peu importe l'origine, structurelle, motrice) pour ce qui réfère aux difficultés de réalisation des sons de la parole. Pour la cause linguistique, ceci est encore largement débattu entre les experts et il n'y a pas de consensus, notamment en raison de la difficulté encore présente parfois, pour les professionnels eux-mêmes, à différencier les causes, celles-ci pouvant notamment être imbriquées (ex. aspects dyspraxiques et phonologiques sur le trait de voisement). Pour les troubles référant aux aspects langagiers formels, on parlera de *TDL*. De la même manière que pour les autres cooccurrences intertroubles, un double diagnostic de TDL avec trouble du développement des sons de la parole pourra être posé si les composantes de la parole et du langage sont altérées. Les troubles pragmatiques peuvent être présents dans les troubles du spectre autistique (TSA) comme dans le TDL et donc coexister avec des troubles du langage formel. La figure suivante, issue de l'article de Bishop & al. (2017), explicite les interrelations entre les différentes composantes de la parole, du langage et de la communication.

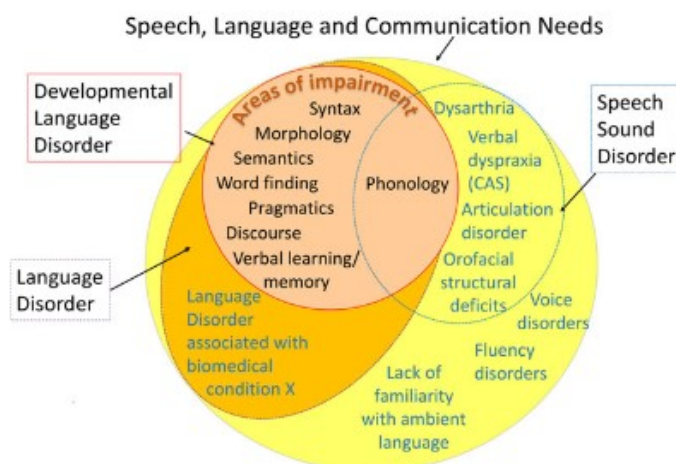


Figure 2. Interrelations entre les différentes composantes de la parole, du langage et de la communication (extrait de Bishop & al. 2017).

Un point notable est celui de la forte variabilité des troubles et de leurs évolutions dans le temps chez un même individu (ex. Conti-Ramsden & Botting, 1999). Il apparaît, en effet, qu'un enfant qui présente certaines caractéristiques symptomatologiques à un âge donné ne présente pas nécessairement la même symptomatologie plusieurs années après. Bien qu'il présente toujours un trouble du langage avéré, les registres langagiers altérés initialement ne le sont plus nécessairement quelques années plus tard avec en revanche d'autres champs altérés qui, initialement, ne l'étaient pas ou pas autant ou pas avec le même degré de sévérité par rapport à la norme. Un enfant avec des troubles massifs phonologiques initiaux pourra avoir récupéré sur ce plan mais présentera un trouble important affectant massivement la morphosyntaxe.

La grande hétérogénéité des formes de TDL et de son évolution (passage d'une sous-catégorie du trouble à une autre) ou encore de la grande variété de troubles repris dans la littérature sous l'appellation trouble du langage invite à la prudence pour statuer sur l'existence de sous-types. Les classifications ne seront pas abordées en détail ici. Toutefois, il apparaît nécessaire de pouvoir définir à un instant donné et pour un individu donné, les aspects langagiers symptomatiques en termes de composantes langagières altérées.

La classification du DSM-V (2013), dernière classification publiée, en 2013, est présentée ci-après et revient sur une partie de ces points sans toutefois les considérer tous.

2.2. Critères diagnostiques

2.2.1. Introduction

Les critères normatifs appliqués aux tests de langage afin de poser un diagnostic ou de retenir une population spécifique dans les études sont dépendants des caractéristiques restrictives d'une époque ou d'un pays. Il est donc ici question de définir au mieux les critères retenus en fonction de la littérature actuelle et de leur pertinence. Qu'ils soient propres à la clinique ou à la recherche, les trois aspects suivants sont souvent considérés :

Critères d'exclusion et notion de cooccurrence

La définition des troubles du langage excluait jusqu'à présent l'existence de : déficit mental, troubles moteur ou sensitif, malformations des organes phonatoires, lésions cérébrales acquises, troubles envahissants du développement, carence grave affective ou éducative (Bishop, 1992).

La nouvelle définition de TDL (Bishop & al., 2017) ou la classification du DSM-V revient sur ces aspects, ce qui devra être pris en considération dans les classifications ultérieures. La notion de cooccurrence et de diagnostic complexes et multiples devra être retenue dans les années à venir.

Critères normatifs de diagnostic

La littérature anglo-saxonne considère le plus souvent dans les études un score composite de -1.25 déviation standard (ds) (ex. Tomblin, 1997) à une batterie de tests. Toutefois, en l'absence d'un tel score, le critère de deux scores (ou davantage), à des épreuves standardisées de langage, inférieurs à -1.25 ds et dont au moins une des épreuves est réalisée sur le versant expressif, sont classiquement retenus dans les études actuelles (Maillart & Schelstraete, 2005).

Ces critères, bien que proches de la moyenne, sont aussi ceux en-dessous desquels les enfants semblent avoir de la peine à suivre en toute autonomie dans un cursus scolaire standard.

En clinique, le critère classique référant à la pathologie est davantage celui de -2 ds en première intention (première évaluation). Ce critère pourra être revu à la hausse (entre -2ds et -1 ds) lors des bilans d'évolution après un premier diagnostic posé et un suivi. L'octroi des prestations dépend des organismes payeurs et du budget alloué aux soins auxquels les critères de diagnostic pourront être soumis.

Critères de Leonard (1998)

Ces critères intègrent les données précédentes et sont souvent retenus, en recherche à savoir :

1. Scores à au moins deux épreuves standardisées de langage inférieurs à -1.25 déviation standard de la moyenne.
2. Absence de déficience intellectuelle globale (QI non verbal supérieur à 85)
3. Absence de trouble particulier d'audition ; pas d'épisode récent d'otite
4. Absence de dysfonctions neurologiques (épilepsie, IMC, lésion cérébrale)
5. Absence de difficultés particulières de la fonction oro-motrice
6. Absence de particularités des interactions sociales et physiques

Signes positifs et négatifs de diagnostic et de pronostic : éléments évocateurs

Différents chercheurs ont évoqué l'existence de marqueurs de spécificité pour le TDL comme de faibles performances en répétition de pseudomots (Bishop & al., 1996), ou en production de flexions morphologiques par exemple. Le caractère pathognomonique de ces marqueurs n'a toutefois pas pu être établi. Les enfants avec trisomie 21 présentent ainsi des difficultés majoritairement en répétition de pseudo-mots, et l'enfant bilingue montre souvent des productions altérées au niveau des marques morphologiques par exemple. Même si certains signes positifs de diagnostic peuvent être évocateurs des TDL ils ne permettent pas nécessairement de trancher.

Nous avons évoqué précédemment un ensemble de facteurs de risque à prendre en considération également.

Il conviendrait en définitive de considérer un ensemble de facteurs positifs et négatifs de diagnostic et de pronostic tant au niveau de l'enfant et de son langage dans un cadre écologique.

Les critères d'évaluation du pronostic ou de prise en charge ne sont toutefois pas tout à fait explicités et certains modèles ou considérations, plus écologiques, des difficultés de langage (ex. Sylvestre, Cronk, St-Cyr & Payette, 2002 ; Lindsay & Dokrell, 2008), proches de ce qui est observé en clinique, sont intéressants à prendre en considération dans le pronostic de l'enfant. Les facteurs d'évolution propres à l'enfant (ex. stimulabilité et capacité à s'autocorriger, cooccurrence de troubles, confiance en lui, intelligence non verbale) ainsi que ceux en lien avec son environnement (ex. héréditabilité, sentiment de compétence des parents, style éducatif) ou avec le traitement (ex. type de prise en charge, fréquence du traitement, métaconnaissance des parents sur l'apprentissage, capacité à la transférer à l'apprentissage du langage ou au traitement, qualité du partenariat thérapeutique) sont autant d'éléments à considérer en clinique. Ils sont cependant difficiles à mesurer de manière exhaustive en recherche au long cours, mais nécessaires à considérer dans le plan

de prise en charge et le pronostic. Ces facteurs relèvent actuellement plus de l'appréciation des thérapeutes (souvent en lien avec le développement de l'expertise) que de réelles études épidémiologiques. Ils viennent souvent documenter une observation sans toutefois être obligatoirement pris en considération par les organismes payeurs dans leur appréciation pour l'octroi de soins.

2.2.2. Critères diagnostiques du DSM-V

La définition du DSM-V⁸ parue en 2013 tend à considérer les limites ou objections relatives dans la littérature actuelle concernant la spécificité et les comorbidités. La classification reprend à peu de chose près la répartition faite par Bishop (2004)⁹ pour refléter la réalité clinique des classifications au sein des troubles observés.

Dans le DSM-V, les TDL reprennent plusieurs critères précédemment énoncés

- A. Un écart significatif, par rapport à la norme à des tests standardisés ciblant les difficultés et une persistance des troubles sur le plan qualitatif ou quantitatif
- B. Une notion de handicap avec un retentissement des troubles sur la vie sociale ou la réussite scolaire ou professionnelle
- C. Un âge précoce de survenue des troubles dans le développement qui doit être pris en considération dans le diagnostic différentiel
- D. Une sévérité des troubles qui n'est pas expliquée par des comorbidités ou étiologies possibles

Les troubles du langage sont désormais répertoriés dans le chapitre « troubles neurodéveloppementaux » dans la rubrique « troubles de la communication » qui distingue :

⁸ DSM-V : Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders, fifth edition (2013)

⁹ Dans la classification de Bishop (2004), les troubles du langage dans le cadre du développement étaient répartis en trois entités :

- dyspraxie verbale développementale : trouble de la sphère oro-faciale dans sa globalité qui affecte la parole et la production et qui est caractérisée par des troubles du geste volontaire sans faiblesse musculaire ou perte sensorielle.

- dysphasie pragmatique : des difficultés à appréhender le langage de manière appropriée en contexte. Le sens littéral des mots et phrases est relativement préservé mais manque drastiquement de cohérence dès lors que des présupposés sont à prendre en compte et qu'il faut faire des inférences en lien avec les différents contextes d'environnement et d'interactions.

- dysphasie linguistique : difficultés marquées au niveau morphosyntaxique généralement accompagnées de troubles lexicaux et sémantiques plus ou moins importants ainsi que de troubles de la perception du langage et des processus phonologiques. La compréhension et la production peuvent être conjointement ou séparément altérées.

[1] Trouble du langage (language disorder) caractérisé par des difficultés persistantes dans l'acquisition et l'utilisation du langage affectant différentes modalités (orale, écrite, langue des signes, autre) en raison de déficits de compréhension ou de production du langage. Les difficultés de langage touchent 3 niveaux : 1) un lexique *réduit* (au niveau des connaissances et de l'utilisation des mots), 2) une structure de phrases réduite (aptitude à combiner des mots et ajuster la terminaison des mots pour former des phrases respectant les règles morphosyntaxiques de la langue), 3) des *troubles du discours* (aptitude à utiliser le lexique et à organiser les phrases pour expliquer ou décrire un sujet, une série d'événements ou tenir une conversation).

Les habiletés langagières sont substantiellement et quantitativement sous le niveau attendu étant donné l'âge de l'enfant.

[2] Trouble des sons de la parole (speech sound disorder) caractérisé par une inintelligibilité persistante de la parole, présente dès l'enfance, avec ajouts, omission, distorsions ou substitution de phonèmes et qui interfère avec la communication verbale, la participation sociale, les performances scolaires et/ou professionnelles et des symptômes qui ne peuvent être expliqués par un diagnostic médical ou neurologique, incluant un traumatisme crânien.

[3] Trouble de la fluence (bégaiement) débutant dans l'enfance (Childhood-onset fluency disorder ou Stuttering)

[4] Trouble de la communication sociale (et pragmatique) (social pragmatic communication disorder) se manifestant par tous les éléments suivants :

- déficit dans l'utilisation de la communication à des fins sociales, comme saluer ou partager de l'information d'une façon appropriée au contexte social ;
- des troubles dans la capacité à adapter la communication au contexte et aux besoins de l'interlocuteur, comme parler différemment dans une classe ou dans un espace de jeux, s'adresser différemment à un enfant et à un adulte et éviter l'utilisation d'un langage trop formel ;
- des difficultés à suivre les règles conversationnelles ou narratives, comme la gestion des tours de paroles, les réparations en cas d'incompréhension et l'utilisation adéquate des signaux verbaux ou non verbaux pour réguler une interaction ;
- des difficultés pour comprendre ce qui n'est pas explicitement exprimé (par exemple, faire des inférences) et pour comprendre la signification non littérale ou

ambiguë du langage (ex. les idiomes, l'humour, les métaphores ou les simplifications multiples dont l'interprétation dépend du contexte).

Les déficits engendrent des limitations fonctionnelles dans l'efficacité de la communication, la participation sociale, les relations sociales, les performances scolaires ou professionnelles, de manière isolée ou dans plusieurs de ces domaines. Les troubles sont apparus tôt dans l'enfance mais peuvent n'être pleinement visibles que lorsque les demandes sociales ou de communications dépassent les capacités limitées des enfants.

[5] Trouble non spécifié de la communication (unspecified communication disorder)

Il s'agit de troubles dont la manifestation est précoce dans le développement, apparaissant à un âge préscolaire ou pouvant se manifester lorsque la demande sociale ou de communication devient trop importante en regard des limites de l'enfant.

La notion de handicap est toujours présente avec un retentissement des troubles sur le développement personnel, la participation sociale, la réussite académique, et l'activité et le fonctionnement professionnels.

Des cooccurrences avec d'autres troubles sont répertoriées comme fréquentes (ex. trouble du spectre autistique, déficience intellectuelle, trouble d'attention avec ou sans hyperactivité, troubles des apprentissages) et ne sont plus des facteurs d'exclusion. La définition ne reprend ainsi plus le critère lié au quotient intellectuel (supérieur à 85) ni la dissociation entre performances (QIV) verbales et non verbales (QIP) comme élément diagnostique. Notons que le terme « spécifique » n'est plus repris dans cette classification.

Connaître les mécanismes sous-jacents de ces troubles permet d'orienter les prises en charge de manière précoce et optimale. Le chapitre suivant présente les principales hypothèses explicatives et prédicteurs des TDL.

2.3. Hypothèses explicatives et principaux prédicteurs des TDL

Les hypothèses fonctionnelles reposent sur la distinction entre déficits de mécanismes spécifiques au matériel linguistique (de bas ou de haut niveau) et déficits à caractères plus généraux. La littérature fait en effet état de deux types d'approches pour tenter d'expliquer les déficits ou les délais retrouvés dans les différentes sphères du langage.

2.3.1. Déficits liés spécifiquement au matériel linguistique

2.3.1.1. Difficultés acoustiques fines et difficultés de discrimination phonologique

Dans une série d'études initiées depuis les années 1970, Tallal et ses collaborateurs soutiennent que les TDL découlent d'un déficit d'intégration des stimuli brefs, rapides et successifs engendrant des troubles du traitement acoustique fin de la parole et donc d'acquisition du langage (Tallal & Piercy, 1973). Ce déficit se noterait particulièrement dans la perception de phonèmes brefs (ex. occlusives) et engendrerait des perturbations de segmentation et d'intégration des phonèmes ne permettant pas la génération de représentations phonémiques des mots stables. De plus, il s'agirait vraiment d'une spécificité dans les TDL puisque ces difficultés ne sont pas retrouvées chez des enfants plus jeunes avec développement typique du langage. Une organisation atypique ou une immaturité des aires auditives pourrait être en lien avec ce déficit (Mc Arthur & Bishop, 2005).

L'hypothèse s'est ensuite généralisée à l'ensemble des stimuli brefs, quelle que soit la modalité, autrement dit, les stimuli kinesthésiques, visuels et auditifs avec les travaux de Tallal, Stark & Mellitz (1985).

Cependant, une critique majeure concernant cette hypothèse pour les traitements brefs est que seuls certains sous-groupes de TDL apparaissent concernés. De plus, les tâches utilisées requerraient une implication importante de l'attention et de la mémoire (cf. Mc Arthur & Bishop, 2001) et le lien entre troubles de discrimination et performances phonologiques ne serait pas transparent (Bishop, Bishop, Bright, James, Delanay & Tallal, 1999).

La différence entre des difficultés acoustiques fines et des difficultés liées à un traitement déjà plus élaboré sur matériel propre aux aspects linguistiques est ténue. Néanmoins, ces difficultés de traitement reflèteraient toutefois moins un problème de traitement des transitions rapides que des difficultés d'identification et de catégorisation de la parole ou des processus de plus haut niveau. Des explications alternatives ont été proposées : déficits de perception catégorielle, troubles des représentations phonologiques par exemple.

2.3.1.2. Difficultés phonologiques

L'hypothèse d'un trouble des processus phonologiques est une des hypothèses majeures des TDL et un certain nombre de recherches souligne l'incidence de moindres capacités phonologiques sur la construction des autres niveaux de langage (Maillart & Parisse 2004 ; 2007 ; Joannisse & Seidenberg, 1998). Cette hypothèse stipule que les représentations phonologiques seraient sous-spécifiées dans les TDL (Maillart, Schelstraete & Hupet, 2004 ; Maillart, Van Reybroek & Alegria, 2005) et que ceci serait lié à des difficultés de segmentation des mots en unités sous-lexicales (Bird & Bishop, 1992) ce qui engendreraient

des difficultés dans l'apprentissage de mots et de marques morphosyntaxiques. Les enfants avec TDL peinent ainsi à identifier que /poube/ (« poubée ») n'est pas un vrai mot ou encore, produisent énormément de transformations d'ordre phonologique (ex. dévoisement, antériorisation de phonèmes, simplification de groupes consonantiques) rendant parfois leur parole inintelligible.

Dans la théorie du mapping (Chiat, 2001), l'association entre les formes acoustiques des mots ou des formes grammaticales est liée à un ensemble de paramètres permettant de construire des représentations stables. L'attention conjointe¹⁰ permettrait de fixer différentes informations en associant conjointement les paramètres acoustiques, l'objet, l'étiquette verbale, le contexte. L'occurrence des associations permettraient de créer des représentations phonologiques fiables.

Ces théories rendent assez bien compte des aspects linguistiques mais ne suffisent cependant pas à expliquer les aspects non linguistiques observés dans les TDL.

2.3.1.3. Difficultés de mémoire phonologique (boucle phonologique)

Un dysfonctionnement de la boucle phonologique, qui permet la rétention du matériel verbal, aurait un rôle causal dans les TDL selon Gathercole & Baddeley (1990). Différentes études montrent des difficultés de répétition de pseudomots (tâche utilisée pour tester la boucle phonologique) dans les TDL ainsi qu'un lien entre répétition de pseudomots et gravité des TDL. De plus un déficit de la boucle phonologique aurait une incidence sur la rétention à long terme pour du matériel verbal (Gathercole & Alloway, 2008).

2.3.1.4. Difficultés de ségrégation des sons dans le bruit

Comme pour le développement typique du langage oral, quelques travaux se sont intéressés aux performances de perception de la parole dans un environnement bruité chez les enfants avec TDL.

Vance et Martindale (2012) ont par exemple montré la présence de difficultés de discrimination accrues dans le bruit pour les enfants avec TDL suggérant des difficultés de ségrégation des informations linguistiques dans le bruit. Les auteurs ont comparé les performances d'un groupe d'enfants avec TDL de 5 à 7 (n=20) ans à celles d'un groupe contrôle d'enfant de 4 à 7 ans, (n=33), avec développement typique du langage. Ils ont proposé une tâche de discrimination de paires phonologiquement proches en faisant varier

¹⁰ L'attention conjointe est la capacité entre deux personnes à diriger l'attention vers un même référent (ex. vers un même objet), et qui permet l'association privilégiée entre ce référent et l'étiquette verbale énoncée en même temps.

les contrastes. Les paires étaient présentées avec ou sans bruit concurrent. Le bruit concurrent était de type cocktail party, à vingt locuteurs. Après contrôle du QI non verbal, le groupe TDL montrait de moins bonnes performances de discrimination dans le bruit comparativement au groupe contrôle.

De la même manière, les études de Ziegler, Pech-Georgel, George, Alario & Lorenzi (2005, 2011) ont montré des difficultés de traitement dans le bruit pour les enfants avec TDL et que ces difficultés permettaient de prédire le TDL et seraient variables selon le type d'information (trait de voisement davantage problématique). Ces études avaient pour but d'infirmier ou non les hypothèses de Tallal & Piercy (1973) selon lesquelles les enfants avec TDL seraient principalement gênés par des transitions plus rapides, autrement dit par des traitements temporels de bas niveau. L'expérience de 2005 (Ziegler & al., 2005) a montré des difficultés de ségrégation dans le bruit chez les enfants avec TDL, de 8 à 12 ans, comparativement aux enfants des groupes de contrôle (appariés soit en âge soit en niveau linguistique). Les enfants devaient identifier des stimuli constitués de pseudomots courts (de type voyelle/consonne/voyelle) pour quatre catégories de sons (voisement, place, manière, nasalité). Les cibles étaient présentées soit dans le silence, soit dans le bruit linguistique (stable de type bruit rose ou fluctuant). Le bruit stationnaire ne présente pas de silence alors que les bruits transitoires engendrent des silences perceptibles qui laissent des fenêtres vierges pour identifier la cible ou au moins des fragments de celle-ci. Le ratio signal-bruit était ici de 0 dB ; autrement dit, le bruit était présenté à la même intensité que le signal. Les résultats ont montré, qu'outre le fait que certains types d'information (ex. trait de voisement) étaient plus difficiles à percevoir dans le groupe TDL, reflétant des difficultés fines d'ordre phonologique, ces difficultés, chez les enfants avec TDL avaient lieu lors de la présentation des stimuli en situation dégradée. Alors qu'en situation de silence, les performances étaient en effet relativement équivalentes à celles des groupes de contrôle (différence légère pour le GC-âge, différence non significative pour le GC-Langage), en présence d'un bruit concurrent, stationnaire ou fluctuant, les performances chutaient dans le groupe TDL comparativement aux deux groupes contrôle. En 2011, Ziegler et collaborateurs, en contrôlant davantage certains paramètres et dans le but de répliquer leurs premiers résultats, ont cherché à savoir si une augmentation de la modulation du bruit pouvait avoir un impact sur la perception des enfants avec TDL. Les auteurs ont ainsi comparé les performances de perception d'enfants de 8 ans avec TDL (n=20) ou contrôle appariés en âge (n=19) dans des conditions soit de silence, soit de bruit stationnaire ou transitoire modulé en fréquence (4Hz, 32Hz, 128Hz). L'augmentation de la modulation de fréquence entraîne des silences plus courts restreignant les fenêtres de perception. Les résultats ont montré un effet du groupe et un effet du masquage mais pas d'interaction entre les deux. La modulation de fréquence entraîne donc un effet pour tous les groupes (TDL ou GC) mais l'effet n'est pas davantage marqué dans le groupe TDL à mesure que la fréquence de modulation augmente. Ceci tend à infirmer l'hypothèse de moindres capacités de traitement temporel dans les TDL pour laquelle une augmentation des fréquences de

modulation aurait dû entraîner des difficultés supérieures. De plus, et qui nous intéresse particulièrement dans le cadre de cette thèse, les résultats montrent que 34 % de la variance du langage pour les TDL est expliquée exclusivement par les perceptions dans le bruit alors que pour le groupe contrôle, les 34 % de la variance expliquée le sont par les traitements temporels. Une interaction significative entre l'effet de groupe et les traits phonétiques, montrant des difficultés particulières pour le trait de voisement pour les TDL, a par ailleurs été retrouvée. Une faible habileté de perception dans le bruit semble donc être un facteur prédictif du niveau de langage dans les TDL ; toutefois, les auteurs concluent qu'il est cependant difficile d'interpréter les difficultés plus importantes au niveau du voisement (par rapport aux autres traits de parole) exclusivement en termes de processus généraux d'attention ou de parole puisque l'ensemble des traits de parole devrait dans ce cas être traité de la même manière.

Outre le phénomène de ségrégation dans le bruit, Ziegler & al. (2005, 2011) soulèvent donc le caractère causal et général des difficultés de traitement dans le bruit des TDL puisque les performances du groupe TDL sont plus faibles que celles des groupes contrôle (appariement en âge et en niveau linguistique) et ce, pour tous les enfants du groupe TDL. Les enfants avec TDL, à l'image des enfants des groupes contrôle, étaient par ailleurs capables de traiter les informations auditives rapides lors d'un signal sans bruit concurrent. Ce dernier résultat ne va pas dans le sens des résultats de Tallal & al. (Tallal & Piercy, 1973 ; Tallal, Stark, Kallman & Mellits, 1981) mais tend plutôt à confirmer l'idée qu'il existe des difficultés de ségrégation auditive en lien avec une altération probable des processus centraux de traitement des informations linguistiques dans le TDL. Selon les auteurs, ces perturbations engendreraient des troubles dans la perception phonologique (ex. dans l'association traits acoustiques/trait phonologique) à un jeune âge et donc ultérieurement des difficultés sur les éléments peu saillants comme les marques morphosyntaxiques (ex. le/la, dort/dorment). Enfin, pour Ziegler et ses collaborateurs (2011), ces difficultés centrales du traitement du matériel linguistique pourraient être la cause de difficultés phonologiques tant chez l'enfant avec TDL que dans la dyslexie. Le caractère central sera discuté dans la partie inhibition.

Une difficulté marquée dans la perception de la parole dans le bruit (et non de processus auditif temporel) serait de surcroît un facteur prédictif de difficultés ultérieures d'entrée dans l'écrit pour les enfants avec TDL (Vandewalle, Boets, Ghesquière & Zinks, 2012).

Un certain nombre de chercheurs s'accordent aujourd'hui à dire que l'évaluation des enfants avec TDL devraient inclure des évaluations de perception de la parole dans le bruit, l'écoute optimale sans bruit ne permettant pas d'identifier les déficits subtils de perceptions de haut niveau en plus de ne pas refléter les conditions naturelles d'écoute et d'apprentissage (Ziegler & al., 2005, 2011 ; Vance & Martindale, 2012 ; Robertson, Joanisse, Desroche & Ng, 2009).

2.3.1.5. Troubles spécifiques de la connaissance des marques et des représentations morphosyntaxiques

L'idée qu'un trouble spécifique des connaissances linguistiques puisse être impliqué dans les TDL est également discutée. Selon ces théories, les enfants avec TDL présenteraient une immaturité ou une absence de certaines connaissances linguistiques.

Cécité aux traits grammaticaux

Pour Gopnick (1990), par exemple, l'enfant avec TDL présenterait une cécité aux traits syntaxico-sémantiques (ex. marques de genre ou de temps), ce qui l'empêcherait d'avoir accès à ces traits et donc de les produire. Gopnick (1997) a réinterprété son hypothèse initiale (1990) de cécité aux traits grammaticaux en termes de difficultés à générer des règles grammaticales. L'enfant ne parvenant pas, ou moins bien, à extraire implicitement les règles grammaticales ou à les retenir, générerait progressivement un stock lexical de formes non infléchies compensant le défaut d'utilisation de règles. Cet aspect revient donc à considérer que l'enfant présenterait un déficit de mémoire procédurale ou encore l'utilisation préférentielle de la mémoire déclarative telle que présentée dans le modèle de Ullman (2001) mais en ne se cantonnant qu'aux difficultés grammaticales.

Une des critiques majeures concerne le fait que les enfants TDL devraient être plus perturbés dans des langues où la morphologie est fortement inflexionnée (ex. en italien). Or, ils présentent de meilleures performances que les enfants avec langues à plus faible morphologie inflexionnelle (Leonard, Bortolini, Caselli, McGregor & Sabbadini, 1992). Une autre critique majeure est que, dans le cas où les enfants avec TDL apprendraient certaines formes inflexionnées comme des formes lexicales, ils devraient davantage être à même de produire toujours la même forme lexicale infléchie, à savoir la plus fréquente. Or, les productions ne sont pas consistantes.

Troubles ou immaturité des formes d'accord

Pour d'autres, il s'agirait de déficit des relations syntaxiques régissant exclusivement les accords ou de troubles résultant de l'immaturité des représentations grammaticales de l'accord. L'enfant resterait bloqué à un stade de base où les formes inflexionnées d'accord et de temps ne seraient pas obligatoires ou alors, du fait d'une immaturité de leur système, omettrait ces formes pour produire des formes basiques ne pouvant prendre en considération qu'une seule caractéristique (Rice & Wexler, 1996 ; Wexler, Schutz & Rice, 1998).

Théorie de la complexité des structures syntaxiques

Contrairement aux explications précédentes, cette théorie explique les déficits en termes de difficultés de représentation des relations syntaxiques complexes plutôt qu'en termes d'absence ou d'immaturité des marques morphosyntaxiques en tant que telles. Autrement dit, les enfants avec TDL auraient des difficultés pour se construire des représentations sur les relations d'interdépendances complexes entre les composants d'une phrase (ex. un sujet et un verbe non adjacent) (Van der Lely, 1998 ; Van der Lely & Stollwerck, 1997). Elle s'applique à la production comme à la compréhension.

Cette théorie a ensuite été généralisée à l'ensemble des systèmes qui permettent la gestion hiérarchique des composants de la phrase aux niveaux syntaxique, mais aussi morphologique et phonologique (Van der Lely, 2005).

Théorie de l'assignation des rôles thématiques dans des structures non canoniques

Pour d'autres auteurs (ex. Friedman & Novogrodsky, 2006, 2007), les difficultés des enfants avec TDL viendraient du fait qu'ils ne seraient pas capables d'assigner des rôles thématiques aux éléments constitutifs de la phrase lorsque la structure de la phrase n'est pas linéaire. En effet, lorsque l'ordre des constituants de la phrase n'est pas canonique, il est nécessaire de mettre en place des processus non linéaires d'analyse. Les phrases réversibles sont un bon exemple de cette difficulté. La phrase « le bonbon que mange la fille » peut ainsi difficilement être comprise comme « la fille que mange le bonbon » pour des raisons sémantiques évidentes puisque le bonbon ne peut, conceptuellement, pas manger la fille. En revanche, dans « la fille que pousse le garçon », la fille ou le garçon peuvent tous deux être agents du verbe *pousser* et une analyse linéaire ne peut être compensée sémantiquement si les rôles thématiques ne sont pas pris en considération. Or, c'est principalement ce genre de phrases qui posent problème dans les TDL.

Comme la majorité des théories grammaticales, cette théorie explique un ensemble de difficultés morphosyntaxiques mais pas l'ensemble des difficultés des TDL.

2.3.1.6. Éléments de synthèses

Ces théories expliquent les difficultés en considérant qu'un module cognitif, spécifique aux aspects morphosyntaxiques, est déficitaire ou immature (autrement dit « domain specific »). Les difficultés rencontrées ne sont alors pas généralisables aux troubles phonologiques qui sont quasiment toujours présents dans les TDL, ni aux troubles lexicaux. Hormis pour la dernière proposition de Van der Lely, ces hypothèses, outre la faible population au sein des TDL dont elles rendraient compte, n'expliquent pas les difficultés concomitantes de phonologie ou de lexique souvent retrouvées dans cette population. Ces

théories pourraient uniquement expliquer les difficultés d'un sous-groupe de TDL qui ne présenterait et n'aurait présenté que des difficultés morphosyntaxiques.

Une seule théorie ne permet pas de tout expliquer (Parisse & Maillart, 2006).

2.3.2. Déficits des processus généraux

2.3.2.1. Introduction

Jusqu'à il y a peu de temps, cette pathologie était considérée comme spécifique au langage oral et à son développement toutefois, de nombreuses recherches et évidences cliniques font état d'altérations concomitantes non linguistiques au langage oral dans les TDL (ex. habiletés motrices, Bishop, 2002). Outre ces associations de troubles linguistiques et non linguistiques, fortuites ou non, il est donc apparu nécessaire d'élargir le champ des recherches à des processus explicatifs qui seraient plus généraux et qui pourraient rendre compte de ce qui est observé. Le terme de processus général fait référence au fait que ces processus peuvent toucher plusieurs domaines cognitifs, et pas exclusivement le langage, et sont donc couverts par des structures plus générales. Les hypothèses de déficit de la mémoire procédurale et celles de troubles des processus attentionnels et de contrôle viennent documenter ces aspects.

2.3.2.2. Mémoire procédurale

Comme cela a été évoqué pour le développement typique du langage oral, selon Ullman (2001), les systèmes de mémoires, procédurale et déclarative, sont affectés à des aspects spécifiques du langage. La mémoire déclarative est associée au stockage sous forme lexicale tandis que la mémoire procédurale est associée au stockage de règles pour les aspects réguliers (morphosyntaxique ou phonologique).

L'idée d'un déficit de mémoire procédurale, et des réseaux neuronaux qui la sous-tendent, est discutée pour appuyer le fait que l'enfant avec TDL peine à s'approprier les régularités de la langue. Celles-ci, il faut le rappeler, sont détectées majoritairement de manière implicite. Cette hypothèse expliquerait de surcroît les associations retrouvées entre troubles langagiers et non langagiers (ex. praxiques, mémoire de travail) sous-tendus par les réseaux neuronaux cortico-sous-corticaux.

Différentes études sont venues appuyer cette hypothèse. Le fait, par exemple, que les enfants avec TDL témoignent de difficultés à produire de nouveaux verbes réguliers et des sur-généralisations (-ed à la fin d'un verbe en anglais) va dans le sens de difficultés à acquérir ou à maîtriser les règles de suffixation verbales (cf. Ullman, 2001). Les enfants, en difficulté pour traiter les règles, seraient obligés de retenir les formes suffixées (ex. -ed en anglais) comme des formes lexicales (i.e. figées). Ces formes seraient mieux réussies lorsqu'elles sont plus fréquentes (ex. Van der Lely & Ullman, 1996). Selon Ullman & Pierpont

(2005), un système de compensation existerait d'ailleurs via la mémoire déclarative. Le fait également que l'enfant avec TDL présente des difficultés dans l'apprentissage de patterns (apprentissage de règles) mais moins dans l'apprentissage d'associations abstraites tend à confirmer le déficit procédural et l'intégrité du système déclaratif (Lum, Gelgic & Conti-Ramsden, 2010 ; Tomblin, Mainela-Arnold & Zhang, 2007).

Les difficultés d'apprentissage implicite de règles ne se limiteraient d'ailleurs pas exclusivement à du matériel linguistique (Evans, Saffran & Robe-Torres, 2009) avec notamment l'occurrence fréquente de TDL et de difficultés pour les séquences motrices d'une part et le lien établi d'autre part avec des altérations fronto-basales (Vargha-Khadem & al., 1998).

L'ensemble de ces résultats suggèrent un déficit du système procédural qui engendrerait des difficultés grammaticales ainsi que des difficultés motrices tandis que la mémoire déclarative resterait relativement intègre.

Cette hypothèse a l'avantage de pouvoir s'appliquer aux difficultés langagières d'ordre phonologique et morphosyntaxique et à une grande partie des profils observés dans les TDL. Elle présente aussi l'avantage de pouvoir expliquer la comorbidité fréquente des troubles langagiers et non langagiers et d'y associer des structures et circuits neuronaux en lien. Enfin, cette hypothèse paraît expliquer également les liens avec les troubles du langage écrit pouvant aussi répondre à cette logique des systèmes de mémoire procédurale et déclarative.

Néanmoins, toutes les études ne corroborent pas cette difficulté d'apprentissage de règles implicites générales (Mayor Dubois, 2010) et différents points nécessiteraient d'être précisés. Le lien avec les altérations couramment retrouvées au niveau du planum temporale (zone de traitement acoustique complexe et phonétique) ou encore les échanges entre les systèmes déclaratif et procédural et aussi avec la mémoire de travail sont à clarifier. Il serait aussi nécessaire d'explicitier les différentes étapes du traitement des règles et les étapes problématiques dans les TDL. Les observations cliniques mettent, en effet, en avant que l'apport explicite de la règle peut permettre, au moins pour une partie des enfants avec TDL, de recouvrer la compétence. Cet aspect suggère que seule la phase de perception et d'extraction de la séquence/règle serait problématique chez ces enfants. De plus, l'apprentissage d'une langue seconde qui bénéficie d'un enseignement explicite (contrairement à la langue native) semble poser moins de soucis d'acquisition au TDL.

2.3.2.3. Déficit des systèmes attentionnels et de contrôle

D'autres auteurs soutiennent que les capacités des systèmes de traitement généraux d'informations seraient réduites dans les TDL puisqu'il existe des difficultés même sur des tâches non verbales lorsque l'enfant doit tenir compte de plusieurs critères. Pour faire écho

aux travaux de Friedman & Miyake (2004), toute une série d'études converge actuellement sur l'importance d'identifier et de spécifier les processus de traitement et de contrôle, sous différents aspects, dans le langage et notamment dans les TDL (Bolter, Johnson & Pascual-Leone, 2006 ; Spaulding, Plante & Vance, 2008 ; Spaulding, 2010). L'ensemble des processus relatifs aux fonctions attentionnelles et de contrôle font référence aux habiletés générales mises en œuvre.

Un ensemble de processus en lien avec les systèmes attentionnels et de contrôle ont en effet été incriminés dans les TDL. Il a ainsi pu être mis en évidence des troubles dits de mémoire de travail (ex. Isaki, Spaulding & Plante, 2008 ; Marton & Schwartz, 2003) faisant référence au fonctionnement de l'administrateur central et des troubles d'attention (Finneran, Francis & Leonard, 2009 ; Spaulding, Plante & Vance, 2008), des problèmes d'inhibition (Bishop & Norbury, 2005 ; Im-Bolter, Johnson & Pascual-Leone, 2006), des temps de réactions diminués (Leonard, Weismer, Miller, Francis, Tomblin & Kail, 2007), des troubles dans la gestion d'une double tâche¹¹ (Archibald & Gathercole, 2007).

Cette dernière hypothèse permet d'expliquer la plupart des troubles, linguistiques et non linguistiques, autour des TDL. Elle n'en reste pas moins à développer. Les chapitres 2 et 3 viendront spécifier davantage les considérations théoriques relatives aux processus attentionnels et de contrôle, et, davantage en lien avec la problématique de cette thèse sur l'inhibition, ils présenteront plus en détail les processus inhibiteurs et les liens établis ou potentiels entre processus d'inhibition et développement du langage typique ou pathologique.

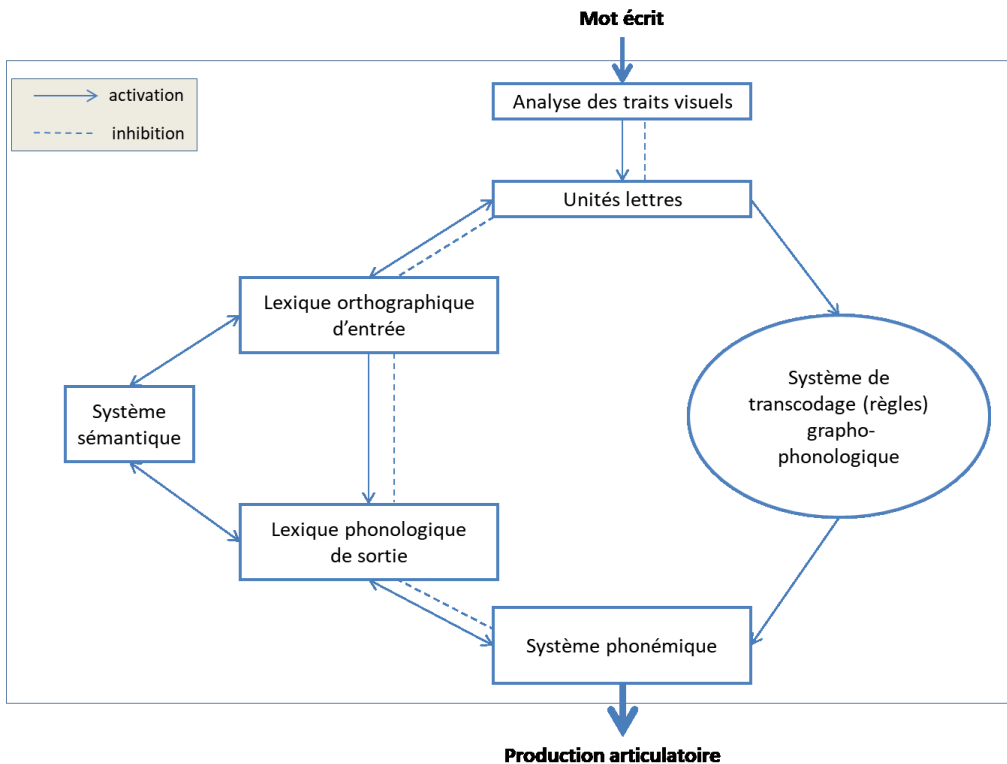
3. LIEN LANGAGE ORAL-LANGAGE ECRIT, PREDICTEURS DU DECHIFFRAGE EN LECTURE

3.1. Introduction

Un ensemble de travaux conséquents chez l'enfant et l'adulte ont permis l'élaboration de modèles de la lecture et d'écriture de mots isolés. Sans entrer dans le détail des modélisations du langage écrit, il est communément admis que la lecture et l'écriture de mots s'opèrent selon deux voies ou stratégies (ex. Colheart & Raskle, 1994) (Figure 3).

¹¹ Une double tâche se définit comme la gestion conjointe de deux tâches au cours d'un traitement simultané. Écouter le professeur tout en écrivant constitue une double tâche par exemple. La gestion de double tâche requiert de devoir prioriser les informations afin de pouvoir les traiter, supprimer ce qui n'est pas important, différer, porter attention à ce qui est le plus important, synthétiser l'ensemble afin d'aboutir au résultat. La gestion de doubles tâches est particulièrement utilisée pour tester l'administrateur central mais il est possible de voir combien cette gestion est complexe et implique des sous-processus. Même si les études s'intéressent au produit final de la tâche et non aux sous processus, ces résultats sont intéressants et suggèrent de se pencher davantage là-dessus.

Figure 3. Traduction du modèle de lecture à deux voies de Coltheart & Rastle (1994).



- La voie d'assemblage permet les conversions entre graphèmes et phonèmes et assemblent ensuite les composants pour fournir une représentation phonologique de sortie. Cette voie permet principalement de lire ou écrire des mots non fréquents, non connus, ou des pseudomots (ex. cradilou) en utilisant un ensemble de règles de conversion phono-graphémiques apprises. Elle requiert l'utilisation de la mémoire procédurale. C'est la voie de référence utilisée en début d'apprentissage puisque l'enfant ne dispose initialement que de peu de représentations orthographiques (i.e. images mentales de mots écrits) et que celle-ci lui permet de décoder la majeure partie des mots, pourvu qu'ils soient réguliers.
- La voie d'adressage permet d'avoir directement accès à une forme plus globale d'un mot (parties ou totalité), pourvu que celle-ci ait déjà été stockée en mémoire. Elle permet principalement la lecture de mots familiers et la lecture de mots irréguliers (ex. femme ou monsieur) qui ne peuvent être lus correctement que par cette voie. Lorsque les mots ont été présentés plusieurs fois (décodés ou transcrits, seul par déduction mentale ou avec l'aide d'un apprenant), ils sont stockés dans un lexique

orthographique en mémoire déclarative. Cette voie permet d'appréhender rapidement les mots connus, ce qui en fait la voie de référence du lecteur habile.

La lecture et l'écriture dans un système alphabétique suppose ainsi la connaissance du code phonologique et sa manipulation (perception, analyse du signal, décomposition du signal, catégorisation des différentes parties du signal, transcodage), la connaissance du code graphémique, la mémorisation et la récupération des associations stockées entre graphèmes et phonèmes mais aussi la mémorisation de formes plus globales permettant un accès plus rapide aux mots. Elle supposera aussi, par exemple, de conférer du sens aux mots, de les mettre en relation, de respecter l'organisation morphosyntaxique, de faire des inférences. Les difficultés relatives au langage écrit pourront donc faire référence soit à des difficultés de déchiffrage (capacités des deux voies), soit à des compétences relatives à la compréhension de manière plus générale (ex. connaissances lexicales, capacités d'inférence, capacités de mémorisation). Ce travail se porte essentiellement sur le déchiffrage et sur les liens entre langage oral et langage écrit.

3.2. Liens langage oral-langage écrit-déchiffrage

Chacun des deux systèmes, oral ou écrit, possède des spécificités¹² mais un recouvrement indéniable est nécessaire compte tenu de l'organisation réciproque des deux systèmes. Autrement dit, un enfant qui ne possède pas le code phonologique peut difficilement le retranscrire efficacement et une connaissance du code écrit permet en retour de spécifier les représentations phonologiques et donc certainement les représentations lexicales des mots.

Le lien langage oral-langage écrit est donc un aspect évident puisqu'il existe des translations réciproques de l'un vers l'autre. En premier lieu, notre système écrit repose sur les correspondances phono-graphémiques. Ceci implique d'emblée que l'efficacité du traitement des sons (de l'oral) est un préalable pour pouvoir transcrire les phonèmes en graphèmes. Mais il existe aussi différents liens avec le lexique, la morphosyntaxe ou encore avec les systèmes de mémoire.

¹² Le langage oral est plus fluide et comporte des variations sonores plus importantes (variations phonétiques mais aussi intonation qui confère des niveaux de langage différents). Le langage écrit en revanche est plus complexe en morphosyntaxe ou encore comporte des marqueurs non visibles à l'oral, certaines lettres muettes témoignent par exemple de l'étymologie du mot (ex. science/scientia : connaissance en latin) ou marquent le nombre ou les accords (ex. il pense/ils pensent) (Schelstraete, 2012)

Les exemples les plus flagrants de liens entre langage oral et langage écrit sont ceux en lien avec des pathologies affectant le langage oral. Ils renseignent sur l'implication d'une défaillance du code oral sur le code écrit. Les parties suivantes présenteront les prédicteurs du langage écrit couramment admis puis les liens entre TDL et l'acquisition du langage écrit.

3.3. Prédicteurs du langage écrit

Différentes hypothèses ont été évoquées pour expliquer l'acquisition du langage écrit et notamment celle suggérant le lien langage oral-langage écrit. Parmi les hypothèses les plus couramment examinées, une large part est faite à la théorie des représentations phonologiques (dénomination rapide, mémoire phonologique à court terme, analyse phonémique) avec la connaissance du son des lettres. Ces hypothèses semblent plutôt robustes. Parmi les autres variables qui influencent le développement du langage écrit, et bien qu'il ne soit pas d'ordre cognitif, mentionnons rapidement qu'un bon niveau d'éducation de la mère apparaît être un facteur protecteur pour le développement du langage (Catts, Fey, Zhang & Tomblin, 2001). De même, des influences génétiques et biologiques (qui ne seront pas développées pas ici) sont engagées dans les processus liés à l'acquisition du langage écrit.

Enfin, différents travaux plaident également en faveur de l'implication de processus de plus ou moins haut niveau et plus ou moins spécifiques tels que les capacités perceptives ou les capacités de ségrégation.

3.3.1. L'hypothèse phonologique

Un ensemble de travaux a exploré l'impact de performances liées à l'acquisition du langage écrit à savoir les performances relatives aux habiletés phonologiques, à la métaphonologie (ou conscience phonologique), à la dénomination rapide automatisée et à la mémoire phonologique à court terme.

3.3.1.1. Dénomination rapide automatisée¹³

La vitesse de dénomination sur mots fréquents connus serait principalement corrélée aux performances en fluidité de lecture (Serry, Rose & Liamputtong, 2008). Différents travaux

¹³ La dénomination rapide automatisée (ou automatisation des réponses verbales aux stimuli visuels simples et répétitifs) fait référence aux capacités qu'a un sujet à avoir rapidement accès au code phonologique d'un mot. Elle est principalement testée dans des tâches de fluence phonémique ou sémantique (dire le maximum de mots possible, commençant par un phonème ou un thème donné, en un temps imparti) ou encore par la dénomination d'éléments fréquents du lexique (ex. formes, couleurs) en présentation discrète ou en matrice.

attestent ainsi de liens prédictifs avec la lecture. Par exemple, Vandewalle, Boets, Ghesquière & Zink (2010) ont pu montrer que les performances en dénomination rapide mesurées en maternelle permettent de différencier les bons et mauvais lecteurs en 1^{ère} année d'apprentissage chez des enfants avec TDL. Des corrélations entre dyslexie et déficit en dénomination rapide automatisée ont été retrouvées et les résultats permettent de différencier les dyslexiques des normo-lecteurs mais aussi les dyslexiques des autres troubles d'apprentissage.

Le terme dyslexie réfère à des troubles significatifs de la lecture affectant l'identification des mots écrits. Les difficultés d'acquisition du langage écrit peuvent affecter l'assemblage des conversions grapho-phonologiques (i.e. assemblage) ou la reconnaissance de tout ou partie de mots écrit (i.e. « adressage ») en terme de vitesse ou d'adéquation des réponses. Notons que la compréhension de mot ou de texte peut également être affectée mais que les troubles de la compréhension reflètent des processus non exclusivement liés au déchiffrement (tel que le lexique par exemple ou les capacités d'inférence).

Dans tous les cas, une absence de difficultés en dénomination rapide constituerait un élément favorable au pronostic lorsqu'un enfant présente des difficultés de langage écrit (Meyer, Wood, Hart & Felton, 1998). Un bémol est à apporter concernant l'existence potentielle de troubles oculo-moteurs attentionnels ou de l'inhibition qui pourraient, selon la modalité des tests utilisés par exemple, impacter les performances.

3.3.1.2. Phonologie et conscience phonologique

Comme cela a été évoqué précédemment, les systèmes écrits répondant au principe phonographémique supposent de bénéficier d'une bonne intégrité des représentations phonologiques mais aussi de pouvoir manipuler les constituants de la langue orale (ex. phonèmes, syllabes) afin de pouvoir en avoir des équivalents écrits. Deux aspects, la phonologie et la métaphonologie, ont fait l'objet de nombreux travaux quant à leur implication dans le langage oral et écrit, ce qui fait de l'hypothèse phonologique un point commun incontestable entre langage oral et langage écrit.

La phonologie correspond aux représentations mentales des sons d'une langue tandis que la métaphonologie, ou conscience phonologique, correspond à la sensibilité et aux capacités à appréhender les constituants sonores d'une langue et à les manipuler.

Différents travaux pointent le lien entre déficit des représentations phonologiques mais aussi des capacités de manipulation du code phonologique (ex. sensibilité aux rimes, génération de rimes, découpages syllabique ou phonémique) (ex. Messaoud-Galusi & Marshall, 2010 ; Snowling, 2005). À la différence de la dénomination rapide automatisée qui est principalement liée à la fluidité de lecture, la conscience phonologique est quant à elle

davantage à mettre en lien avec l'exactitude de lecture (Elbro & Scarborough, 2004). Les capacités métaphonologiques, évaluées avant l'entrée en primaire, sont un prédicteur fiable du développement ultérieur du langage écrit (ex. Lundberg, Olofsson & Walls, 1980 ; Caravolas, Hulme & Snowling, 2001). Des difficultés d'analyse phonologique constituent ainsi un signe d'alerte fiable et le plus robuste pour de futurs troubles de l'écrit (Melby-Lervåg, Lyster & Hulme, 2012). Néanmoins, le pouvoir explicatif de la conscience phonologique diminue avec l'âge (Ouellette & Beers, 2010) et est essentiellement valable pour le début de l'apprentissage de l'écrit pour la voie phonologique (37.9 % de variance expliquée). Il est aussi à noter qu'un entraînement de ces capacités serait garant d'un meilleur apprentissage ultérieur en langage écrit (ex. Blachman, Ball, Black & Tangel, 1994).

3.3.1.3. Mémoire phonologique à court terme (MPCT)

A l'instar des travaux en langage oral, l'hypothèse relative à de moindres capacités de mémoire phonologique à court terme dans les difficultés de langage écrit est aussi largement étudiée. Le modèle de Baddeley (2000) sert souvent de référence dans ce cadre. Dans ce modèle (présenté précédemment), le stockage à court terme d'informations verbales est relayé par l'administrateur central et par la boucle phonologique. La boucle phonologique (avec la récapitulation articulatoire et le stock phonologique) emmagasine et rafraîchit les informations verbales pendant que l'administrateur central sélectionne, met à jour les informations, coordonne les informations entre elles ou en lien avec la mémoire à plus long terme (assurant l'encodage mnésique de données nouvelles ou les liens avec les informations précédemment traitées). L'ensemble permet le stockage et le traitement des informations phonologiques lors du décodage séquentiel et de la synthèse phonémique effectuée par la voie d'assemblage ainsi que le maintien des informations pendant l'articulation ou la subvocalisation du texte lu.

De nombreux travaux sur l'implication de la boucle phonologique ont pu montrer que les performances dans les tâches testant celle-ci¹⁴ permettent de prédire de manière robuste le développement ultérieur en langage écrit (ex. Serry, Rose & Liamputtong, 2008 ; Gathercole & Baddeley, 1993). Les performances en répétition de pseudomots (matériel verbal n'impliquant pas les représentations lexicales) prédisent ainsi, sur plusieurs années, les performances de déchiffrage en lecture (ex. Gathercole & Baddeley, 1993 ; Poncelet, 1999).

¹⁴ La boucle phonologique est évaluée avec des tâches des emplacements, sur matériel verbal, faisant varier la longueur ou la similarité phonologique, qui impliquent exclusivement la mémorisation et la restitution immédiate, dans l'ordre, d'une séquence verbale croissante tandis que l'administrateur central l'est avec des tâches de mise à jour qui impliquent de stocker des informations verbales mais surtout d'opérer un traitement cognitif sur celles-ci.

3.3.1.4. Éléments de conclusion concernant l'hypothèse phonologique

Outre les études qui viennent documenter l'hypothèse phonologique, l'étude de Fraser, Goswami & Comti-Ramsden (2009) montre que les enfants (9-11 ans) avec trouble d'acquisition de l'écrit présentent des difficultés dans toutes les tâches en lien avec l'hypothèse phonologique (métaphonologie, phonologie, MPCT) en plus de difficultés de traitement auditif temporel. L'hypothèse phonologique est donc actuellement un élément prépondérant dans l'explication de l'acquisition du langage écrit et de ses troubles. Néanmoins, d'autres pistes sont également investiguées pour expliquer l'acquisition du langage écrit et ses troubles et celles-ci seront développées dans les chapitres suivants.

3.3.2. Analyses perceptive, perceptuelle et ségrégation dans le bruit

Différents travaux, à l'image des travaux en langage oral, montrent une fois encore que les capacités perceptives et perceptuelles de plus ou moins haut niveau permettent de prédire l'existence de difficultés de langage écrit.

Les capacités de perception de la parole chez le bébé, mesurées par des potentiels évoqués en réponse à des syllabes, permettent de prédire ultérieurement les faibles lecteurs (Molfese, 2000). Des résultats allant dans ce sens chez les plus grands ont également été retrouvés avec des difficultés de traitement temporel (ex. Fraser, Goswami & Comti-Ramsden, 2009). Ces auteurs, de la même manière et comme souligné précédemment, ont retrouvé des difficultés dans les tâches portant sur le traitement temporel auditif chez des enfants plus âgés (9-11 ans) porteurs de dyslexie. Cependant, toutes les études ne semblent pas mettre en évidence ce lien. Les enfants avec trouble du langage oral qui présentent de surcroît des difficultés de perception catégorielle ou de traitement de la parole dans le bruit, présentent davantage de difficultés de lecture sans toutefois présenter des performances atypiques pour le traitement auditif temporel (ex. Vandewalle, Boets, Ghesquière & Zink, 2012).

En revanche, les travaux chez l'adulte dyslexique ont pu montrer des performances moindres à identifier de la parole dans le bruit (cocktail party) dans le groupe de jeunes adultes dyslexiques comparativement au groupe contrôle sans dyslexie (Grataloup, 2007).

3.3.3. Connaissance des lettres

La connaissance des lettres est un élément modulant positivement l'expression des troubles de l'écrit. Catts, Compton, Tomblin & Sittner Bridge (2012) ont ainsi pu mettre en évidence que la bonne connaissance des lettres chez des enfants en enfantine permettait de distinguer bons et faibles décodeurs en primaire.

3.3.4. Prédicteurs lexicaux, morphologiques, narratifs et sémantiques

Bien que le rôle des variables précitées, et notamment celui de la métaphonologie, ait largement impacté le champ de l'apprentissage du langage écrit, différents travaux soulèvent l'impact de variables telles que le lexique, la syntaxe ou encore le QI non verbal sur le langage écrit (ex. Schelstraete, 2012 ; Scarborough, 2005 ; Arnback & Elbro, 2000 ; Muter, Hulme, Snowling & Steveson, 2004).

Schelstraete, dans sa revue de la littérature sur les prédicteurs du langage écrit, mentionne notamment la méta-analyse de Scarborough (2005) qui reprend un ensemble de 61 études sur le rôle des variables non phonologiques. Cette méta-analyse souligne le rôle du vocabulaire expressif et réceptif dans l'identification de mots écrits. Après contrôle de la métaphonologie, les scores d'identification de mots sont en effet prédits significativement en partie par les mesures de vocabulaire.

Le lexique influence les deux voies de lecture et deux aspects peuvent être intéressants à considérer. Ouellette & Beer (2010) ont ainsi montré que l'étendue mais aussi la précision du lexique influaient différemment les deux voies de lecture, et ceci de manière variable selon le niveau scolaire. Les auteurs ont testé des enfants de 1^{ère} année d'apprentissage obligatoire et des enfants entrant au cycle sur des tâches de conscience phonologique et des tâches de lecture (pseudomots, mots irréguliers et compréhension). L'étendue du lexique prédit la compréhension, la lecture de pseudomots (voie phonologique) et la lecture de mots irréguliers (voie d'adressage) au cycle, tandis que la précision du lexique (définition) prédit les performances pour la lecture de mots irréguliers en début d'apprentissage (1^{ère} année).

Un bon niveau de lexique apparaît ainsi être un facteur favorable pour l'entrée dans l'écrit. Disposer d'un registre lexical conséquent permet notamment de reconnaître les mots même lorsque le déchiffrage n'est pas optimal (stratégie palliative). De plus, comme souligné par Colé, Casalis, Gutiérrez, Leybart, Schelstraete & Sprenger-Charolles (2012), selon la théorie de restructuration lexicale (Metsala, 1998 ; Walley, Metsala & Garlock, 2003), disposer d'un meilleur lexique permettrait aussi d'affiner les représentations phonologiques et donc, en retour, pourrait dynamiser la conscience phonologique. Lorsque le lexique augmente et que des voisins phonologiques apparaissent (ex. bain/pain) l'enfant est obligé de restructurer son registre phonémique afin de pouvoir prendre en compte les distinctions lexico-sémantiques.

De surcroît, de bonnes compétences syntaxiques permettent aussi de prédire une part de la variance en langage écrit (Scarborough, 1991) en plus du QI (Peterson, Pennington, Shriberg & Boada, 2009). Catts, Compton, Tomblin & Sittner Bridge (2012) ont pu mettre en évidence que la présence, en enfance, de troubles cognitifs (faible QI non verbal), de troubles de la compréhension verbale ou non verbale ou la combinaison des deux permettait de

différencier, en primaire, les enfants présentant des difficultés de compréhension en lecture de ceux qui n'en présentent pas. En ce qui concerne la lecture de mots, ce sont davantage le lexique réceptif, les capacités narratives et la connaissance des lettres qui permettent la différenciation entre bons et faibles décodeurs.

Le modèle de Bishop & Snowling (2004) (extension du modèle de Seidenberg & al.) stipule d'ailleurs que les représentations phonologiques et orthographiques seraient en interrelations avec les capacités morphosyntaxiques et les capacités discursives via le système sémantique.

Une bonne syntaxe, un bon lexique, de bonnes capacités discursives et sémantiques ou encore un meilleur QI auraient donc un rôle modérateur dans les difficultés de langage écrit.

3.4. TDL et langage écrit

3.4.1. Imbrication TDL et difficultés de lecture

Chez l'enfant avec TDL, il a pu être montré un certain nombre de difficultés en langage écrit attestant de l'influence des processus relatifs au langage oral sur le langage écrit. Le cas des enfants avec TDL est donc une source intéressante pour la compréhension du langage écrit mais aussi dans l'explication des zones de recouvrement entre langage oral et écrit.

Schelstraete (2012) souligne trois cas de figure couramment observés quant à l'imbrication de difficultés de langage oral et de langage écrit chez l'enfant avec retard ou trouble du langage oral :

- le langage oral peut sembler se normaliser mais des difficultés de reconnaissance de mots peuvent apparaître dès le début de l'apprentissage du langage écrit ;
- les troubles de langage oral persistent et des difficultés de langage écrit sont présentes dès le début de l'apprentissage du langage écrit ;
- les troubles de langage oral persistent et les difficultés de langage écrit apparaissent plus tardivement.

Environ 50 % d'enfants présenteraient à la fois de faibles performances en langage oral et en langage écrit (McArthur, Hogben, Edwards, Heath & Mengler, 2000), ce qui montre à la fois un recouvrement important mais aussi une relative indépendance entre l'écrit et l'oral.

3.4.2. Variables pour expliquer l'imbrication des troubles du développement du langage (TDL) et les difficultés d'acquisition de la lecture

Au sein des travaux sur le langage écrit et le langage oral un ensemble de variables sont discutées pour expliquer les troubles pris isolément. Toutefois un grand nombre de variables explicatives sont communes au développement et aux pathologies du langage oral et écrit. Certains travaux incitent à se porter sur la continuité entre les troubles de l'oral débouchant sur des troubles de l'écrit, tandis que d'autres s'attardent davantage à étudier la zone de recouvrement (de l'ordre de 53 % entre TDL et dyslexie selon McArthur & al., 2000) et les zones de spécificité TDL.

Comme souligné précédemment, une des caractéristiques principales de TDL est une altération du traitement phonologique. Or, le traitement phonologique et la conscience phonologique sont des compétences essentielles pour pouvoir s'inscrire dans un système écrit alphabétique basé sur les correspondances graphèmes-phonèmes. La continuité entre difficultés de langage oral (TDL ou late talkers) et trouble de l'écrit n'est toutefois pas linéaire. Elle semble davantage liée à la conjonction de processus ou à la gravité de l'altération de certains mécanismes prédisposant à des difficultés de l'écrit. Parmi les éléments déterminants on retrouve en effet la présence d'un TDL (ou d'un retard de langage même résorbé) mais aussi la sévérité du TDL (l'enfant peinant davantage à compenser un mauvais décodage par sa compétence lexicale ou morphosyntaxique ou encore en raison de sa faible compétence phonologique), un faible QI (l'enfant pouvant moins recourir à des stratégies de déduction par exemple). L'ensemble s'intègre dans un profil d'évolution pouvant être variable notamment en fonction des compétences exigées pour le niveau scolaire, la compréhension de texte au cycle ne recrutant pas, par exemple, les mêmes compétences que le déchiffrage en lecture en début de primaire. Les difficultés pouvant, en d'autres termes, se manifester lorsque les exigences s'accroissent et que l'enfant atteint ses limites.

Le recouvrement, l'intensité des troubles et leurs répercussions semblent s'expliquer par différentes variables telles qu'un faible QI, une sévérité du TDL ou une exigence qui s'accroît à mesure de la progression dans le système scolaire.

Persistance du trouble et faible QI

Différents chercheurs ont étudié longitudinalement les performances d'enfants avec retard ou troubles du langage oral, de 4 à 17 ans, en langages oral et écrit. Ils ont pu montrer que les difficultés en reconnaissance de mots écrits étaient plus importantes si les TDL étaient encore présents (objectivables) et si le QI était plus faible (proportion des enfants avec trouble du langage non spécifique) (Snowling & al., 2000 ; Stothard Snowling Bishop, Chipchase & Kaplan, 1998). Ces difficultés reflètent très certainement, d'un point de vue

clinique, le manque de stratégies de compensations lexicales ou morphosyntaxiques ou la capacité à mettre des stratégies de compensations en place.

Sévérité des TDL

Une autre donnée importante à prendre en compte, en plus de la persistance du trouble de langage oral, est celle du profil du trouble. Simkin & Conti-Ramsden (2006), dans un groupe d'enfants avec TDL à 7-8 ans, ont montré que la proportion d'enfants présentant des difficultés d'identification de mots à 11 ans était plus importante selon que le TDL touchait la compréhension et l'expression (68.1 %) puis, l'expression uniquement (60 %) et enfin s'il était « résorbé » (18 %).

Ce dernier point est d'ailleurs intéressant puisque, même si le TDL est d'apparence résorbé, la proportion d'enfants à risque pour l'acquisition du langage écrit reste importante. Rescorla (2002) montre de la même manière que les « late-talker » (i.e. enfant ayant parlé plus tard et plus difficilement que la norme) présentent des scores significativement inférieurs en identification de mots écrit à 9 ans. Les enfants avec « TDL résorbés » tout comme les « late-talker » présentent donc aussi plus de risques que les enfants tout-venant.

Difficultés dans le temps, périodes critiques

Même si les enfants avec TDL ne présentent pas d'emblée des difficultés lors de l'entrée dans l'écrit, les données témoignent d'une fragilité et de difficultés pouvant apparaître ultérieurement. Des données de l'ordre de 13 à 33 % semblent ainsi montrer qu'alors que les scores des enfants avec TDL sont corrects en langage écrit (reconnaissance, production ou compréhension de mots) en 2^{ème} ou 3^{ème} année d'apprentissage, les scores chutent en langage écrit en 4^{ème} ou 5^{ème} année (Catts, Compton, Tomblin & Bridges, 2012 ; Leach, Scarborough & Rescorla, 2003). Des données rapportent également une chute des performances en langage écrit entre la 4^{ème} et la 8^{ème} année (Snowling, Bishop & Stothard, 2000). Parmi les hypothèses avancées pour expliquer la diminution tardive des performances, la plus grande complexité du matériel à traiter, le manque d'entraînement en raison d'une pratique laborieuse ou l'insuffisance des stratégies d'apprentissage par cœur (suffisantes au début mais plus ensuite) ont été évoqués. Selon que les enfants sont pris en charge en thérapie logopédique, il se pourrait aussi que les règles de conversions soient introduites précocement pour faciliter l'accès aux représentations phonologiques et au langage oral mais qu'en raison de processus cognitifs inefficients ils soient rattrapés ultérieurement par leurs difficultés. Cet aspect reste à documenter.

Des différences dans les profils semblent présentes. D'une part, ces enfants montreraient des faiblesses au niveau du QI non verbal, de la morphosyntaxe ou encore en conscience phonologique ce qui constituerait des facteurs de risque. Chez certains enfants, dont les difficultés d'identification de mots écrits n'arrivent que plus tard, certains aspects ont été

rapportés comme facteurs de protection. La présence d'un bon lexique, de bonnes capacités narratives ou d'une bonne connaissance des lettres permettraient ainsi de retarder l'apparition des difficultés d'acquisition de langage écrit. Ces facteurs de protection seront détaillés plus loin.

Il existe un lien indéniable entre langage oral et écrit en raison de caractéristiques communes évidentes. L'étude des liens langage oral-langage écrit vu sous le prisme des pathologies du langage oral renseigne aussi sur l'impact d'un trouble du langage oral dans la construction du langage écrit. La question est donc de savoir si des prédicteurs communs sous-jacents au langage oral et écrit peuvent être mis en évidence pour expliquer le recouvrement des difficultés de langage oral et de langage écrit, au moins chez certains enfants. Les parties qui suivront présenteront les prédicteurs du langage écrit actuellement mis en exergue puis quelques conceptions reflétant les modélisations du lien langage oral et langage écrit.

En outre, Vandewalle & al. (Vandewalle, 2012 ; Vandewalle, Boets, Ghesquière & Zink, 2010 & 2012) ont étudié l'influence de la dénomination rapide et de la perception de la parole dans le bruit dans l'identification des enfants TDL à risque de difficultés en langage écrit. Ces auteurs ont divisé en deux groupes des enfants avec TDL identifiés en fin d'enfance, selon qu'ils présentaient ou non des difficultés de langage écrit en 1^{ère} année d'apprentissage de l'écrit. Ils ont évalué les traitements auditifs temporels, la perception de la parole, la conscience phonologique, la mémoire phonologique à court terme, la dénomination rapide et enfin, le langage. Dans les deux groupes, des difficultés de MPCT et de conscience phonologique étaient présents, tandis que les performances des traitements auditifs temporels étaient adéquates. Toutefois, les variables permettant de différencier le mieux le groupe TDL-TLE des TDL sans difficultés de langage écrit étaient les performances en dénomination rapide (accès rapide aux représentations phonologiques) et celles de perception de la parole dans le bruit (mais celles des traitements temporels auditifs).

En définitive, les performances en dénomination rapide automatisée (accès rapide aux représentations phonologiques) et les variables de perception de la parole dans le bruit sont les variables le plus à même de prédire la comorbidité entre TDL et difficulté d'acquisition du langage écrit (et non les compétences phonologiques, de mémoire de travail ou encore le traitement auditif temporel).

Fraser, Goswami & Comti-Ramsden (2010) ont comparé les performances d'enfants de 9 à 11 ans présentant soit une dyslexie soit un TDL dans des tâches liées aux habiletés phonologiques (sensibilité aux rimes, génération de rimes, habiletés phonémiques, mémoire phonologique à court terme), des tâches liées aux processus auditifs (traitement temporel et traitement de l'intensité), et enfin des tâches linguistiques non phonologiques

(vocabulaire, morphologie, syntaxe). Les auteurs ont pu montrer que les enfants présentant une dyslexie présentaient de faibles performances dans toutes les tâches phonologiques et avaient significativement de moins bonnes performances dans les tâches de traitement auditif temporel. Les enfants avec TDL, quant à eux, présentaient des difficultés significatives pour les tâches phonologiques et linguistiques non phonologiques mais pas dans le traitement temporel. Enfin, le groupe TDL avec dyslexie présentait des difficultés pour les tâches phonologiques et non phonologiques ainsi que pour les traitements auditifs.

Ces études montrent bien le recouvrement en terme d'altération de processus communs (ex. ségrégation de la parole dans le bruit) sans toutefois que toutes les compétences semblent entrer de la même manière en jeu dans le TDL ou dans les phénomènes de comorbidité.

3.5. Vers une modélisation du lien langage oral-langage écrit

Les dyslexies pures comme les TDL purs existent, mais le recouvrement entre ces deux pathologies est fréquent (Ramus, Marshall, Rosen & Van der Lely, 2013 ; McArthur & al., 2000). L'altération des processus phonologiques (habiletés métaphonologiques et représentations phonologiques) est un point commun aux travaux sur les modélisations de ce lien. Toutefois, comme cela vient d'être vu, un ensemble de travaux met en exergue l'implication de mécanismes non phonologiques (ex. lexique, grammaire, capacités narratives) pouvant sous-tendre à la fois langage oral et écrit. Certains permettent d'expliquer les différences de profils des pathologies de l'oral et de l'écrit et aussi le recouvrement de ces deux pathologies (Ramus & al., 2013).

Catts, Hogan & Ellis Weismer (2005) ont présenté trois modèles en fonction de différents travaux.

- Le **modèle de comorbidité liée au hasard** stipule que la présence commune d'une dyslexie et d'un TDL chez un même sujet serait une simple coïncidence. La dyslexie serait essentiellement due à un trouble phonologique alors que les TDL seraient liés à d'autres déficits. Le fort taux de cooccurrence excluant le hasard et l'existence de trouble en lien avec l'hypothèse phonologique dans la dyslexie comme dans les TDL remettent en question cette hypothèse.
- Le **modèle de sévérité** suggère l'existence d'une relation causale entre un trouble phonologique et dyslexie ou TDL mais avec une sévérité plus importante dans les TDL. Ce trouble phonologique s'exprimerait alors plus tôt et aurait une répercussion plus globale dans les TDL (Kamhi & Catts, 1986). Selon cette hypothèse, les troubles phonologiques devraient donc être systématiquement présents et de même nature dans l'un et l'autre trouble et plus importants dans les TDL que dans les dyslexies. Ce

qui n'est pas toujours observé. De plus, tous les TDL devraient évoluer vers une dyslexie ce qui n'est pas le cas.

- Le **modèle des déficits additionnels** suggère que dans les TDL et dans la dyslexie il existe des troubles phonologiques mais que les TDL présentent des déficits surajoutés (ex. Bishop & Snowling, 2004). Tout comme dans le modèle de sévérité, tous les TDL devraient évoluer vers une dyslexie et, de surcroît, les autres troubles ne devraient pas être présents dans la dyslexie. De plus cela supposerait, à l'instar de l'hypothèse de sévérité, que les troubles phonologiques soient de la même nature dans les TDL et dans la dyslexie mais un certain nombre de travaux tendent à montrer qu'il n'en est pas ainsi (ex. Marshall & Van der Lely, 2010 ; Ramus, Marshall, Rosen, Heather & Van der Lely, 2013).

Schelstrate (2012) cite également le modèle de Pennington (2006) et Pennington & Bishop (2009) allant dans le sens de déficits multiples modulés par certains facteurs protecteurs.

- Le **modèle des déficits multiples** dans les deux pathologies suppose que TDL et dyslexies dépendraient de facteurs de risque et de facteurs de protection. La présence ou l'absence de ces facteurs modèleraient l'expression de ces pathologies et orienteraient le recouvrement de celles-ci. Ces facteurs pourraient être d'origine génétique, cognitive ou environnementale (Pennington, 2006, Pennington & Bishop, 2009).

La nature des troubles phonologiques dans les TDL et la DL, la présence systématique de troubles phonologiques et leur nature possiblement différente, la relation causale entre troubles phonologiques et TDL ou dyslexie, le recouvrement des deux pathologies et l'indépendance aussi de ces deux pathologies sont des problématiques qui questionnent encore la modélisation des liens langage oral-langage écrit et donc la compréhension des prédicteurs du langage écrit.

Ramus (2004) a proposé un modèle explicatif des dyslexies qui tend à relier le niveau biologique (facteurs de risque génétique, anomalies cérébrales), le niveau cognitif (faiblesses en lien avec l'hypothèse phonologique), le niveau comportemental (mécanismes altérés de la lecture et d'autres domaines). Ce modèle a l'avantage d'explicitier davantage les liens entre les trois niveaux d'observation (biologique, cognitif, comportemental) et rend compte des déficits comportementaux multiples observables dans la dyslexie n'affectant pas seulement la lecture en soi mais aussi la faiblesse de la mémoire phonologique à court terme ou de l'accès lexical, lesquels peuvent être des déficits communs à d'autres pathologies tels que les TDL. Ce modèle ne détaille cependant pas les liens avec les TDL ni avec d'autres déficits souvent associés.

En revanche, Ramus, Marshall, Rosen, Heather & Van der Lely (2013) ont tenté de savoir quel modèle correspondait davantage à la réalité du chevauchement entre TDL et dyslexie. Ils ont comparé quatre groupes d'enfants : sans déficit/groupe contrôle (5 à 12 ans, n = 65), avec TDL isolé (8-12 ans ; n = 13), avec dyslexie isolée (DL) (8-12ans ; n = 21), avec TDL et dyslexie (8-12 ans ; n = 30). Une batterie d'épreuves évaluant les habiletés psychométriques, la phonologie et la métaphonologie, la prosodie, la morphosyntaxe, le lexique ont été administrées aux enfants. Le Tableau (1) présente les prédictions selon le modèle considéré.

Tableau 1. Modèles explicatifs des liens TDL –dyslexie et leurs prédictions.

Modèles	Prédictions
Modèle de la sévérité	- Tous les enfants avec TDL ont une dyslexie - Les enfants avec TDL isolé n'existent pas - Un seul facteur explicatif doit rendre compte des difficultés (ou s'il y en a plus ce sont des facteurs additionnels qui ne sont pas pertinents pour différencier les deux groupes - TDL isolé, dyslexie isolée et GC peuvent se différencier par des performances différentes le long du continuum de ce seul facteur explicatif
Modèle des déficits additionnels	- Enfants avec TDL doivent également présenter une dyslexie - Enfants avec TDL isolé ne doivent pas exister - L'analyse factorielle devrait mettre en avant au moins deux facteurs : les facteurs phonologiques et les facteurs non phonologiques - TDL et DL doivent se répartir selon le continuum de ces deux facteurs - TDL et DL doivent avoir des troubles phonologiques de nature équivalente mais pas d'éléments relatifs à la sévérité dans l'un ou l'autre trouble
Modèle à composants	- TDL et DL sont partiellement indépendants ce qui induit l'existence de TDL isolé et de DL isolé - L'analyse factorielle doit mettre en évidence au moins deux facteurs qui doivent permettre de différencier le groupe TDL isolé, DL isolé, le GC selon le continuum sur ces deux facteurs - Les TDL ne sont pas nécessairement associés à des déficits phonologiques - Si les TDL sont associés à des déficits phonologiques, ils ne sont pas nécessairement de la même nature que ceux impliqués dans la dyslexie.

TDL : trouble développemental du langage (oral) ; DL : dyslexie

Les résultats ont montré, d'une part, que les TDL et les dyslexies pouvaient coexister mais aussi être isolés et que tous les TDL ne présentaient pas de troubles phonologiques. D'autre part, les analyses factorielles ont permis de mettre en avant trois facteurs principaux indépendants pour expliquer les habiletés langagières : les habiletés non phonologiques, les représentations phonologiques, les habiletés de manipulation phonologiques. Les deux derniers facteurs, témoignant de deux aspects distincts liés à l'hypothèse phonologique,

rendent compte différemment des dyslexies et des TDL. Les auteurs concluent que les résultats vont dans le sens des modèles à multi-composants.

Le modèle à composants semble donc davantage probant pour expliquer le recouvrement mais aussi l'indépendance de ces deux pathologies (dyslexie et TDL) ainsi que les différences de profils observées.

3.6. Tableau de synthèse des variables en lien avec le développement du langage écrit et avec les zones de recouvrement entre langage oral et langage écrit

Le Tableau 2 reprend globalement les différentes variables répertoriées dans la littérature qui contribuent au développement du langage écrit.

Tableau 2. Facteurs de risques et facteurs de protections dans le développement du langage écrit.

Facteurs de risque	Facteurs de protection
- Présence d'un retard ou de troubles du langage oral, spécifique ou non - Persistance des difficultés de langage oral - Sévérité du tableau de difficulté en langage oral → TDL ou late-talkers résorbés < TDL expressif < TDL mixte - Si TDL : difficultés de dénomination rapide - Si TDL : difficulté d'identification de la parole dans le bruit - Troubles de la compréhension verbale et non verbale et QI non verbal déficient (pour la compréhension de lecture) - Difficultés d'ordre phonologique de type de conscience et de manipulation phonologique - Faible capacité de mémoire phonologique à court terme - Lenteur en dénomination d'items répétitifs ou en fluence phonémique - Déficit perceptif ou perceptuel (potentiels évoqués auditifs, discrimination de syllabes sans signification, perception de la parole dans la perception parole dans le bruit) - Antécédents de troubles du langage oral ou écrit dans la famille (facteurs biologiques et génétiques)	- Bon niveau de lexique réceptif et expressif - Bonnes capacités narratives - Bonne connaissance des lettres - Bon niveau de syntaxe, - Bon accès lexical - Bon quotient intellectuel - Bon niveau d'éducation de la mère (Catts, Fey, Zhang & Tomblin, 2001)

TDL : trouble développemental du langage oral (anciennement trouble primaire du langage)

3.7. Déficit des systèmes attentionnels et de contrôle : les autres pistes

Outre le recouvrement fréquent entre langage oral et écrit, les difficultés relatives à l'écrit, à l'instar des difficultés de langage oral, sont souvent associées à d'autres difficultés (ex.

graphisme, attention, troubles affectant l'ensemble des apprentissages). Les travaux restent en cours pour déterminer d'éventuels prédicteurs touchant à des facteurs plus généraux tels que les fonctions exécutives ou l'inhibition. Les chapitres II et III viendront documenter les hypothèses en faveur de l'implication des processus d'inhibition.

Chapitre 2. Processus attentionnels, systèmes exécutifs de contrôle, processus inhibiteurs

1. INTRODUCTION : QUELQUES CONSIDERATIONS THEORIQUES

Comme cela a été évoqué précédemment, différents processus entrent en jeu dans l'acquisition du langage oral et du langage écrit ainsi que les troubles en lien, TDL ou dyslexie. Les processus attentionnels et de contrôle, parmi lesquels, le système exécutif et notamment les processus d'inhibition, y occupent une place d'importance et leur implication est à étudier plus finement. Ceci nécessite de les définir dans le cadre de cette thèse.

L'« attention » au sens large, correspond à un « ensemble de mécanismes qui nous permettent de sélectionner une information et ses étapes de traitements », elle permet de « moduler et d'orienter l'activité cérébrale » et contribue ainsi à l'apprentissage (Majerus, 2014). Schématiquement, il existe deux sortes de système d'attention, l'un exogène, plus automatique, déclenché par un stimulus perceptif et rapidement efficace, l'autre endogène permettant l'orientation consciente vers une cible et s'élaborant progressivement sur une longue période. Selon la ou les tâches en cours, les ressources attentionnelles mises en jeu (charge attentionnelle) seront plus ou moins importantes (« effortfull »/ « effortless »). Ecrire et faire attention à l'orthographe constitueront ainsi un exercice hautement recruteur en ressources attentionnelles chez le jeune enfant. Les modèles de Lachaux (2011) et celui de Posner & Peterson (1990, 2012) nous permettront de mieux cerner les mécanismes complexes anatomiques et neurobiologiques relatifs à ces systèmes attentionnels et de contrôle notamment avec les phases d'alerte et d'orientation ainsi qu'avec les processus plus contrôlés de l'attention, le système exécutif de contrôle.

Des recouvrements existent avec les approches cognitivistes qui apportent une vision fonctionnelle de ce système exécutif. Les données actuelles montrent ainsi que les fonctions dites exécutives sont sous-tendues par des régions frontales mais également par un vaste réseau cérébral tant antérieur que postérieur (Collette, Salmon, Van der Linden, Chicherio, Belleville, Degueldre, ... & Franck, 1999, Majerus, 2007). Différentes modélisations, plus ou moins récentes, ont été proposées selon que l'on se place dans une tendance unitaire ou factorielle. Deux courants théoriques se détachent en effet pour rendre compte des processus attentionnels et de contrôle : celui relatif aux travaux sur la mémoire de travail, et celui référant à un ensemble de processus évaluant des habiletés plus spécifiées et distinctes, les fonctions exécutives. Ces fonctions cognitives de haut niveau font référence à trois fonctions essentielles dans la plupart des modèles : la mise à jour (up-dating), la

flexibilité et l'inhibition (ex. Friedman & Miyake, 2000). Des recouvrements et évolutions peuvent aussi exister entre ces courants ou ces modèles théoriques. L'administrateur central de la mémoire de travail (Baddeley, 2000) est en effet assez mal spécifié et les systèmes attentionnels et de contrôle, plus explicites ou multiples pourraient le spécifier davantage. Le modèle de Norman et Shallice (1980), celui de Majérus (2009) ou encore celui de Houdé (2014) apportent des variantes non négligeables en terme de détection d'erreur ou d'implication de l'attention ou de l'inhibition. Les modèles référant aux « fonctions exécutives », notamment celui de Diamond (2013), contribuent à spécifier les fonctions qui les composent de manière intégrative et développementale.

Comme nous le verrons aussi, l'inhibition est une composante essentielle du système exécutif. Elle correspond à la capacité d'un système à résister à des informations, internes ou externes, non pertinentes pour la tâche en court, au profit d'autres plus adaptées (« filtre »). Fonction complexe et fondamentale sur le plan fonctionnel, elle trouve de nombreux corrélats neurobiologiques. Elle s'élabore relativement précocement dans le développement (vers 2 ans) et sur une longue période (jeune adulte).

Sans être exhaustifs, nous reviendrons donc sur certains modèles constituant des lignes de référence dans la compréhension des systèmes attentionnel et exécutif de contrôle, et sur le concept d'inhibition, élément central de ce travail. Ces concepts théoriques sont encore largement en recherche et leur intérêt ne fait que croître pour expliquer le lien avec le fonctionnement cognitif ou comportemental et les pathologies y afférant.

2. SYSTEMES ATTENTIONNELS ET DE CONTROLE

2.1. Posner & Petersen (1990, 2012)

Posner & Petersen (1990) ont proposé une modélisation du système attentionnel général et revisité celui-ci à la lumière des différents travaux réalisés, en neuroimagerie, neuropsychologie ou encore en psychologie développementale, durant les vingt années suivantes (Petersen & Posner, 2012). Dans ce modèle, trois réseaux neuroanatomiques distincts se répartissent les fonctions attentionnelles de plus ou moins haut niveau, appelés réseaux « d'alerte », « d'orientation » et « exécutif » (initialement « détection »).

2.1.1. Le réseau d'alerte

Il s'agit d'un système garantissant un état d'activation de base (vigilance) permettant de maintenir un niveau d'alerte. L'alerte est principalement gérée au niveau du cortex frontal et pariétal et du thalamus droit. Ce système est impliqué dans les tâches permettant de détecter un changement par exemple, pour détecter un signal. Dans ce type de tâches, le

participant doit répondre le plus rapidement possible dès qu'il voit un signal introduit par un indicateur qui notifie l'arrivée de celui-ci. L'indicateur (visuel ou auditif) pré-signal permet de maintenir un état d'attention en alerte et augmente ainsi la réactivité à l'arrivée de la cible. Il s'agit de l'alerte phasique. Ce système est également impliqué dans le maintien de la vigilance : l'alerte tonique. Elle change au court de la journée. Un des moyens pour tester ce type d'alerte est, par exemple, d'administrer une tâche ennuyante durant une longue durée. Des lésions du cortex cérébral droit affectent ce type d'alerte.

2.1.2. Le réseau d'orientation

Ce réseau permet de prioriser les informations sensorielles entrantes en sélectionnant leur modalité ou leur place et en maintenant actives les informations.

Ces processus d'orientation sont sous-tendus par les aires cérébrales frontales aussi bien que postérieures et les aires pariétales seraient sollicitées pour des processus connexes comme la spécification des mouvements oculaires par exemple.

Il se décompose en deux réseaux anatomo-fonctionnels distincts (cf. figure 4) :

Le système dorsal d'orientation

Il implique les régions pariétales mais aussi des zones frontales, particulièrement au niveau fronto-oculaire (FEF) du sulcus interpariétal. Il permet de mobiliser activement des ressources attentionnelles de manière stratégique en désengageant l'attention. Il serait notamment impliqué dans les mouvements de saccades oculaires par exemple (Rizzolati, Riggio, Dacola & Umiltà, 1987 ; Corbetta & al., 1998).

Le système ventral d'orientation

Il permet le déplacement et l'engagement vers une autre cible. Il inclut la jonction temporo-pariétale (TPJ) et le cortex frontal ventral, il est fortement latéralisé à droite. Une lésion de la jonction temporo-pariétale engendrera, par exemple, un syndrome d'héminégligence. Ce réseau est davantage dévolu à l'orientation spatiale vers un événement sensoriel et aux mouvements de recherche et de poursuite oculaire vers des événements sensoriels.

Il est à noter que ce système d'orientation ne fournit pas seulement des informations prioritaires sur la position du stimulus dans la modalité source (ex. visuelle) mais fournit aussi des informations pour les stimuli présents, à la même place, dans d'autres modalités. Cette répartition sensorielle attentionnelle est permise par un recouvrement, pour les différentes modalités, des aires attentionnelles relatives au système d'orientation (Driver &

Spencer, 2004). L'attention opère dans des modalités sensorielles spécifiques (sensory-specific modality) en relation avec la cible mais la source de l'orientation vers les stimuli semble être commune. De plus, différentes études ont montré que l'attention portée à une cible réduit l'influence des autres stimuli compétiteurs. Lorsque l'attention est portée sur un stimulus visuel par exemple, cela permet en effet de prioriser les influx sensoriels par une modulation du niveau neuronal de base. Cette modulation dépend du niveau d'oxygène lié à l'activation du stimulus et permet la synchronisation des stimuli.

Chez l'enfant ce serait la première forme de contrôle.

2.1.3. Réseau exécutif de contrôle

Initialement appelé réseau de détection en référence au moment particulier où se fait la détection et en rapport à l'attention focale requise, ce réseau « exécutif » fait référence à un processus attentionnel limité (attention sélective) et aux capacités qui s'y réfèrent.

L'ensemble implique des processus plutôt conscients attestés par des activations au niveau du cortex cingulaire médian. La détection de la cible et la sensibilisation à celle-ci sont effectuées au niveau du cortex frontal médian et du cortex cingulaire antérieur latéral en connexion avec l'insula antérieure.

De manière particulière, le cortex cingulaire antérieur apparaît impliqué dans la régulation émotionnelle et cognitive et, notamment, dans l'inhibition de réponses prépondérantes (Bovitnick, Carter, Cohen, 2001). Il s'agit en fait d'un système d'autorégulation.

Le réseau exécutif de contrôle se subdivise également en deux : le réseau davantage fronto-médian et le réseau préfrontal dorso-latéral (cf. figure 4).

Réseau fronto-médian

Il implique principalement les aires frontales médianes. Il est impliqué dans le processus d'engagement dans une tâche et, en cas de lésion, des phénomènes d'akinétisme surviennent.

Réseau préfrontal dorso-latéral

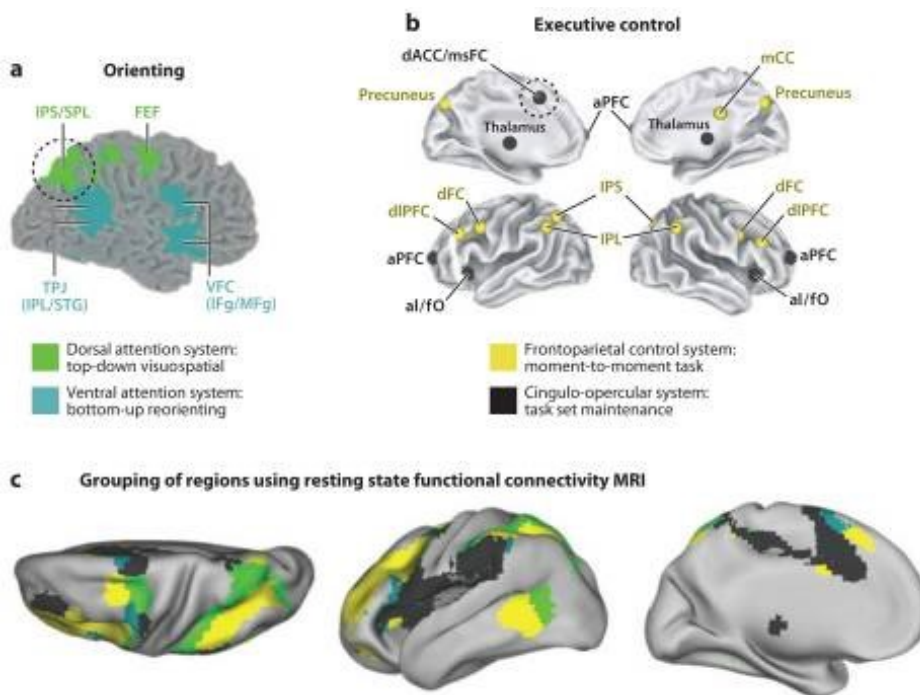
Il implique le cortex préfrontal dorso-latéral (CPDL) lequel, lors d'une lésion, engendre de nombreuses persévérations et des difficultés majeures de flexibilité. Une lésion du CPDL unilatérale et une interruption du corps calleux chez le macaque montrent une inaptitude à la flexibilité mais une attention sélective préservée (Rossi, Pessoa, Desimone & Ungerleider,

2009). Ceci atteste, au moins en partie, de l'indépendance des réseaux relatifs à l'attention sélective et de ceux relatifs au réseau exécutif de contrôle.

Le gyrus cingulaire antérieur est également impliqué dans le contrôle exécutif et, ceci spécialement, selon Posner & Petersen (2012), dans les processus d'inhibition pour lesquels il est nécessaire de mettre de côté une réponse dominante au profit d'une réponse moins dominante et de la maintenir active. Les tâches de Stroop¹⁵, particulièrement utilisées pour tester les processus d'inhibition, activent l'insula antérieure, des zones préfrontales ainsi que la partie dorsale du gyrus cingulaire antérieur (Dosenbach, Fair, Miezin, Cohen, Wenger, Dosenbach, ... & Schlaggar, 2007). Les tâches se référant davantage à de l'inhibition motrice recrutent, quant à elles, la partie ventrale du gyrus (Sharp, Beckmann, James, Patel & Mehta, 2010 ; Botvinick & al., 2001 ; Bush, Luu & Posner, 2000).

Les deux réseaux apparaissent séparés chez l'adulte mais pourraient avoir une origine commune dans l'enfance. Un certain nombre de travaux ont montré un lien important entre la résistance à l'interférence dans une tâche de conflit (Stroop) et les rapports parentaux évaluant le contrôle comportemental témoignant de l'impact socio-relationnel de l'inhibition dans des comportements d'autorégulation notamment. Un haut niveau de contrôle exécutif et une bonne habileté à résoudre des conflits (ex. Stroop) peuvent être mis en lien avec une faible disposition aux comportements antisociaux chez les adolescents (Rothbart, 2011). Selon Posner & Petersen (2012), le contrôle exécutif est lié à l'empathie envers les autres et l'habileté à différer une action ou à éviter des comportements tels que mentir ou jurer.

¹⁵ Tâche dans laquelle deux informations entrent en conflit et où l'une d'elles est plus automatique ou plus prégnante que l'autre. Dans la tâche classique (Stroop, 1937), pour la condition interférente, le sujet doit dénommer la couleur de l'encre (moins automatique) dans laquelle est écrit un nom de couleur différente (la lecture, processus automatique chez le lecteur habile, est plus automatique et doit être inhibée) (ROUGE).



(a) The dorsal and ventral orienting networks. The dorsal attention network (*light green*) consists of frontal eye fields (FEF) and the intraparietal sulcus/superior parietal lobe (IPS/SPL). The ventral attention network (*teal*) consists of regions in the temporoparietal junction (TPJ) and the ventral frontal cortex (VFC).

(b) Two networks of the executive control system. The circled region indicates the original member of the executive control system. The remaining regions come from the elaboration of the original cingulo-opercular system (*black*) and the addition of the frontoparietal system (*yellow*).

(c) Resting-state correlation reflecting separate control systems.

The figure illustrates three views of the brain (*left*, dorsal view; *middle*, tilted lateral view; *right*, medial view). These separable resting networks are consistent with the distinctions based on functional criteria exhibited in panels *a* and *b*: dorsal attention (*green*), ventral attention (*teal*), cingulo-opercular (*black*), frontoparietal (*yellow*).

Figure 4. Système d'orientation et système exécutif de contrôle. Extrait de Petersen & Posner (2012)

2.2. Aspects neurobiologiques des processus de contrôle (Lachaux, 2011)

Un éclairage intéressant sur le plan anatomophysiologique et fonctionnel des fonctions de contrôle est apporté par la neurobiologie. Lachaux (2011) définit l'attention (exécutive) comme un « processus de sélection, d'activation et de facilitation de certains réseaux de neurones aux dépens des autres » pouvant « être déclenché de manière réflexe, par un événement externe ou interne, ou bien se développer sous l'action d'un contrôle volontaire, exerçant principalement son influence depuis sa partie antérieure, le lobe frontal », et selon que « ce contrôle sélectionne ou non les réseaux de neurones les mieux adaptés à nos besoins du moment, notre performance est bonne ou mauvaise » (Lachaux, 2011, p 15-16).

2.2.1. Les cycles perceptions-actions

Selon Lachaux, les cycles perceptions-actions rendent compte de ce qui se passe au niveau neurophysiologique et contribuent à la régulation attentionnelle. Notons qu'en neuroscience une action désigne un processus de préparation ou de simulation d'un acte moteur au-delà de l'acte moteur exclusif.

Sur le plan de l'organisation cellulaire, il existe un lien anatomique étroit entre zone de perception et de l'action. Ces systèmes permettent une action de l'ordre du réflexe pour réagir rapidement à un stimulus.

D'autres mécanismes, plus élaborés, peuvent entrer en conflit avec ces mécanismes primaires pour agir de manière plus élective, plus raffinée, plus complexe, moins stéréotypée, et plus adaptée à la situation. Ils participent à la régulation attentionnelle et ceci se traduit par un surcoût temporel.

Un cycle perception-action s'établit dans un laps de temps de 300 à 500 millisecondes environ, de 3 à 5 cycles par seconde, le temps d'entendre 3 à 5 mots ou de presser 3 à 5 touches d'un clavier. Les cycles perception-action se succèdent. Pendant ce temps, le cerveau doit décider d'une action à mener ou à ne pas mener et où porter l'attention avec, chaque fois, un risque d'erreurs : le risque de ne pas prendre la bonne décision d'action, le risque de se laisser distraire.

Les saccades visuelles, leur régulation et l'organisation de celles-ci illustrent concrètement (Lachaux, 2015) le fonctionnement des mécanismes de contrôle au niveau neuronal. Reprenons cet exemple.

Au cœur de la distraction, les cycles perception-action-exemple des saccades oculaires

Comme mentionné rapidement précédemment, il existe un lien anatomique étroit entre zones de perception et de l'action sur le plan de l'organisation cellulaire. Le colliculus supérieur (sous-cortical) contient plusieurs catégories de neurones. Les neurones, dits visuels, sont organisés selon une zone visuo-topique qui cartographie l'image directement reçue depuis les informations de la rétine. Les neurones moteurs, qui permettent d'activer le mouvement des yeux vers une cible, sont accolés aux neurones visuels et forment ainsi une « carte motrice ». La juxtaposition des neurones visuels et des neurones moteurs permet, sur le plan anatomique, d'engendrer des mouvements réflexes en fonction de ce qui a été visuellement perçu. Ceci permet d'assurer une action extrêmement rapide, de l'ordre de 5 centièmes de seconde, à un potentiel danger par exemple. Toutefois, le neurobiologiste souligne que les réponses motrices ne sont classiquement pas aussi rapides en laboratoire avec une orientation vers un flash lumineux « cinq fois plus lente et surtout très variable, entre dix et cinquante centièmes de seconde ».

Influences inhibitrices du réflexe neuronal perception-action

Le réflexe perception-action peut toutefois être ralenti par deux types d'actions. D'une part, les neurones moteurs du colliculus sont partagés entre plusieurs actions en fonction de leur position sur la carte (au centre : se fixer sur une cible ; en périphérie : générer des saccades). Des connexions inhibitrices relient entre eux ces neurones et ce n'est qu'au-delà d'un certain seuil d'activation (résultant de la somme des connexions inhibitrices et activatrices) qu'une saccade peut se déclencher. D'autre part, le colliculus supérieur (sous-cortical) subit des influences inhibitrices issues d'autres zones neuronales et particulièrement celles du lobe pariétal (structure corticale, à proximité du colliculus). Dans le cortex pariétal, les neurones codent pour des aspects plus pertinents (ex. le mouvement de désignation de l'enseignant vers le tableau), selon des critères plus sophistiqués (moins simples et moins stéréotypés que dans le colliculus). Des « cartes de saillance » sont alors créées, entrent en interaction avec le colliculus (ex. flash lumineux) et influencent alors les saccades visuelles.

Ces jeux d'influences inhibitrices au sein du colliculus, d'une part entre le colliculus et le cortex pariétal d'autre part, expliquent le surcoût temporel des réactions plus ou moins élaborées, afin d'aboutir à une saccade plus « intelligente ».

Trois phases se dessinent au niveau cortical (cf. : Lachaux, 2015, p. 33). Une première phase (150 ms), analyse sensorielle du stimulus par le cortex visuel, correspond à la détection grossière de la cible (comme une masse possiblement dangereuse). Une seconde phase (250 ms), dialogue entre aires visuelles et cortex préfrontal, correspond à une analyse plus détaillée et à une prise de décision quant à l'action à mener (ex. c'est un danger véritable ou ce n'est pas un danger véritable / c'en est un / il faut fuir). Une troisième phase (350 ms) correspond à l'exécution de la réponse motrice, de l'action via le cortex moteur (ex. partir à toute jambe).

Selon l'auteur, cinq éléments essentiels sont à considérer :

1. Il existe des systèmes très rapides de conversion des perceptions en actions.
2. Le contrôle de l'attention correspond en définitive souvent à un contrôle de l'action (la pensée pouvant être définie comme une action).
3. Le choix de l'action résulte d'un jeu d'influences inhibitrices au sein des structures primaires mais aussi entre les structures primaires (ex. colliculus pour les saccades) et les structures corticales plus élaborées (ex. cortex pariétal pour les saccades).
4. Il existe une hiérarchie dans l'organisation cérébrale qui détermine conjointement la prise de décision concernant l'action à mener.
5. Une action intelligente, c'est-à-dire adaptée et sophistiquée, a, de fait, un coût temporel.

2.2.2. Les contraintes de la prise de décision : les habitudes, l'inertie attentionnelle, les circuits de récompense :

En outre, d'autres facteurs tels que les habitudes, l'inertie attentionnelle ou encore les circuits de récompense contraignent la prise de décision.

Les habitudes

Plus un script d'action aura été répété, travaillé antérieurement (ex. service au tennis, règle concernant le cas général en grammaire, déchiffrement des conversions graphophonologiques en lecture), plus un individu sera expert pour une tâche, et plus la décision concernant l'action à mettre en place sera décidée rapidement et efficacement (ex. lecture). Plus un circuit neuronal donné aura été suractivé, plus il sera susceptible de s'enclencher en mode automatique. D'autres auteurs (ex. Houdé, 2014) parleront d'heuristiques pour qualifier ces actions routinières. Elles sont définies comme des « schémas d'action ou de pensées suractivés ou automatisés, peu coûteux pour le sujet mais qu'il est parfois nécessaire, par le biais de processus de contrôle d'ajuster » (Houdé, 2014).

L'inertie attentionnelle

L'inertie attentionnelle consiste à poursuivre une action qui a été mise en route et permet la poursuite des cycles perception-action une fois initiés. L'inertie attentionnelle peut, par exemple, se retrouver dans les gestes/praxies de la vie quotidienne (séquences de micro-actions, ex. zipper un manteau) ou encore dans les pensées telles que les ruminations mentales dans la dépression.

Les circuits de récompense

Les circuits de récompense sont des zones neuronales qui évaluent l'effet d'une action (plaisir versus inconfort). Ils sont relayés par les circuits dopaminergiques (Walton, Gan & Philips, 2011). Ces mêmes circuits sont sollicités face à une nouveauté ou dans la recherche d'informations, lesquelles sont assimilées à des récompenses. Ils répondent à des effets de saillance perceptive mais aussi émotionnelle et affective. Autrement dit, l'attention est attirée par la nouveauté mais aussi par l'émotionnel et par ce qui nous amuse ce qui crée des distractions.

Dans un cadre optimal, ces circuits favorisent la satisfaction de nos besoins (ex. boire quand on a soif, manger quand on a faim) mais ils peuvent être actifs dans un cadre moins adapté (ex. manger par gourmandise) ou pathologique (ex. conduites boulimiques ou addictives). L'arrivée d'un message sur notre natel illustre tout à fait la contrainte engagée dans la poursuite des cycles et les dérives avec les compulsions à aller sur des réseaux sociaux par exemple pour certains. Ces circuits contraignent fortement la poursuite des cycles et donc aussi le risque de parasitage.

2.2.3. Système préattentif, captation et propositions d'actions immédiates

Un système préattentif, constitué de neurones sentinelles, analyse les événements auxquels « nous ne prêtons pas (encore) attention » (Lachaux, 2015). Il évalue sans cesse ce qui pourrait être intéressant et amplifie les événements au besoin (ex. crainte, danger, envie) afin de pouvoir anticiper. Quand nous sommes concentrés, de petites alertes (ex. venant de la table voisine dans un café) nous sollicitent sans cesse. Cette attirance vers autre chose s'appelle la captation. Elle peut être motrice, cognitive ou émotionnelle. Ces petites alertes nous donnent l'impulsion d'arrêter notre activité et/ou de faire autre chose, ce sont les « propositions d'action immédiate »-« PAM » (Lachaux, 2015, p. 62). Les PAM sont évaluées rapidement en fonction du plaisir ou du désagrément qu'elles peuvent engendrer ou des émotions qu'elles nous renvoient. Le gyrus cingulaire, l'amygdale, l'insula participent aux craintes et à la détection des menaces et des situations d'inconfort. Les circuits de récompense (dopaminergiques) contribuent à l'anticipation du plaisir (ex. lire un magazine au lieu d'ouvrir un dossier pour travailler). Il faut alors corriger le tir pour maintenir le cap sinon ces envies ou craintes nous amènent à passer à autre chose de mieux.

En outre, ces PAM peuvent engendrer de l'agitation mentale liée à l'activité mentale des processus qui ont été stimulés par ces PAM.

Chaque PAM peut donner lieu à trois types de réaction : céder à la PAM, l'oublier, la différer (grâce à la mémoire prospective). Plus le risque perçu est important, plus il y a un risque de « changement radical d'intention ». Quand l'intention et l'attention vont dans des sens contradictoires, cela engendre de la déconcentration et avec une inefficacité qui s'ensuit. Le cortex cingulaire, structure multifonctionnelle, semble (entre autres) être particulièrement impliqué dans la détection des erreurs motrices, cognitives ou affectives et ceci dans le but de nous rapprocher de la situation idéale. Tant que la situation idéale n'est pas atteinte (ex. j'ai un frisson, j'ai froid, si j'ai froid, je vais aller chercher un pull... et laisser tomber le dossier en cours) le cortex cingulaire va envoyer des alertes. C'est une course sans fin vers un idéal.

2.2.4. Système de contrôle : rester concentré et résister à la tentation

Les cycles perceptions-actions impliquent au fil du temps de se souvenir d'un ensemble de règles d'association de type « si stimulus alors réponse ». Règles qui se mettent, au moins en partie, en place par leur récurrence (rappelant le principe du bébé statisticien précédemment évoqué) ou par leur intensité. Ceci permet de développer une sorte de rituel

qui permet de mieux fonctionner dans la vie¹⁶. Une fois installées adéquatement et surappries, ces règles (dont le maintien en mémoire est assuré par un réseau de neurones spécifiques) permettent un traitement rapide et efficace en fonction d'une situation donnée. Elles se déclenchent quasi instantanément et quasi automatiquement assurant dans la plupart des cas une réponse adéquate par rapport à la situation Stimulus-Réponse.

Bien que le système de contrôle soit majoritairement en accord avec ces règles et s'appuie dessus assurant une rapidité des traitements, il se peut qu'une de ces règles ne soit pas adaptée ou qu'il faille la faire évoluer. Le système de contrôle exécutif (principalement les réseaux préfrontaux) peut alors intervenir pour effectuer un filtrage actif entre les informations sensorielles, les informations qui présentent un intérêt réel et les autres afin d'aboutir à une réponse plus adaptée pour la situation en cours. Ce tri doit s'opérer en moins d'un quart de seconde. Le choix de l'action par le système exécutif dépend de la force relative des propositions. Plus l'intention est claire, concrète et à court terme, plus le système de contrôle est capable de prendre une décision efficace et rapide, en rejetant ce qui parasite.

Dans les situations où il n'y a pas de réponse prévue, et pas de règles déjà apprises ou pas efficacement (ex. choix aléatoire entre bonne et mauvaise réponse, manque de feedback correctif), on pourra agir rapidement sous l'action principale du réflexe perception-action, le système de contrôle adoptant cette voie également. Mais il se peut aussi que ce dernier prenne un rôle plus actif permettant d'étudier le poids des actions et de leurs conséquences, pour orienter le choix d'une réponse probablement plus adaptée.

Lorsque le système exécutif rate une étape (distraction), il échoue dans la sélection de l'action. Il n'a pas joué son rôle soit parce qu'il était inefficace (ex. stress, fatigue), soit parce qu'il était trop lent, soit encore parce que le but n'était pas suffisamment clair et précis en mémoire ou qu'il était multiple (ex. relire un texte). Il n'a donc pas pu favoriser une réponse plutôt qu'une autre. Dans ce cas, le système sélectionne ce qui est choisi le plus souvent, le plus rapidement ou alors ce qui peut engendrer un bénéfice plus grand (en laissant les circuits de récompense prendre le dessus).

¹⁶ Chez l'enfant, par exemple, on lui apprendra que s'il doit traverser, alors : 1. « il s'arrête devant le passage piéton », 2. « si bonhomme rouge, alors il attend », 3. « si bonhomme vert, alors il vérifie qu'il n'y a pas de voiture en regardant de part et d'autre », 4. « si bonhomme vert et absence de voiture qui arrive alors il peut traverser calmement ». Dans cet exemple, ceci implique que si les yeux de l'enfant se tournent vers un oiseau qui se pose près du morceau de pain qui traîne à terre à côté du passage piéton, alors, il doit rediriger son attention vers le feu de signalisation et ensuite seulement la règle Stimulus-Action pourra être activée. Cette règle, une fois en place, comme le dit Lachaux, procure une force de résistance à la distraction. En thérapie logopédique, dans l'accompagnement de l'enfant autiste, elle pourra être de l'ordre « quand on se parle - on se regarde » pour mettre en place un rituel attentionnel.

En définitive, chaque perception déclenche potentiellement une action qui est régulée ou réorientée en fonction des zones de contrôle, lesquelles sont susceptibles d'être influencées par les habitudes, l'inertie attentionnelle ou encore les circuits de récompenses et de nouveautés. Les captations attentionnelles et propositions d'action immédiate au niveau préattentif influencent également les choix d'actions et ceci, en fonction du désagrément ou du plaisir que cela pourrait occasionner. Chaque cycle pourra donc être influencé par la perception immédiate ou préattentive, par des schémas habituels de pensée ou d'actions, par le fait qu'un comportement en entraîne un autre ou encore par les récompenses et les nouveautés. Ces différentes influences constituent autant d'occasions de ne pas parvenir à une action adaptée à la situation. Un système de contrôle prend le relais lorsqu'une erreur est détectée et permet un traitement plus lent mais plus fiable de l'action à venir. L'ensemble sollicite un vaste et imposant réseau d'inhibition (dont l'entité neurobiologique n'est pas réfutable) qui s'échelonne des circuits neuronaux primaires aux zones de traitement cortical et, notamment, au cortex préfrontal.

Le modèle de Peterson et Posner (2012) comme celui de Lachaux (2011) rendent compte, à la lumière des recherches et outils actuels, de la complexité des systèmes attentionnels et de contrôle reflétant les effets d'un vaste réseau cérébral d'activation et d'inhibition. Les points suivants s'articulent autour d'un axe davantage cognitif et fonctionnel des modèles issus principalement de la psychologie.

3. MEMOIRE DE TRAVAIL ET SYSTEME EXECUTIF

3.1. Introduction

Comme nous venons de le voir, les systèmes d'attention et de contrôle sont complexes sur le plan neuroanatomique et neurobiologique. Sur le plan fonctionnel, ils sont plus ou moins élaborés. Parmi les fonctions les plus élaborées se situe le système exécutif de contrôle.

Sur le plan cognitif, le système exécutif de contrôle a initialement été perçu comme un système unique associé au fonctionnement de l'administrateur central dans le modèle de mémoire de travail de Baddeley & Hitch (1974). De nombreuses recherches réfèrent à ce modèle notamment pour expliquer le développement du langage ou des pathologies en lien. Néanmoins, le fonctionnement de l'administrateur central reste assez mal défini et différents rapprochements ou d'autres approches ont permis de spécifier le fonctionnement exécutif. D'autres modèles ont, par la suite, vu le jour pour expliciter le fonctionnement exécutif et refléter au mieux les données retrouvées. Nous présenterons ci-après le modèle de Norman & Shallice (1980) ainsi que celui de Majerus (2012) qui, l'un comme l'autre, intègrent les phénomènes attentionnels dans les processus de traitement, bien que de

nature différente ou en discussion. Nous verrons ensuite que d'autres modèles, modulaires, viennent documenter la littérature relative aux fonctions exécutives et celle des processus inhibiteurs.

3.2. Mémoire de travail et vision unitaire des systèmes de contrôle

3.2.1. L'administrateur central de la mémoire de travail

Le modèle de mémoire de travail (Baddeley & Hitch, 1974 ; Baddeley, 2000) comprend, comme mentionné précédemment, l'administrateur central et deux sous-composantes esclaves, la boucle phonologique et le calepin visuo-spatial, ainsi qu'un buffer épisodique. La mémoire de travail est considérée comme un système à capacité limitée permettant le stockage temporaire et la manipulation d'informations dans laquelle l'administrateur central joue un rôle majeur. Composante amodale, l'administrateur central, réfère à un module qui permet la gestion attentionnelle et le contrôle des informations au-delà des processus de stockage. Il orchestre donc les informations. Il sélectionne et coordonne des informations provenant de sources diverses et permet aussi, selon Baddeley, la coordination d'actions simultanées. L'allocation de ressources attentionnelles, la gestion de double tâche ou encore le contrôle des informations seraient des tâches sous le contrôle de l'administrateur central. Un flou important reste néanmoins présent quant à la gestion réelle en terme attentionnel ou quant au processus de contrôle qui s'y réfèrent. La fonction de l'administrateur central a cependant été assimilée à celle du Système Attentionnel Superviseur (SAS) de contrôle de Norman & Shallice (1980) par Baddeley (1996) lui-même, pour en définir plus spécifiquement le fonctionnement. Nous verrons aussi qu'au sein de cette mémoire de travail, différents chercheurs allouent désormais volontiers une part attentionnelle aux traitements (ex. Majerus, 2009) bien que la nature de ces phénomènes restent largement discutée (ex. automatique ou contrôlée, uni ou multimodale) par les auteurs eux-mêmes parfois (ex. Majerus, 2012).

Le fonctionnement de la composante de contrôle et de planification de l'administrateur central a donc largement été inspiré du fonctionnement du SAS (cf. ci-après). Classiquement, l'administrateur central est testé par des tâches requérant rétention et traitement simultanés (ex. empan envers de chiffres ou de mots, rappel dans l'ordre alphanumérique de séquences aléatoires de lettres et chiffres, empan de lecture).

Dans ce type de modèles, une seule et même composante, régie par un système de contrôle de haut niveau, assure la gestion des priorités.

3.2.2. Modèle de Norman & Shallice (1980)

Le modèle de Norman & Shallice (1980) est inspiré des travaux de Luria (1966) et des travaux en intelligence artificielle relatifs au modèle de résolution de problème SOAR (Nowell & Simon, 1972). Le SAS correspond à un système unitaire qui, lorsque les routines d'action ne sont plus suffisantes, prend le relais. Dans le modèle de Norman & Shallice (1980), le degré d'automatisme des actions détermine le type de traitement.

3.2.2.1. Fonctionnement du modèle

Le modèle ATS (Activation-Trigger-Schema) de Norman & Shallice (1980) (cf. Figure 5) permet d'expliciter les processus recrutés dans la vie quotidienne lorsque deux actions entrent en conflit et que cela mène à une erreur. Il permet aussi de comprendre comment une action automatique peut être interrompue pour aboutir à une action à caractère intentionnel.

Les schémas d'action constituent les unités fondamentales de ce modèle et peuvent se répartir en unités de bas ou de haut niveau. Les unités de bas niveau, les routines, peuvent se déclencher à partir d'informations perceptives ou par l'activation d'autres schémas hiérarchiquement plus élevés. Chaque schéma possède un niveau d'activation propre qui résulte de la combinaison entre inhibition et excitation. Il est régulé par différents facteurs (perceptifs, autres schémas, attention). Le schéma se déclenche lorsque le seuil critique est atteint.

Si plusieurs schémas viennent à s'activer en même temps, un seul peut être déclenché à la fois. Ce type de conflit est réglé par le gestionnaire des conflits (« contention scheduling ») qui sélectionne rapidement le processus le plus pertinent dans le cadre de situations familières recrutant les mêmes ressources.

En revanche, dans certains cas, un processus de contrôle volontaire est nécessaire pour résoudre les conflits. Le Système Attentionnel Superviseur (SAS) permet alors de réguler la situation. Le SAS est sollicité dans les situations qui impliquent :

- planification ou prise de décision
- correction d'erreurs
- nouvelles séquences d'action ou séquences insuffisamment apprises
- dangers ou difficultés sur le plan technique
- inhibition d'une réponse dominante ou résistance à une tentation

Le SAS ajoute de l'activation ou de l'inhibition supplémentaire aux schémas et modules ainsi que le gestionnaire de conflits. Le SAS est plus lent et plus contrôlé que le gestionnaire. La fonction d'inhibition est donc intimement liée au SAS dans ce modèle.

Le SAS est, par exemple, évalué par le test de Hayling¹⁷ ou le test de Brixton¹⁸. Une double dissociation a pu être observée chez des patients frontaux ce qui tend à montrer que les processus en jeu dans ces deux tests sont différenciables. Une altération du SAS a été associée notamment à des persévérations de schémas automatiques (ex. dans des séries grapho-motrices) ou encore à des phénomènes de distractibilité.

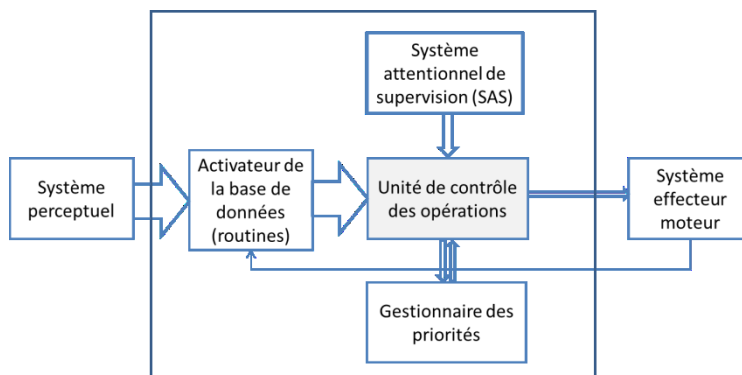


Figure 5. Traduction et adaptation du modèle ATS de Norman & Shallice, 1980

3.2.2.2. Degré d'automatisme

Le caractère, automatique ou contrôlé, d'une action fait référence aux extrêmes d'un continuum impliquant diverses caractéristiques telles que l'intentionnalité ou l'attention (ex. Shiffring & Sneider, 1977 ; Hasher & Zach, 1979). La figure 6 illustre les processus automatiques et contrôlés avec leurs caractéristiques respectives selon ces auteurs.

Les processus automatiques impliquent ainsi peu de ressources attentionnelles ou sont peu conscients, n'interfèrent pas avec d'autres processus, ne sont pas ou peu intentionnels,

¹⁷ Le test de Hayling comprend deux phases : l'une où le sujet doit compléter une phrase par un mot approprié (ex. tous les soirs le soleil ...) ; l'autre où le sujet doit donner un mot qui ne présente pas de lien sémantique avec le mot attendu dans la phrase à compléter. La seconde phase constitue la phase test. Des processus d'inhibition d'une réponse dominante et de recherche stratégique d'une solution sont requis pour réussir cette séquence.

¹⁸ Le test de Brixton consiste pour le sujet à deviner la règle de déplacement d'un jeton coloré sur deux rangées de cinq places. Les quatre règles sous-jacentes sont : d'avancer d'une place, de reculer d'une place, d'alterner entre deux places ou encore de rester fixe. Dans ce test, contrairement au Hayling, aucune réponse dominante n'est disponible. Il faut donc planifier la réponse.

évoluent peu au cours du temps une fois en place, nécessitent un travail important pour les remodeler, sont difficilement inhibés volontairement.

Les processus contrôlés, au contraire, impliquent des ressources attentionnelles et le nombre de traitements simultanés s'en trouve donc limité, entraînant notamment des interférences entre les processus contrôlés en cours. Ils requièrent par ailleurs des processus conscients, intentionnels, flexibles et la pratique permet leur amélioration.

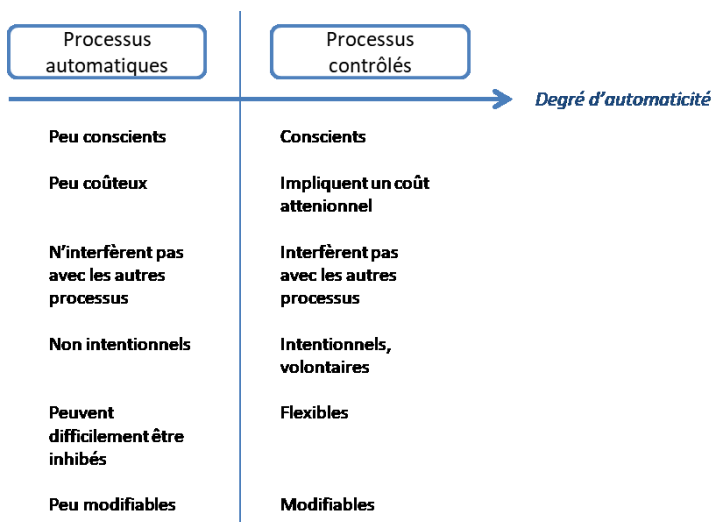


Figure 6. Caractéristiques des processus automatiques et contrôlés

Certains auteurs (ex. Houdé, 2014) parlent d'heuristiques (automatismes) versus d'algorithmes pour qualifier ce type de processus. Selon Houdé (2014), « une heuristique est une stratégie très rapide, très efficace (donc économique pour l'enfant), qui marche très bien, très souvent mais pas toujours, à la différence de l'algorithme exact, stratégie plus lente et réfléchie, mais qui conduit toujours à la bonne solution (syllogisme, comptage, etc.) ».

3.2.2.3. Évolutions du modèle et extension

Selon Shallice & Burgess (1996), le fonctionnement du SAS repose sur le fonctionnement de modules dissociables. Trois sous-composantes ont ainsi été avancées pour affiner ce fonctionnement : le module de création de nouveaux schémas, le module d'activation des nouveaux schémas et le module d'évaluation des résultats.

Burgess, Dumontheil & Gilbert (2007) ont, par la suite, développé le concept de barrière attentionnelle de supervision (Supervisor Attentional Gateway- SAG). Le SAG permet dans ce modèle de moduler de manière fluide et continue l'attention vers des informations

internes (auto-générées) ou externes (venant de l'environnement). Il est particulièrement important dans les situations nouvelles, complexes, peu structurées (ex. situation de multitâches), ou les situations dans lesquelles le déroulement des actions et les impératifs de réussite ne sont pas connus initialement.

3.2.3. Modèle de Majerus (2012) : évolution du modèle Baddeley (2000)

Le modèle de la mémoire à court terme de travail de Baddeley & al. (Baddeley & Hitch, 1974 ; Baddeley, 2000) est un modèle couramment utilisé dans la littérature pour refléter le fonctionnement de la mémoire à court terme, témoignant du stockage verbal ou visuel, d'une part, celui de l'administrateur central relatif au traitement de ces informations, d'autre part.

Différentes données ont progressivement donné une place aux données expérimentales. Le modèle de Cowan (1995) a intégré l'influence des connaissances langagières sur l'activation temporaire des informations et a donné un rôle explicite à l'attention. Le rôle de l'attention dans ce modèle se caractérise par l'intervention d'un foyer attentionnel, automatique qui permet de maintenir actives des informations de capacité limitée (3 à 5 éléments) mais pouvant répondre à des phénomènes de compactage d'informations (« chunk »). Dans d'autres modèles, par exemple, le Modèle de Barouillet, Bernardin & Camos (2004), les processus attentionnels plus contrôlés permettent la réactivation des informations (ce qui les empêche de se dégrader) en mémoire à court terme comme en mémoire de travail.

Dans l'optique d'intégrer une fonction spécifique explicite aux phénomènes attentionnels comme les modèles précités, mais aussi de refléter l'interaction avec le système langagier ou visuel et témoigner des traitements de l'ordre sériel, Majerus (2012) a proposé le modèle A-O-STM, à trois composantes, pour rendre compte de ces données au niveau linguistique et au niveau visuel (Figure 7).

Au niveau langagier, ce modèle rend compte des interactions avec la mémoire à long terme via les représentations phonologiques et lexicosémantiques. L'intervention de la mémoire à long terme rend compte de différents effets. Au niveau sous lexical, les effets phonotactiques montrent, par exemple, que les non-mots dont les combinaisons de phonèmes sont fréquentes, comparativement à celles qui sont moins fréquentes, donnent de meilleurs rappels (ex. Majerus, Van der Linden, Mulder, Meulemans & Peter, 2004). L'effet de lexicalité (meilleur rappel des mots que des non-mots) montre, quant à lui, qu'un empan moyen de mots chez l'adolescent est d'environ 5 mots alors que pour des non-mots (non ressemblant à des mots), il ne dépasse pas 3 (Majerus & al., 2004). Enfin, les effets du degré d'imagerie (mots concrets mieux rappelés), de fréquence lexicale (mots plus fréquents mieux rappelés), de voisinage phonologique (mots avec peu de voisins phonologiques mieux rappelés) rendent compte des représentations lexico-sémantiques

stockées en mémoire (Goh & Pisoni, 2003 ; Hulme, Roodenrys, Schweikert, Brown, Martin & Stuart, 1997 ; Roodenrys, Hulme, Alban & Ellis, 1994 ; Walker & Hulme, 1999). Majerus (2010) souligne que « ces effets sont robustes et de même amplitude à travers les différents groupes d'âge étudiés de 4 ans à l'âge adulte ». Notons toutefois que les données relatives à la différence faite par Majerus concernant la distinction afférant aux composantes liées à l'information sérielle versus à l'information sur l'item permettant de prédire le niveau de lexique chez l'enfant n'a toutefois pas été retrouvée dans l'étude de Mounir (2012) où les mesures relatives à ces deux composantes se sont révélées étroitement liées.



Figure 7. Modèle A-O-STM de Majerus & al. (2012)

Au niveau visuel, le fonctionnement est équivoque avec des systèmes distincts en mémoire à long terme stockant, d'une part, les aspects visuels (ex. détails visuel d'un objet, visage), d'autre part, les visuo-spatiaux codant pour l'endroit où se trouve un objet.

Outre les informations récupérées sur les mots ou les images, chaque sous-système est doté d'un module de traitement de l'ordre sériel. Ce module, sous l'activation de l'attention sélective, prend en charge l'agencement des items présentés dans la séquence, chaque item pouvant être reconnu isolément en mémoire à long terme mais stocké de manière ordonnée grâce à ce module. Les informations sur l'ordre sériel, au niveau verbal, semblent davantage conditionner l'apprentissage de nouveaux mots chez l'enfant que l'information sur l'item (Majerus, Poncelet, Greffe & Van der Linden, 2006).

Dans la version visuelle comme dans la version verbale, les informations nécessitent donc un traitement séquentiel, une réactivation des informations, des va-et-vient avec la mémoire à long terme ou encore un maintien actif des items et de leur séquence en faisant abstraction des éléments parasites. Le module d'attention sélective de ce modèle gèrerait ces aspects.

Les systèmes fronto-pariétaux de l'attention sont activés avec des compétitions entre les réseaux ventraux et dorsaux (Todd, Fougne & Marois, 2005 ; Majerus & al. 2012) avec une réactivation ventrale à un stimulus distracteur en fonction de la charge en mémoire à court terme. Il est possible que des systèmes attentionnels plus contrôlés prennent le relais lorsque la charge en mémoire est trop lourde, lorsqu'il faut récapituler l'information en fonction de la tâche.

3.2.4. Éléments de synthèse

L'intérêt du modèle de Baddeley est, entre autres, de rendre compte des traitements de stockage et de traitement à court terme ainsi que des liens avec la mémoire à long terme. Il est aussi prépondérant dans la littérature mais précise peu sinon pas ce qui se passe en réalité au niveau attentionnel ou en terme de contrôle. Le modèle de Norman & Shallice (1980) vient rendre compte du système de détection d'erreurs et de la mise en place d'une procédure plus contrôlée lorsque les routines sont insuffisantes. En cela, il recoupe les informations neurobiologiques précédemment vues. Celui de Majerus témoigne principalement du rôle essentiel de l'attention (sélective), des interactions avec la mémoire à long terme, du traitement de l'ordre sériel. Toutefois, la nature des phénomènes attentionnels, comme le souligne Majerus (2012), est encore assez mal spécifiée et nécessite de s'interroger selon lui, sur différents points. Relèvent-ils de processus automatiques (ex. Cowan, 1995) ou davantage contrôlés (Majerus & al., 2009 ; Todd, Fougne, & Marois, 2005) et quelle est la part de chacun ? Comment les représentations multimodales (éléments visuels, verbaux, etc.) (binding) participent-elles conjointement à

l'élaboration et au stockage temporaire des informations (Baddeley, 2000 ; Parra & al., 2010) ? Comment interpréter le fait que la résistance à l'interférence, entre items, détermine les tâches de mémoire de travail et de mémoire à court terme (Hamilton & Martin, 2007) ?

Ce dernier point nous ramène au thème général de cette thèse qui est, en définitive, de savoir quel est le rôle des phénomènes de contrôle exécutif, et plus spécifiquement d'inhibition, dans les mécanismes de traitement et de mémoire, donc de développement du langage.

3.3. Fonctions exécutives et modèles factoriels des fonctions exécutives (FE)

3.3.1. Introduction

Pour Van der Linden, Meulemans, Seron, Coyette, Andrés & Prairial (2000), le système exécutif « renvoie à un ensemble de processus (d'inhibition, de planification, de flexibilité, de contrôle...) dont la fonction principale est de faciliter l'adaptation du sujet à des situations nouvelles, et ce notamment lorsque les routines d'actions, c'est-à-dire des habiletés cognitives sur-apprises, ne peuvent suffire ». Parallèlement aux modèles unitaires, un pan important de la littérature a développé le concept de fonctions exécutives. Les doubles dissociations, observées chez des patients avec troubles des fonctions exécutives par exemple, ont suggéré qu'au sein des fonctions de contrôle existaient des processus différents, regroupés sous l'appellation de fonctions exécutives.

3.3.2. Vers un modèle factoriel des fonctions exécutives :

« l'unité dans la diversité » (Friedman & Miyake, 2000)

Miyake, Friedman, Emerson, Witzki & Howerter (2000) ont mis en avant à travers leurs analyses factorielles confirmatoires qu'il existait trois composantes principales au sein des fonctions exécutives : la flexibilité mentale (shifting), la mise à jour (updating) et l'inhibition (Figure 8). Ils ont aussi montré que ces trois composantes étaient corrélées entre elles. Les auteurs ont donc parlé d'unité dans la diversité et proposé un modèle intégratif dans lequel il existe des fonctions hétérogènes (composantes indépendantes) mais en étroites relations (Friedman & Miyake, 2000 ; Friedman & Miyake, 2013 ; Teuber, 1972). Ce modèle est actuellement majoritaire dans la littérature.

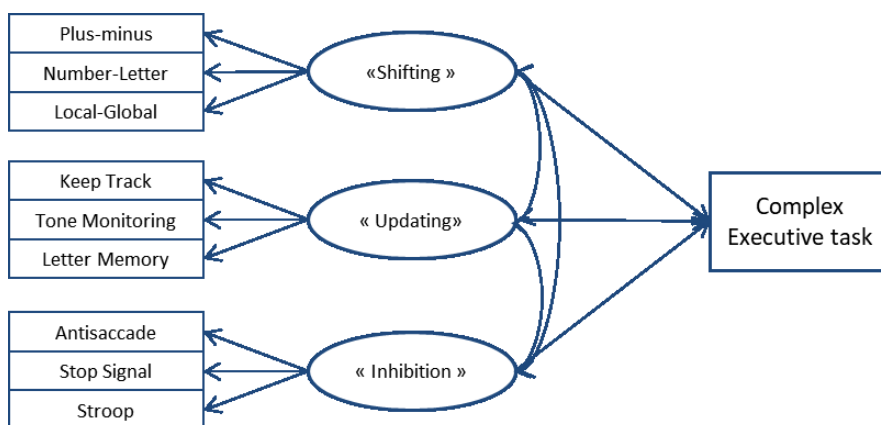


Figure 8. Modèle des fonctions exécutives extrait de Miyake & al. (2000) :
« unité dans la diversité »

Dans une étude ultérieure, Friedman & al. (2008, 2011) ont toutefois pu montrer que le facteur exécutif commun corrélait de manière remarquable avec le facteur inhibition, ne laissant aucune variance spécifique pour le facteur d'inhibition (cf. Figure 9). Selon Miyake & Friedman (2012), l'inhibition serait ainsi une composante de contrôle général impliquée dans toutes les autres fonctions, ce qui serait corroboré au niveau neuro-anatomique (Collette, Van der Linden, Laurey, Delfiore, Deguelde Luxen & Salmon, 2005).

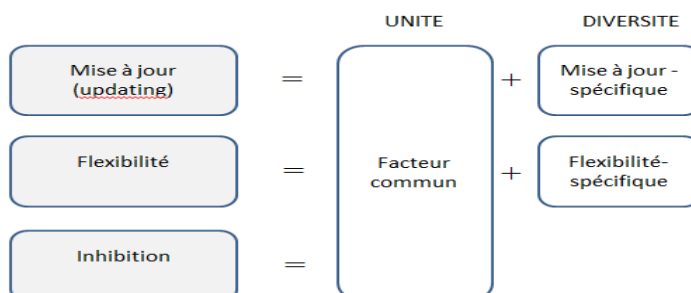


Figure 9. Nouveau modèle des fonctions exécutives. Extrait traduit de Friedman & Miyake (2012)

La neuro-imagerie est en effet venue renforcer ce modèle avec l'étude de Collette & al. (2005). De manière analogue aux études précédentes, trois tâches par composante ont été proposées à des sujets adultes mais, cette fois, en vue d'étudier le fonctionnement cérébral sous-jacent (tomographie à émission de positrons). Des foyers d'activation communs à toutes les tâches (sillon intra-pariétal droit, cortex pariétal supérieur gauche, gyrus préfrontal latéral bilatéral), mais également des foyers d'activations spécifiques à chaque composante (en préfrontal et en pariétal) ont pu être identifiés. Ces résultats confortent donc le modèle de Friedman & Miyake (2000) et lui apportent des bases neuro-anatomiques.

Une seconde question a trait à la différenciation des sous-composantes au cours du développement chez l'enfant. Chez l'enfant, en effet, la question de l'individualisation des composantes est sujette à controverses. Bien qu'un certain nombre d'études aillent dans le sens du modèle de Miyake & al. (2000) avec l'identification des trois mêmes composantes (Lehto, Juujarvi, Kooistra & Pulkkinen, 2003 ; Monette, Bigras & Guay, 2011), d'autres viennent questionner ce modèle dans le cadre du développement de l'enfant. Lee, Bull et Ho (2013), par exemple, ne sont en effet parvenus à mettre en évidence que deux composantes distinctes (où flexibilité et inhibition sont indifférenciées) sur trois, chez les 5 à 11 ans, la troisième composante ne se différenciant réellement qu'à partir de 15 ans avec une période de transition entre 11 et 14 ans. De manière analogue, avant 3 ans, certains chercheurs ont soutenu que les fonctions exécutives n'étaient pas individualisées (ex. Wiebe, Espy & Charak, 2008). La cause de la différenciation reste dans ce cas une question latente avec quelques hypothèses concernant cet aspect (Lee, Bull & Ho, 2013), à savoir la maturation corticale et l'effet de la scolarisation.

La mise à jour, la flexibilité mentale, l'inhibition apparaissent donc comme trois fonctions indépendantes au sein des fonctions exécutives chez l'adulte et sont sous-tendues par des régions cérébrales communes mais néanmoins spécifiques pour chacune d'elles prises indépendamment. La nature du facteur commun et l'individualisation en trois sous-composantes au cours du développement (notamment avant 15 ans) restent cependant des points à éclaircir.

3.3.3. Modèle intégratif et modulaire des fonctions exécutives (Diamond, 2013)

Le Modèle de Diamond (2013) reprend l'idée que les fonctions exécutives se répartissent en trois composantes principales : la mémoire de travail/mise à jour, l'inhibition et la flexibilité. Un module de trois autres fonctions, de plus haut niveau, s'ajoute à cette architecture et comprend : la planification, le raisonnement et la résolution de problème (les deux dernières fonctions constituant l'intelligence fluide) (cf. Figure 10).

Il s'agit d'un modèle modulaire où les composantes sont interdépendantes. Elles se développent progressivement, en interrelation et hiérarchiquement. La mémoire de travail et l'inhibition se mettent d'abord en place, suivies de la flexibilité et, enfin, des fonctions de plus haut niveau. La mémoire de travail et l'inhibition constituent les deux piliers centraux du modèle et du développement des autres fonctions.

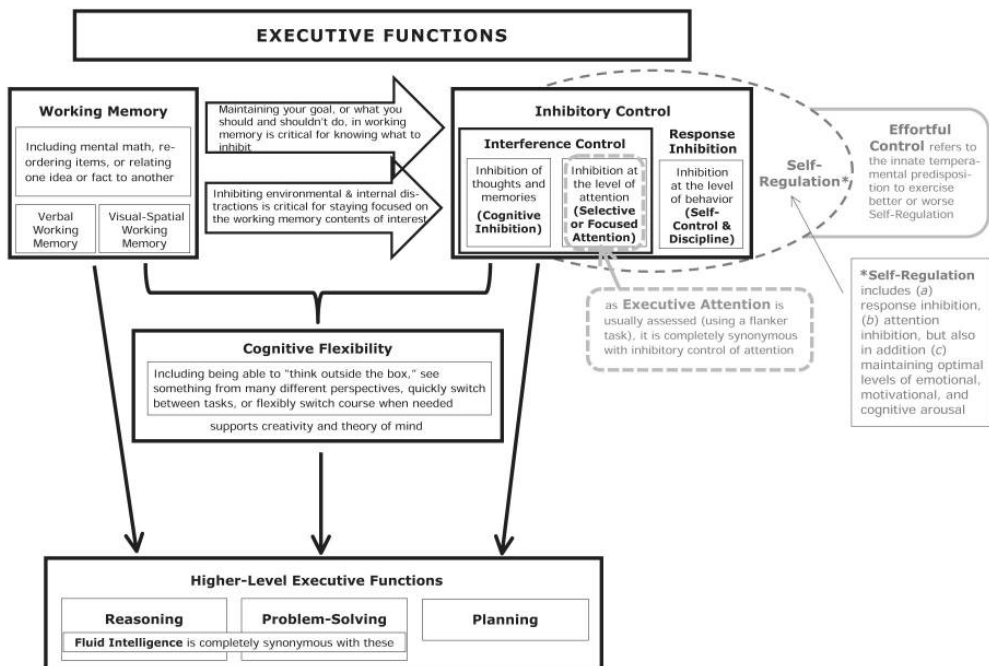


Figure 10. Modèle intégratif des fonctions exécutives. Extrait de Diamond (2013)

Mémoire de travail et inhibition

La mémoire de travail, à l'instar du modèle de Baddeley (2000), permet ici le stockage et la manipulation d'informations, visuelles et verbales, pendant un temps donné et coordonne les informations (récemment activées ou récupérées en mémoire). Elle assure notamment la mise à jour et permet de maintenir le but d'une action active. Elle assure l'ordonnancement et la mise en liens des informations entre elles et contribue ainsi à créer du sens.

L'inhibition permet, quant à elle, de supprimer les stimuli, intrinsèques ou extrinsèques, qui ne sont pas en lien avec la tâche demandée et qui parasitent son bon déroulement et l'atteinte du but. Diamond (2013) distingue deux sous-modules : l'inhibition motrice (Response Inhibition) et le contrôle des interférences (Interference control). La première permet principalement de réguler le comportement physique/moteur ou les émotions externalisées ; elle assure le self-control, la discipline et l'autodiscipline. Le second permet d'éviter l'intrusion de pensées, de cognitions et d'éléments stockés en mémoire et permet d'assurer la sélectivité des informations parmi plusieurs. En supprimant les informations non pertinentes pour la tâche en cours et en permettant une meilleure focalisation attentionnelle (attention sélective) sur le stimulus pertinent, le contrôle des interférences (CI) permet de mieux se centrer sur la tâche à accomplir, sur le but. Les processus

d'inhibition seront repris plus en détail dans le chapitre suivant, spécifiquement dédié à cette notion.

La mémoire de travail et l'inhibition sont en étroite relation pour s'assurer un bon fonctionnement mutuel. La mémoire de travail s'active pour stocker et traiter les informations en vue d'atteindre un but. L'inhibition permet à l'attention de se désengager d'informations non pertinentes pour atteindre ce but. La capacité de la mémoire de travail dépend donc intrinsèquement de l'efficacité du contrôle inhibiteur qui permet de libérer l'espace de travail des éléments encombrants (stimuli intrinsèques et extrinsèques, pensées, éléments mnésiques, informations non pertinentes, informations qui ne sont plus pertinentes). Selon Zanto & Gazzaley (2011), « les performances optimales en mémoire de travail dépendent du filtrage effectif des informations non pertinentes, qui s'opèrent par des suppressions neurales, pour éviter de surcharger la mémoire de travail à capacité limitée ». Rutman et collaborateurs (Rutman, Clapp, Chadick & Gazzaley) ont montré, chez le jeune adulte, que les difficultés d'encodage en mémoire de travail pouvaient être mises en lien avec la propension à la distraction (variation de la P100 en ERP) montrant ainsi un lien entre attention et mémoire et intervenant déjà depuis les premiers stades du traitement de l'information. Une bonne attention, dès ces premiers traitements de l'information, contribue à maintenir activement l'information pertinente en mémoire et à éliminer les informations non pertinentes.

Mémoire de travail et inhibition s'élaborent déjà très tôt et jusqu'à l'âge adulte. Un déclin est noté chez le sujet âgé ou dans les pathologies neurodégénératives. Il n'est pas évident de spécifier aujourd'hui si l'une apparaît avant l'autre ou si leur apparition est simultanée selon Er-Rafiqi & al. (2017) (Diamond, 2013 ; Carlson & Meltzoff, 2008).

Le stockage à court terme d'information se développe déjà très tôt (dès les premiers mois) même s'il n'est limité qu'à un ou deux éléments pendant assez longtemps (Diamond, 1995). Il se met plus vite et plus rapidement en place que la composante de traitement (administrateur central). Vers 9-12 mois, l'enfant peut réactualiser des éléments en mémoire de travail telle que dans la tâche A non B (Diamond, 1985). Cependant le traitement de l'information en MdT est bien plus long à se mettre en place (ex. réorganiser des informations stockées par taille) (Cowan, Sault & Elliotts, 2002 ; Cowan, AuBuchon, Gilchrist, Ricker, & Sault, 2011 ; Crone, Wendelken, van Leijenhorst & Bunge, 2006 ; Davidson, Amso, Anderson & Diamond, 2006). Le traitement s'élabore donc plus progressivement, mais déjà jeune, et dure au fil de l'enfance. Stockage et traitement sont par ailleurs identifiés comme facteurs distincts dans les analyses factorielles chez l'enfant, l'adolescent et l'adulte et sont liés à des substrats neuronaux différents (Alloway, Gathercole, Willis & Adams, 2004 ; Gathercole, Pickering, Ambridge & Wearing, 2004). Le stockage implique le cortex préfrontal ventrolatéral alors que le traitement implique davantage le cortex préfrontal dorsolatéral (lorsque le seuil de la mémoire phonologique à

court terme n'est pas dépassé (D'Esposito, Postle, Ballard & Lease, 1999 ; Eldreth, Patterson, Porcelli, Biswal, Rebbeck & al., 2006 ; Smith & Jonides, 1999).

Les prémices de l'inhibition sont déjà visibles dès 8-10 mois dans la tâche A non B avec une activation précoce des zones corticales préfrontales dorsolatérales dédiées à l'inhibition (Er-Rafiqi, Roukoz, Le Gall, & Roy, 2017).

Au cours du vieillissement typique, la mémoire de travail décline (ex. Fiore, Borella, Mammarella & De Beni, 2012) mais ce déclin semble en partie expliqué par l'étiollement des processus d'inhibition qui rend la plus vulnérable aux interférences pro et rétroactives (Hedden & Park, 2001 ; Solesio-Jofre, Lorenzo-Lopez, Guitiérrez & Lopez-Frutos, 2011). Le fait de laisser actives les informations non pertinentes, alourdit la charge en mémoire de travail. Différentes études ont ainsi montré une dégradation spécifique du contrôle des interférences (Hasher & Zacks, 1988) avec une plus pauvre inhibition des stimuli distracteurs visuels (Darowsky, Helder, Zacks, Hasher & Hambrick, 2008) et auditifs (Alain & Woods, 1999), une plus grande difficulté à supprimer les stimuli non pertinents (Gazzaley, Cooney, McEvoy, Knight & D'Eposito, 2005) ou les informations non pertinentes (Zanto, Ruben, Bollinger & Gazzaley, 2010).

Avec ce type de modèle, on comprend dès lors tant le déclin de l'inhibition du sujet âgé que le retentissement sur les performances générales chez l'enfant.

Flexibilité

Une fois l'inhibition et la mémoire de travail en place, la flexibilité est alors possible. Celle-ci permet de passer d'une information à l'autre afin d'effectuer la nouvelle tâche. Elle permet le changement de perspective sur le plan visuo-spatial, cognitif ou encore dans la relation à l'autre (ex. voir une forme sous un autre angle de vue, chercher une autre voie pour trouver la solution à un problème de math ; percevoir selon le point de vue de l'autre/prémices de l'empathie). Pour changer d'angle de vue ou de priorité, il est important, selon Diamond, de pouvoir inhiber les perspectives initiales (i.e. les désactiver) et d'activer un autre point de vue en mémoire de travail. La flexibilité nécessite donc d'activer un nouveau but et de maintenir actives de nouvelles informations en mémoire de travail mais aussi d'éliminer les informations et le but de la tâche précédemment activés. Ceci est du ressort de l'inhibition.

Selon Diamond, la flexibilité est étroitement liée à la créativité et à la théorie de l'esprit.

La flexibilité arrive donc plus tard dans le développement (Davidson & al., 2006 ; Garon, Bryson & Smith, 2008) puisqu'elle se fonde sur l'inhibition et la mémoire de travail selon Diamond (2013) et qu'elle évolue à mesure aussi que l'inhibition et la mémoire de travail s'élaborent dans l'enfance. La flexibilité est souvent testée dans des tâches de switching qui

consistent à activer un premier critère qui définira ce qui doit être fait dans la première phase de la tâche. Puis ce critère change et le participant doit alors prendre en compte ce nouveau critère pour la suite de la tâche. Dès 2 ans et demi, les prémices de la flexibilité sont présentes. Les enfants sont alors capables d'inverser des consignes simples pour réussir une tâche de flexibilité (Brooks, Hanauer, Padowska & Rosman, 2013). A 3 ans et demi, les enfants persévèrent sur la première règle au DCCS¹⁹ alors qu'ils peuvent la réussir à 4 ans (Frye, Zelazo & Palfai, 1995). Une fois que l'enfant de 3 ans s'est focalisé sur un critère (ex. rouge/couleur), il lui est alors très difficile de permuter vers une autre dimension (ex. « camion »/forme, camion bleu, camion rouge). Diamond précise qu'à 3 ans les enfants continuent d'ordonner les éléments dans la tâche selon le premier critère donné (forme ou couleur) alors qu'ils sont capables de trier selon un autre critère si celui-ci est présenté séparément ou si la nouvelle règle est énoncée explicitement. Ils ne sont pas capables de trier selon le second critère car celui-ci, dans la tâche, n'a pas été activé explicitement comme le critère de référence qui doit guider leur comportement. Les erreurs semblent liées à la difficulté à inhiber ou à recouvrir ce qui a été activé précédemment. Ceci est appelé l'inertie attentionnelle et est définie comme la tendance à continuer à focaliser l'attention sur ce qui était précédemment pertinent (Kirkham & al., 2002 ; Kloof & Perner, 2005 ; Chatham, Claus, Kim, Curran & Banich, 2012). Elle est inhérente à l'inhibition. Cette tendance à l'inertie attentionnelle ne disparaît jamais complètement. Celle-ci peut se mesurer notamment dans les latences de réaction chez l'adulte jeune qui doit switcher et répondre sur la base d'un autre critère (Diamond & Kirkham, 2005). Enfin, ce n'est que vers 7-9 ans que l'enfant peut réussir une tâche de switching classique (Davidson & al. 2006).

La flexibilité, au même titre que la mémoire de travail et de l'inhibition dont elle est tributaire, décline au cours du vieillissement. Les tâches de switching montrent ainsi une augmentation des erreurs et du temps chez les adultes âgés comparativement aux plus jeunes (Cepeda, Kramer & Gonzales de Sather, 2001). Au cours du développement comme du vieillissement avéré, les participants sont plus réactifs mais moins organisés et anticipent moins que les sujets contrôle appariés en âge intermédiaire pour lesquels la flexibilité est optimale (Czernochowski, Nessler & Friedman, 2010 ; Karayanidis, Whitson, Heathcote & Michie, 2011 ; Munaka, Snyder & Chatham, 2012).

¹⁹ DCCST /Dimensional Change Card Sort Task (Zelazo, 2006) : tâche utilisée en psychologie pour tester les capacités de flexibilité mentale. En premier, il faut sortir 6 cartes selon un critère (forme ou couleur) puis en deuxième, il faut en sortir 6 autres en fonction d'un autre critère. La demande mnésique est réduite dans ce test intentionnellement par une position selon le critère et aussi par le fait que l'examineur rappelle à l'enfant quel est le critère de classement à chaque item. Dans la tâche initiale (Wisconsin Card Sorting task ; Grant & Berg, 1948) les cartes doivent être triées selon le nombre, la couleur ou la forme mais le participant doit trouver le critère de classement initié par l'examineur et le poursuivre alors que régulièrement le critère est changé, le participant doit s'adapter, percevoir le changement, trouver le nouveau critère de classement et le poursuivre tout en inhibant le précédent.

Diamond (2013) rapporte une activation du cortex préfrontal dorsolatéral (choix de l'item) (Wendelken & al., 2012) et du cortex moteur (réponse motrice) (Georgopoulos, Lurito, Petrides, Schwartz & Massey, 1989) qui représentent la tendance prépotente qui doit être inhibée.

Planification, résolution de problème, raisonnement

Enfin, selon Diamond, la planification, la résolution de problème et le raisonnement sont des fonctions exécutives (FE) de très haut niveau qui ne peuvent s'élaborer que si la mémoire de travail, l'inhibition et la flexibilité sont efficaces. Ces FE de très haut niveau « permettent à l'enfant d'établir et d'initier des plans d'actions, de formuler des stratégies ou encore d'organiser les étapes nécessaires pour atteindre un objectif précis » (Er-Rafiqi, Roukoz, Le Gall & Roy, 2017). Diamond (2013) fait un parallèle étroit entre ces FE de très haut niveau et l'intelligence fluide définie comme la capacité à raisonner, à résoudre des problèmes, à voir les patterns et relations entre les choses (Ferrer, O'Hare & Bunge, 2009). Elle inclut le raisonnement inductif et déductif logique et suppose aussi la capacité à abstraire des relations par analogie. Selon Diamond (2013), il n'est donc pas étonnant que les mesures indépendantes de fonctions exécutives corrélaient fortement avec des tests tels que les matrices de Raven (Raven, 2000) mesurant l'intelligence fluide (Conway, Kane & Engle, 2003 ; Kane & Engle, 2002 ; Roca, Parr, Thompson, Woolgar, Tarralva, Antoun, ... & Duncan., 2009). Le développement de ces fonctions est donc tributaire de l'évolution des trois fonctions exécutives piliers (MdT, inhibition et flexibilité) au cours du développement comme du vieillissement cognitif. Les travaux de Welsh (1991) montrent une évolution importante des capacités de planification entre 5 et 6 ans.

3.3.4. Paramètres influençant les FE

Diamond (2013) puis Er-Rafiqi & al. (2017) par exemple ont souligné l'influence probable ou avérée de plusieurs facteurs sur l'efficacité des FE. Une vulnérabilité précoce peut par ailleurs avoir une forte incidence sinon avoir des conséquences dévastatrices (Tranel & Eslinger, 2000) sur les capacités d'adaptation d'enfants qui auraient présenté une altération des fonctions exécutives très jeunes. Parallèlement à cela, des effets d'entraînement sont rapportés dans différentes études suggérant le fait que les fonctions exécutives sont stimulables et ceci précocement déjà. O'Shaughnessy & al. (2003) suggèrent d'ailleurs qu'un entraînement précoce permettrait de diminuer les disparités sociales.

Les variations interindividuelles paraissent, au moins en partie, liées à des facteurs génétiques (étude de jumeaux). Les variables socio-économiques, sociodémographiques (ex. genre) et culturelles, bien que ne donnant pas toujours des résultats équivoques dans les études, semblent agir sur les fonctions exécutives.

La santé mentale et physique est également un point non négligeable influent sur les FE et où l'action peut être davantage modulée. Notons en effet que le cortex préfrontal, siège principal des FE, est celui qui souffre le plus et de manière disproportionnelle lorsque quelque chose ne va pas. Il souffre au niveau physiologique et neuroanatomique ce qui a des répercussions au niveau du comportement (raisonnement appauvri, difficultés à solutionner des problèmes, oublis, difficultés d'autodiscipline ou de self contrôle). Diamond (2013) rapporte différents paramètres qui interviennent sur son efficience :

- le stress (Arneten, 1998 ; Liston, Mc Ewen & Casey, 2009 ; Oaten & Cheng, 2005)
- la tristesse (Hirt & al., 2008),
- la solitude (Tun & al. , 2012)
- la forme physique (Best, 2010)
- les états de privation de sommeil (Wagner, Barnes, Lim & Ferris, 2012) ou le manque de sommeil

A l'inverse, l'entraînement des FE montre des résultats prometteurs selon les activités ou programmes proposés. Diamond (2013) cite plusieurs principes qui apparaissent générer des gains plus importants sur les FE :

- transfert plus probant pour les programmes avec fonctions plus élaborées.²⁰
- bénéfice plus important pour les enfants initialement le plus en difficulté dans les tâches de FE (Flook, Smalley, Kitil, Galla, Kaiser-Greenland, Locke, ... & Kasari, 2010).
- écarts plus amples, entre groupe tests et contrôle, lorsque les limites dans les tâches de FE sont éprouvées (Davis, Tomporowsky, Dowell, Austin, Miller, Yanasak, ... & Naglieri , 2011).
- nécessité d'augmenter continuellement la demande pour activer les FE (Bergmann Nutley, Söderqvist, Bryde & Thorell, 2011).²¹
- répétition et haute fréquence de la pratique sont essentielles pour générer un gain.²²

²⁰ Une tâche de switching, par exemple, requiert la mémoire de travail, l'inhibition et la flexibilité ; ceci permet un entraînement incident plus global. Le transfert peut alors se faire sur une tâche de switching non entraînée mais aussi sur d'inhibition (Stroop interférence) ou sur de mémoire de travail verbale ou non verbale ou sur du raisonnement (Karchach & Kray, 2009).

²¹ Ceci permet de maintenir actif les circuits de la nouveauté et de la récompense et maintenir l'intérêt. Si on s'en réfère au modèle neurobiologique, les circuits de récompense ne sont alors plus stimulés diminuant l'attention portée à la tâche et ne recrutant pas, ou moins, l'utilisation des systèmes de contrôle exécutif mais davantage le système des routines. Ericson, Nandagopal & Roring (2009) insistent sur le fait que la pratique vers une expertise consiste à toujours tenter de performer juste au-dessus du niveau de compétence et de confort. Ceci ressemble en définitive fortement au concept de zone proximale (Vygotski, 1980).

²² Les entraînements fréquents ont montré que l'amélioration des FE au fil des jours permettait leur intégration progressive dans toutes les activités scolaires et pas seulement dans un module (Diamond, Barnett, Thomas & Munro, 2007). La pratique répétée est la clé (Klingberg & al., 2005).

3.3.5. Éléments de synthèse

Les fonctions exécutives, ou système exécutif de contrôle, constituent un concept en forte évolution et d'importance capitale dans l'organisation cognitive. Un certain nombre d'études donne désormais une idée de la chronologie et des interrelations dans le développement de celles-ci. Les travaux actuels, en développement, s'inscrivent désormais dans la validation des modèles proposés à savoir, déterminer exactement à quel âge, dans quel ordre et quelles sont les interrelations dans leur développement et leurs implications précises. Il est aussi question, compte tenu de leur aspect central dans le fonctionnement cognitif, de connaître l'impact d'un dysfonctionnement de ces fonctions sur différents processus (ex. langage oral ou langage écrit) mais aussi de mesurer les effets de leur stimulation ou réhabilitation sur les autres processus.

Comme nous l'avons amorcé à travers les différents éléments précédents, l'inhibition apparaît être un processus majeur des activités cognitives. Ci-après, en rapport avec la thématique de cette thèse, nous développerons donc plus spécifiquement ce concept et ensuite les travaux évoquant son impact dans le cadre du développement du langage.

4. LE CONCEPT D'INHIBITION COGNITIVE ET LES DIFFÉRENTES FORMES D'INHIBITION

4.1. Introduction et définition

Dès le XIX^{ème} siècle, les premières théories sur l'inhibition, à la frontière entre physiologie et psychologie, émergent. Le concept d'inhibition prend place et se trouve rapidement considéré comme une forme supérieure de contrôle cognitif.

Comme cela a été présenté dans les points précédents, l'inhibition est une fonction exécutive majeure dans le développement (Diamond, 2013). L'inhibition cognitive est un mécanisme de contrôle qui permet de supprimer certaines informations inadéquates, automatiques ou sur-apprises afin de permettre la sélection des informations nécessaires et pertinentes pour la tâche en cours. Selon Diamond (2013), le contrôle inhibiteur (ou inhibition) se définit comme « la capacité d'un individu à contrôler son attention, son comportement, ses pensées et/ou émotions afin d'être en mesure de passer outre une forte prédisposition interne ou un attrait externe et à la place faire ce qui est davantage approprié ou nécessaire ». Il s'agit là encore pour Diamond (2013) d'une « fonction essentielle qui nous permet de ne pas être des machines à automatismes. Elle nous permet de résister. Sans elle, nous serions tributaires de nos impulsions, nos vieilles habitudes, pensées ou actions (réponses conditionnées) et/ou des stimuli de l'environnement, qui nous obligeraient de manière impérieuse à prendre un chemin ou un autre ».

Parler d'inhibition suscite la question de l'attention de manière générale raison pour laquelle nous avons développé les modèles de Peterson & Posner (2012) et de Lachaux

(2011). Elle interroge sur le caractère automatique ou contrôlé d'un processus. Considérer un processus comme contrôlé, à la différence d'un processus automatique, fait référence au fait qu'il nécessite un effort du système (effortfull) en raison de l'implication de ressources attentionnelles de contrôle. De nombreux travaux ont pu montrer que l'inhibition sollicitait des ressources attentionnelles (effortfull). Lorsqu'il est demandé à des sujets de retenir des mots au cours d'une tâche d'amorçage négatif²³ par exemple, leurs performances diminuent en fonction de l'augmentation du nombre de mots, c'est-à-dire lorsque la charge augmente (Engle, Conway, Tuholski & Shisler, 1995). En ce sens, l'inhibition apparaît comme un processus contrôlé, affecté par le poids de la tâche.

Avec les modèles neurobiologiques (ex. Lachaux, 2011) et travaux sur les fonctions exécutives présentés dans le chapitre précédent, l'inhibition apparaît comme un filtre attentionnel mais aussi comme une fonction de régulation à toutes les strates neurobiologiques et cognitives d'une action. Elle est le pendant des phénomènes d'activation. Elle permet de supprimer les stimuli distracteurs en résistant à la distraction, elle empêche qu'une information ne surgisse à nouveau de manière inappropriée ultérieurement dans les traitements, elle permet aussi de se désengager d'un processus inefficace par exemple. L'ensemble vise à maintenir efficaces les actions en vue de réaliser un but. Son rôle est principalement associé au fonctionnement des lobes frontaux en raison des similarités de fonctionnement avec celui de l'administrateur central (Baddeley, 2000) ou du système attentionnel superviseur (SAS, Norman & Shallice, 1980) mais, de manière plus subtile aussi, à des liens inhibiteurs entre les neurones même à des niveaux primaires et non conscients de l'action.

Comme nous l'avons vu avec les travaux de Miyake & al. (2000) et avec différents travaux en neuro-anatomie et neuro-imagerie, l'inhibition est apparue comme une composante indépendante majeure des fonctions exécutives au même titre que la flexibilité mentale ou la fonction de mise à jour. Les conceptions de l'inhibition diffèrent aussi selon que l'on se place dans une vision unitaire ou davantage factorielle, selon les modèles auxquels on se rattache, selon les mécanismes impliqués. Différentes taxonomies ont été proposées dans le but de clarifier ce concept. Harnishfelger (1995), par exemple, a proposé une classification de l'inhibition prenant en considération trois dimensions : l'intentionnalité (intentionnelle ou non), l'implication motrice versus cognitive, l'entrée ou non en mémoire

²³ La tâche d'amorçage négatif est une tâche souvent utilisée pour tester les mécanismes d'inhibition. Elle consiste à présenter une image préalable (amorce) qui interfère (sémantiquement ou phonologiquement) avec le stimulus test présenté dans un second temps. Il faut alors inhiber l'amorce pour traiter efficacement le stimulus test. Avec un amorçage négatif, l'image d'amorce interfère avec le stimulus cible et entraîne une diminution des performances comparativement à l'amorçage positif qui tend à activer le stimulus (ex. : canapé-fauteuil). Un sujet qui présente des difficultés d'inhibition aura d'autant plus de difficultés avec les tâches d'amorçage négatif puisqu'il ne parviendra pas à faire abstraction de l'amorce. Un ralentissement du temps de réaction est observé lorsqu'une réponse est demandée à un stimulus et que le sujet a dû l'ignorer dans une phase antérieure (Tipper, 1985).

de travail. Différents niveaux sont aussi proposés selon les modalités de l'inhibition avec notamment la dissociation entre inhibition motrice, dite « simple » et l'inhibition cognitive dite « complexe ou attentionnelle » (Dempster & Corkill, 1999 ; Nigg, 2000). Revenons plus en détail sur quelques travaux relatifs à la modélisation de l'inhibition.

4.2. Taxonomies et modélisation de l'inhibition

4.2.1. Système cognitif selon Houdé (2014)

Le système présenté par Houdé (2014) transcrit, de manière simplifiée et en version modulaire, les données neurobiologiques présentées précédemment. Il intègre aussi la dimension automatique versus contrôlée retrouvé dans le modèle de Norman et Shallice (1980) et partitionne les actions selon trois systèmes : le système heuristique, le système algorithmique, le système d'inhibition (cf. Figure 11). L'inhibition a une place de choix dans ce modèle.

Le système heuristique gère les pensées « automatiques » et intuitives, il est rapide mais uniquement fiable dans les situations prototypiques.

Le système algorithmique correspond à la pensée réfléchie de type logico-mathématique, il est très fiable mais lent.

Le système d'inhibition a une fonction d'arbitrage. Il permet de stopper les heuristiques et de rediriger la pensée vers le système algorithmique plus sophistiqué, plus logique mais plus lent afin d'assurer une réponse plus adaptée.

Les heuristiques sont de micro règles établies à partir de situations habituelles, courantes, générales, apprises soit par l'expérience et plus ou moins explicitement. Le cerveau de l'enfant détecte ainsi très vite des régularités dans le monde qui l'entoure (cf. bébé statisticien) et en déduit des heuristiques (ex. « longueur égale nombre » qui est une « heuristique de nature perceptive », Houdé, 2014). Il s'agit de « stratégies très rapides, très efficaces (donc économiques pour le cerveau) qui marchent très bien, très souvent mais pas toujours » (Houdé, 2014). Les heuristiques sont de différentes natures (perceptive, cognitive, motrice). Elles sont stockées en mémoire par des réseaux spécifiés ce qui leur donnent une voie d'accès privilégiée qui leur permet de s'imposer à la pensée et permettent ainsi au cerveau de s'économiser. Toutefois, elles ne permettent pas toujours d'arriver à la réponse adéquate et peuvent être en conflit avec la réalité. En cas de détection d'erreurs, le système d'inhibition vient alors stopper ces heuristiques pour laisser le temps au système d'algorithmique de prendre en considération tous les paramètres et lui permettre de s'imposer ensuite.

Les trois systèmes cognitifs

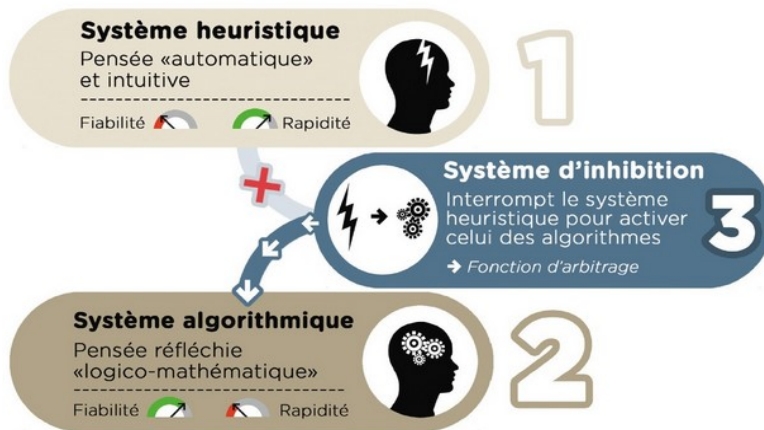


Figure 11. Modèle de Houdé (extrait, Houdé, 2014). Les trois systèmes cognitifs en interrelation.

Des réseaux de neurones différents soutiennent ces systèmes. Le gyrus cingulaire soutient la détection d'erreur. Le système d'inhibition à proprement parlé est principalement géré au niveau du cortex préfrontal mais aussi, comme le décrit Lachaux (2011), via des réseaux plus vastes, corticaux et sous corticaux, régissant les échanges inhibiteurs à différents niveaux. Les neurones du cortex préfrontal (avec axone long) envoient des signaux à l'ensemble du cortex vers des neurones inhibiteurs pour relayer l'information plus localement et éteindre des ensembles de neurones préactivés (les heuristiques) (Dehaene, 2014).

Pour Houdé (2014), le système d'inhibition est un élément majeur de la construction de la pensée. Il permet selon lui de construire les notions d'objet, de catégorisation, de nombre, de raisonnement logique qui constituent « l'architecture de la pensée, de l'intelligence au sens général du terme ».

4.2.2. Friedman et Miyake (2004)

De manière analogue à leur étude sur la différenciation des fonctions exécutives, et relativement aux travaux déjà réalisés sur les fonctions exécutives (ex. Nigg, 2000 ; Harnishfeger, 1995), Friedman & Miyake (2004) ont tenté d'identifier différentes composantes au sein de l'inhibition. Leur but était de savoir si, au sein de l'inhibition, pouvaient se dégager trois processus différenciés mais témoignant d'un processus général d'inhibition. Les trois-sous composantes attentionnelles ont été postulées : la résistance aux distracteurs externes, la résistance proactive à l'interférence et l'inhibition d'une réponse prépondérante. De nombreuses études en développement font référence à ces composantes qu'il est donc nécessaire de définir même si, comme nous le verrons plus loin

avec le contrôle inhibiteur dans le modèle de Diamond (2013), les composantes en développement ne sont pas tout à fait identiques.

- La *résistance aux distracteurs interférents externes* se définit comme la capacité à inhiber des informations externes, perturbatrices, en vue de réaliser un but. Pour Chevalier (2010), cette inhibition intervient avant même l'entrée en mémoire de travail.
- L'*inhibition d'une réponse prépondérante (inhibition conceptuelle)* se définit comme la capacité à bloquer des réponses automatiques ou dominantes. Elle est testée, par exemple, dans une tâche de Stroop.
- La *résistance à l'interférence proactive* correspond à la capacité à résister à des informations pertinentes précédemment mais qui ne le sont plus pour le nouveau traitement. Une des tâches classiquement utilisées pour ce type d'inhibition est le rappel de listes interférentes de mots dans lequel le sujet doit rappeler successivement des listes de mots apprises qui présentent plus ou moins de similarité/d'interférence (ex. sur le plan sémantique).

Dans l'idée de mieux appréhender les processus d'inhibition et pour tenter de valider leur modèle, Friedman & Miyake (2004) ont administré un ensemble de trois tâches pour chacun des trois sous-types d'inhibition à 220 sujets adultes. En dépit de ce qu'ils avaient prédit, les analyses factorielles n'ont permis de valider que deux composantes indépendantes. Le premier facteur comprend la résistance aux distracteurs externes et la résistance à une réponse prépondérante, le second correspond à la résistance à l'interférence proactive. Autrement dit, cette étude tend à montrer que l'inhibition peut être subdivisée en deux composantes réellement indépendantes ne reflétant pas forcément un processus d'inhibition commun.

De manière similaire, Huizinga, Dolen & Van der Molen (2006), avec un design expérimental similaire à celui de Miyake & al., (2000) et de Lehto & al., (2003), ne sont pas parvenus à extraire de facteur commun d'inhibition à partir des trois composantes d'inhibition chez l'enfant. L'inhibition n'apparaît donc pas de manière évidente comme un processus unitaire composé de sous-composantes en lien chez l'enfant. Au-delà des aspects strictement développementaux, des variations dans les âges et dans le choix des tests et des mesures peuvent notamment expliquer des variations dans les résultats.

Le modèle de Diamond (2013) ci-après contribue à une meilleure compréhension de ces processus inhibiteurs.

4.2.3. Le contrôle inhibiteur, Diamond (2013)

Pour Diamond (2013), le contrôle inhibiteur (inhibitory control) (cf. Figure 10, précédente) implique l'habileté à réguler l'attention, le comportement, les émotions et les souvenirs. Il dépend de fortes prédispositions internes ou de contraintes externes. Il permet de faire des choix, d'opérer des changements plutôt que d'être exclusivement régi par les habitudes, les réflexes ou des pensées dominantes. Il s'agit d'un processus coûteux demandant de mobiliser des ressources (« effortfull »). Ces processus sont en lien avec la mémoire de travail (updating) qui permet de maintenir le but actif pendant une tâche, compte tenu des distractions internes ou externes qui peuvent venir perturber l'atteinte du but.

Il comprend deux aspects, le contrôle de l'interférence et le contrôle de réponses comportementales.

Le contrôle de l'interférence (« interference control »)

Il fait référence à des processus endogènes de type top-down (de bas en haut). Il permet de réguler les interférences mentales et se subdivise en deux sous-types : l'inhibition cognitive et le contrôle exécutif attentionnel.

Le contrôle exécutif attentionnel (attention sélective)

Il correspond au contrôle inhibiteur au niveau de la perception. Il permet de supprimer les interférences provenant du champ perceptif et, notamment, de réguler les processus d'engagement vers une cible et de désengagement envers les éléments non pertinents. Un stimulus saillant du champ perceptif, exogène (ex. un oiseau qui passe près de nous, un bruit soudain) attirera l'attention de manière quasi automatique sans pour autant être nécessairement pertinent. Un processus actif pourra, de manière plutôt volontaire, venir inhiber ce stimulus saillant pour permettre la focalisation vers une cible répondant à l'objectif. Il s'agit d'une inhibition intentionnelle, sélective, endogène, top-down.

L'inhibition cognitive (contrôle au niveau des pensées et souvenirs)

Elle permet l'inhibition de pensées ou de souvenirs et permet l'inhibition de réponses prépotentes. Elle permet aussi de résister à des informations activées plus tôt (interférence proactive) et de résister à des interférences rétroactives relatives à des informations présentées plus tard. Elle est au service de la mémoire de travail.

Le contrôle d'une réponse comportementale (Response inhibition)

Il correspond au contrôle des émotions et de la maîtrise de soi qui permet de réguler le comportement physique. Le contrôle d'une réponse comportementale est impliqué dans le fait de résister aux tentations, de ne pas réagir impulsivement, de prendre en

considération différents paramètres comme les normes sociales ou permet encore de s'autodiscipliner. Il permet, par exemple, de terminer un exercice avant d'aller jouer, de ne pas s'adonner à des conduites addictives ou néfastes (ex. alcoolisation, boulimie, comportements violents), de différer un plaisir (ex. tâches de gratification).

Le contrôle inhibiteur permet donc le contrôle des interférences cognitives et le contrôle exécutif attentionnel mais aussi l'inhibition de réponses sur le plan comportemental. Il maintient un niveau optimal en termes d'émotion, de motivation ou d'intérêts cognitifs nécessaires pour réaliser une tâche. Comme vu précédemment, le contrôle inhibiteur contribue, avec la mémoire de travail et la flexibilité mentale, à gérer des tâches de raisonnement, de résolution de problème ou de planification.

Ce modèle de l'inhibition a l'avantage d'intégrer relativement bien les différentes données relatives au champ de l'inhibition et notamment d'envisager les interrelations au sein des fonctions cognitives, en termes cliniques sur le plan développemental et comportemental.

4.2.4. Éléments de synthèse

Les trois modèles présentés ici permettent de se représenter, d'une part la difficulté à opérationnaliser un concept et notamment sur le plan développemental, d'autre part l'implication importante que semble jouer l'inhibition en tant que processus de contrôle dans le contrôle exécutif ou dans l'organisation cognitive générale.

L'inhibition peine cependant à trouver une unité selon les tâches utilisées et selon l'âge des participants dans le modèle de Friedman & Miyake (2004), ce qui rend son étude parfois délicate sinon à être considérée de manière dynamique. Les modèles de Petersen & Posner (2012) et de Diamond (2013) tendent à intégrer les évolutions du système exécutif de contrôle au cours du développement et des liens avec les autres systèmes de contrôle au sein du système cognitif. L'inhibition est aussi une fonction qui trouve des corrélats neurophysiologiques évidents et qui invite à considérer l'inhibition au sein d'un vaste réseau d'activation/inhibition de la cellule aux structures macrocéphaliques (ex. Lachaux, 2011).

4.3. Développement des capacités d'inhibition cognitive

Longtemps considérées en rapport avec le fonctionnement adulte (lésions acquises, syndromes dégénératifs, etc.) puis comme des fonctions à développement tardif, les fonctions exécutives, et donc l'inhibition, n'ont en conséquence été investiguées que récemment chez l'enfant.

Les travaux sur la maturation des aires cérébrales montrent que les aires principalement impliquées dans l'évolution des fonctions exécutives pendant l'enfance n'est pas négligeable, et qu'il existe des périodes spécifiques dans leur développement. Les

principales régions dévolues à l'inhibition seraient les régions frontales, pariétales, striatales et thalamiques. Leur évolution, quoiqu'étendue jusque 24 ans, ne serait pas constante et certains auteurs ont pu montrer des pics de développement du cortex préfrontal entre 0 et 2 ans, 7 et 9 ans et 16 et 19 ans (Anderson, Levin & Jacobs, 2002).

L'inhibition de type cognitif et de type moteur se développent considérablement durant la période préscolaire (Carlson, 2005 ; Simpson & Riggs, 2005) et leur évolution apparaît plus lente, surtout pour l'inhibition cognitive durant la seconde partie de l'enfance (Best & Miller, 2010 ; Davidson & al. , 2006 ; Lehto & al., 2003). Selon le type d'inhibition considéré, le développement peut donc également varier.

Période préscolaire

Les travaux de Diamond (1988) avec la tâche de détour²⁴ ou encore avec les tâches A non B²⁵ (Diamond & Doard, 1989) ont amorcé la connaissance des mécanismes d'inhibition chez le tout petit. Ils ont montré l'existence et l'évolution de capacités précoces chez l'enfant de 6 à 12 mois. L'évolution de ces compétences serait liée aux modifications du système dopaminergique pendant cette période (augmentation au niveau du cortex préfrontal dorso-latéral) (Diamond, Briand, Fossella & Gehlbach, 2004).

L'étude de Diamond (2001) sur les enfants d'âge préscolaire a permis de montrer une évolution progressive des fonctions inhibitrices parallèlement au développement préfrontal, entre 3 ½ ans et 7 ans dans diverses tâches.

De manière générale, le contrôle d'une réponse comportementale (inhibition motrice), s'améliore fortement à partir de 3 ans et continue cette progression jusqu'à 6 ans pour l'adéquation des réponses. Entre 4 et 6 ans, c'est le temps de réponse qui commence à diminuer. Selon les tâches et les mesures (temps ou efficacité), des variations légères dans les âges sont observées²⁶. En définitive, déjà très jeunes, les enfants sont capables d'inhiber une réponse motrice automatisée (Diamond & al., 2007).

²⁴ **Tâche de détour** : consiste à cacher un objet dans une boîte transparente dont l'accès par une ouverture est plus ou moins direct. L'enfant doit récupérer l'objet dans cette boîte. L'erreur consiste à atteindre les contours de la boîte au lieu d'atteindre l'objet (plutôt que de la contourner afin de passer la main dans l'ouverture).

²⁵ **Tâche A non B** : paradigme initialement utilisé pour tester la permanence de l'objet par Piaget en 1954. Cette tâche est désormais souvent utilisée pour tester la capacité de l'enfant à résister à une information prépondérante. Dans cette tâche, un objet est caché dans un endroit A. Une fois que l'enfant l'a retrouvé, on cache, devant le regard de l'enfant, l'objet dans un endroit B et on demande à l'enfant de retrouver l'objet. L'erreur de type « A et non B » consiste à aller chercher l'objet dans l'endroit A alors que l'objet a été changé de place (endroit B).

²⁶ Quelques études sur l'inhibition d'une réponse selon les tâches à l'âge préscolaire :

Sur le plan de l'inhibition cognitive, la progression est plus lente et plus longue. Elle dépendrait de capacités de contrôle plus simples (ex. Carlson & Moses, 2001), à savoir du contrôle d'une réponse motrice, de l'acquisition de règles ou de comportements précédemment intégrés qui deviennent automatiques et dont le sujet doit se désengager pour activer une nouvelle réponse adaptée à la situation (Carlson & Moses, 2001 ; Diamond & al., 2002 ; Espy & Bull, 2005). Ce type d'inhibition est testé par des épreuves de type Stroop impliquant des interférences. Une augmentation importante du nombre de réponses correctes est observée entre 3 et 6 ans mais continue à augmenter jusqu'à 7 ans (Gerstadt, Hong & Diamond, 1994 ; Simpson & Riggs, 2005).

Période scolaire (à partir de 6 ans)

À l'âge scolaire, la progression est plus lente avec néanmoins une évolution importante jusque 8-9 ans puis plus faible jusqu'à la préadolescence (12-14 ans) (Bunge, Dudukovic, Thomason, Vaidya & Gabrieli, 2002 ; Durston, Thomas, Yang, Ulug, Zimmerman & Casey, 2002 ; Romine & Reynolds, 2005).

Selon le type d'inhibition, les trajectoires développementales sont différentes et sont souvent fonction de la variable dépendante choisie (temps de réponse versus réponse correcte), soulevant la question de l'hétérogénéité des stratégies utilisées par les enfants.

Passler, Isaac & Hynd (1985) ont, par exemple, pu montrer qu'entre 6 et 12 ans, les performances des différentes formes d'inhibition étaient fonction de l'âge avec un ralentissement entre 10 et 12 ans et des évolutions de performances différentes selon le type d'inhibition. De manière analogue, Huizinga & al. (2006) ont administré trois tâches reflétant des processus d'inhibition distincts (Stop signal²⁷, Eriksen flankers task, Stroop) à des participants de 7 à 21 ans. Pour l'inhibition d'une réponse motrice simple (stop signal) et pour les Flankers, l'évolution était très rapide jusqu'à 11 ans et le niveau adulte atteint à 15 ans. En revanche, l'évolution était beaucoup plus modeste pour l'inhibition de type

-
- Le contrôle d'une réponse comportementale, souvent testé dans des tâches de délai de gratification avec récompense différée (ex. : manger tout de suite un bonbon ou plus tard plusieurs bonbons ; initialement Mischel & Moore, 1973) augmente considérablement entre 2 et 4 ans.
 - Les performances aux tâches de go/no go (dans lesquelles le participant doit répondre à un type d'items cible mais pas à d'autres items distracteurs, parfois précédemment activés) montrent une progression rapide, entre 3 et 5 ans, pour inhiber la réponse pour les items distracteurs (Simpson & Riggs, 2005).
 - Les performances au « Simon Test » avec l'effet Simon (« Simon effect » plus lent et plus d'erreurs lorsqu'il y a incongruence spatiale) témoignent d'un taux d'erreurs relativement stables entre 3 et 6 ans alors que les temps de réaction diminuent significativement entre 4 et 6 ans. Les enfants témoignent d'un taux de réponses correctes beaucoup plus importants pour les items incongruents dès 4 ans (70 % de bonnes réponses) dans la version du test adaptée aux plus jeunes.

²⁷ **Stop signal** (adapté de van Boxtel, van der Molen, Jennings & Brunia, 2001) : le participant doit appuyer le plus vite possible sur le bouton de droite si la flèche apparaît à droite, appuyer le plus vite possible à gauche si flèche apparaît à gauche. Dans 25 % des cas la couleur de la flèche change et le participant ne doit pas appuyer (inhiber la réponse motrice).

conflit (Stroop) avec des performances continuant de s'accroître jusqu'à l'entrée dans l'âge adulte. De plus, selon la variable dépendante choisie, la trajectoire développementale était une fois encore différente : forte diminution du nombre d'erreurs entre 7 et 11 ans, diminution des temps de réponse moins flagrante. Enfin, Urben, Van der Linden & Barisnikov (2011) ont, quant à eux, montré une évolution des capacités d'inhibition entre 5 et 10 ans, après contrôle de la vitesse de traitement et de la mémoire de travail, montrant de surcroît que ces processus étaient tous trois indépendants en plus d'être différenciables de la mémoire de travail et de la vitesse de traitement.

À la lumière des études réalisées ces dernières années dans le domaine du développement des processus d'inhibition, il apparaît bel et bien que les processus d'inhibition se développent de manière précoce et durant toute l'enfance avec des trajectoires développementales différentes selon le type de tâches et les mesures. Selon Diamond (2013), ce développement répond à une intégration progressive des systèmes de contrôle (cf. modèle hiérarchisé intégratif) où l'efficacité de processus de contrôle est d'abord visible sur le plan de l'inhibition motrice puis au niveau de l'inhibition cognitive. La maturation des aires et des échanges neurochimiques cérébraux sont certainement à mettre en parallèle bien que l'exposé n'ait pas spécifiquement porté sur ce point.

4.4. Spécificité de l'inhibition auditive

4.4.1. Statut incertain

Le statut de l'inhibition auditive reste mal défini et les champs d'investigation se chevauchent. Elle peut en effet être traitée, soit comme un phénomène d'ordre acoustico-auditif ou auditif central, soit comme un phénomène relevant de l'inhibition cognitive (travaux plus récents), et son traitement varie selon le type de stimuli considérés (ex. bruit versus langage).

4.4.2. Notions d'acoustique

Un bruit peut se décomposer selon son intensité et sa fréquence. Dans les expériences relatives au traitement du bruit concurrent, différents aspects sont à prendre en considération²⁸. D'une part, l'écart d'intensité sonore entre le signal et le bruit et, d'autre part, le type et la nature du bruit.

²⁸ La localisation des sources est également un paramètre non négligeable mais ne sera pas abordée ici. Elle permet néanmoins, lorsque la localisation de la cible et du bruit concurrent n'est pas la même, d'apporter des indices afin d'assurer une meilleure ségrégation.

Selon le type de bruit concurrent (linguistique ou non) à la parole cible, selon son intensité, selon sa nature (ex. fluctuation du bruit/bruit blanc, nombre de voix concurrentes), les interférences avec le message cible seront différentes (Grataloup, 2007).

Le rapport signal bruit (ou RSB tel qu'il sera désormais appelé) correspond à la différence d'intensité entre la cible (le signal) et le bruit (sons concurrents).

4.4.3. Masquages et effet cocktail party

Différents types de masques existent et entraînent de effets potentiellement différents. Deux catégories de bruits sont principalement différenciées : les bruits non linguistiques, autrement dit les bruits quelconques (ex. l'eau qui coule ou un bruit blanc synthétisé), et les bruits de nature linguistique comme de la parole concurrente à celle du locuteur direct (ex. situations de « cocktail party ») (Brungart & al., 2001 ; Brungart, Chang, Simpson & Wang, 2006).

Selon le type de masque, des effets différents sont produits.

- Le masquage énergétique fait référence au fait que l'énergie acoustique du masque recouvre l'énergie de la cible. Ici, les interférences entre le bruit et la cible sont exclusivement d'ordre acoustique. Plus un masque est fort, plus il induit des influences sur la cible : l'énergie du bruit domine l'énergie acoustique de la cible et la cible peut être davantage dégradée. Pour les bruit concurrents non paroliers, c'est principalement le type de masquage qui s'opère.
- L'effet de masquage informationnel fait référence à la concurrence entre les contenus relatifs aux informations d'ordre linguistique. Lors d'un masquage informationnel, les influences entre les contenus linguistiques des différentes sources sont importantes. Elles le sont d'autant plus que le nombre de locuteurs du bruit est faible car les messages se détachent mieux les uns des autres, rendant les messages concurrents plus intelligibles et donc plus interférents par rapport à la cible. Pour les bruits concurrents de type cocktail party (s'apparentant à de la parole dans la parole), ce masquage est également présent du fait de l'interférence linguistique entre les différents signaux de parole.

L'effet « cocktail party » fait référence à la perception d'un contenu de parole cible dans un environnement bruyant constitué de paroles concurrentes (à l'instar de cocktails et soirée). Cet effet, décrit initialement par Cherry en 1953, désigne la diminution d'identification de la parole cible lorsqu'elle est accompagnée spécifiquement de paroles concurrentes et les mécanismes cognitifs qui se mettent en place pour identifier la parole cible. Le phénomène cocktail party correspond donc à la capacité d'un individu à isoler et à traiter de la parole dans un environnement bruyant constitué de paroles concurrentes. Le terme de ségrégation

auditive a aussi été introduit pour désigner le fait de séparer les sources de paroles et isoler la parole cible.

Les travaux de Grataloup (2007), chez l'adulte, ont systématisé les effets des bruits concurrents sur traitement de la parole en contrôlant différents paramètres qui ne l'avaient pas forcément été dans les études précédentes. Il a été question de mesurer l'incidence de la dégradation d'un message dégradé (mots ou pseudomots), chez l'adulte sans spécificité, en comparant différents types de bruits parasites. Les bruits parasites pouvaient être soit des bruits non verbaux à large bande, soit de la parole inversée, soit de la parole dans la parole naturelle. Les deux dernières conditions faisaient varier le nombre de locuteurs du cocktail avec 4, 6, 8 voix concurrentes (ou plus) au signal d'une part, le contenu linguistique (mots fréquents ou non fréquent du cocktail) d'autre part. Les résultats ont montré davantage de difficultés à reconstituer un message cible lorsque le masquage contenait de l'information linguistique plutôt qu'un bruit non linguistique (10 % de chute en moyenne entre linguistique et non linguistique). De plus les performances étaient meilleures pour la parole inversée comparativement à la parole naturelle montrant que le cocktail inversé était moins parasitant. De plus, le traitement était différent entre cocktail inversé et naturel. Pour le cocktail inversé, les performances diminuaient linéairement avec l'augmentation du nombre de voix. En revanche, pour le cocktail naturel, les performances de restitution du message cible étaient moins bonnes pour un cocktail à 4 locuteurs (comparativement à 4 locuteurs en inversé). À 4 locuteurs, le cocktail naturel présenterait en effet un masquage informationnel important occultant davantage le mot cible. Les mots du bruit de fond sont alors activés en parallèle de la cible (compétition lexicale) pouvant interférer avec eux (mots du cocktail rappelés en place et lieu de la cible beaucoup plus souvent que dans les autres conditions). En revanche, avec un cocktail naturel à 6 ou 8 locuteurs, le masquage informationnel s'étiole au profit d'un masquage s'apparentant davantage à un masquage énergétique qui augmente avec le nombre de voies concurrentes. A 6 voix, les performances étaient meilleures qu'à 4 voix (en raison d'un plus faible masquage informationnel pour enfin diminuer de nouveau pour 8 voix. À 8 voix en effet, le masquage énergétique devient assez important pour faire diminuer les performances de reconstruction comparativement au masquage à 6 locuteurs. Pour les pseudomots cibles, plus le cocktail naturel contient des mots fréquents (plus facilement activés), plus le cocktail naturel interfère à 4 ou 6 voix. L'effet du masquage informationnel nuit alors fortement au processus de restructuration du pseudomot, tâche plus difficile que pour les mots (qui bénéficient d'une représentation multidimensionnelle stockée en mémoire).

En définitive, un effet optimal du nombre de locuteurs dans le cocktail pour 4 locuteurs a notamment été mis en évidence (plutôt que 2, 6 ou 8). Une relation linéaire entre les performances et l'intensité du RSB a également été retrouvée : moins le bruit est important par rapport à la cible, meilleures sont les performances. De plus, Grataloup (2007) a pu objectiver que les masquages non paroliers et paroliers (de type naturel) ne mettaient pas

en œuvre les mêmes ressources et, qui plus est, qu'il existait une difficulté particulière pour le traitement spécifique du bruit « cocktail party » (parolier) comparativement aux autres bruits dits « neutres ».

Ces points sont importants à considérer dans la construction de tâches reprenant le concept de cocktail party et permettent de poser un regard différent sur certaines études réalisées utilisant des messages dégradés dans un cocktail party. En effet, à 4 locuteurs ou moins, il existe un fort masquage informationnel pouvant engager des effets de compétitions lexicales de type top down tandis qu'à partir de 6 locuteurs, le cocktail naturel est interférent principalement en raison d'un masquage énergétique de type bottom-up. Il engage donc moins, sinon pas, de phénomènes de compétition d'ordre linguistique. Les phénomènes inhibiteurs de contrôle engagés ne sont donc pas les mêmes avec un cocktail naturel à 4 voix pour les mots et jusqu'à 6 voix pour les pseudomots (masquage davantage informationnel) chez l'adulte qu'avec un cocktail avec davantage de voix (masquage davantage énergétique).

Grataloup (2007) a aussi mis en évidence un effet du rétrocontrôle auditif dans l'identification d'une cible linguistique dans un bruit de type cocktail party. Ci-après, quelques notions d'otologie permettront de comprendre d'une part la complexité du système auditif, d'autre part, en quoi ce système permet de véhiculer des informations de bas (bottom up) et de haut niveau (top down) et joue ainsi un rôle potentiel de régulateur attentionnel.

4.4.4. Notions d'otologie

La perception auditive est un phénomène complexe. Il existe une voie ascendante et des centres primaires qui permettent de véhiculer l'information de la cochlée au cerveau et des aires « non primaires » qui permettent l'intégration des informations de différentes modalités entre elles (Pujol, 2016). Il existe par ailleurs une voie descente, du cerveau à l'oreille, qui permet la protection de l'organe mais aussi la régulation des entrées auditives.

Le signal auditif constitue en premier lieu une source vibratoire véhiculant des informations de fréquence et d'intensité. L'oreille externe (le pavillon et le conduit auditif externe) permet la réception du signal et son acheminement vers le tympan. La vibration au niveau du tympan est transmise par un système mécanique amplificateur au niveau de l'oreille moyenne (grâce aux osselets : marteau, enclume, étrier) jusqu'à l'oreille interne. L'oreille interne réceptionne ces vibrations amplifiées et, grâce à un système élaboré tonotopique le long de la cochlée, code le message, en temps réel, selon les différentes fréquences et l'intensité qui le composent. Les ondes sonores vibratoires sont ensuite transformées en influx électrique par le biais des cellules ciliées de la cochlée et sont enfin acheminées au cerveau par le biais des fibres nerveuses et des différents noyaux relais des voies

ascendantes auditives primaires (cf. Figure 12). Ces relais, au nombre de quatre, intègrent progressivement l'information auditive : d'abord au niveau des noyaux cochléaires pour le décodage (durée, intensité, fréquence), ensuite au niveau du complexe olivaire supérieur, puis au niveau du colliculus supérieur dans le mésencéphale (localisation du son), enfin au niveau du corps genouillé médian dans le thalamus (intégration en vue d'une réponse motrice) où l'information est enfin amenée au cortex auditif (acte volontaire de la réponse).

Les voies non primaires (cf. Figure 12) débutent leur chemin au niveau de la formation réticulée où des fibres communes à toutes les modalités sensorielles se rejoignent, elles passent ensuite dans différents relais et s'achèment dans le thalamus non spécifique au niveau du cortex polysensoriel (Pujol, 2016). Selon Pujol, cette voie rassemble les messages provenant de différentes modalités et son rôle est de sélectionner un type d'information prioritaire. Cette zone cérébrale est liée aux centres de la motivation et d'éveil ainsi qu'aux centres de la vie végétative.

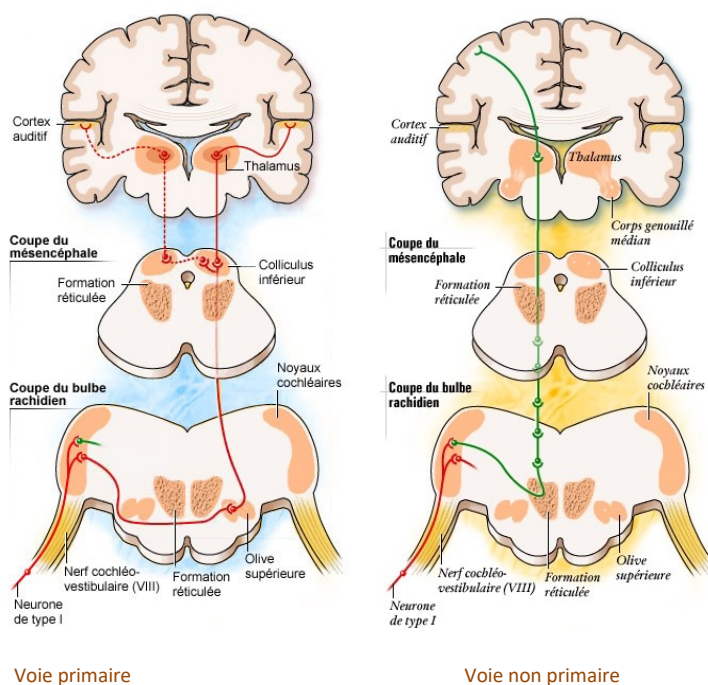


Figure 12. Voies, primaire et non primaire, de l'audition (Pujol, 2016)

Le cortex auditif comprend l'aire primaire auditive, l'aire secondaire et l'aire de Wernicke. Il a des liens avec les lobes frontaux et notamment avec le cortex moteur de la parole, des lèvres, de la langue, de la zone de Broca (Pujol, 2016). Les neurones du cortex primaire et secondaire sont organisés en colonnes corticales. Ils reçoivent des informations des deux corps genouillés conférant une information binaurale, celle-ci fonctionne selon le principe

de sommation/répression (Pujol, 2016). Les afférences provenant des deux oreilles permettent la sommation des informations à prédominance controlatérale, la répression se fait par dominance ipsilatérale (Pujol, 2016). L'aire primaire est cochléotopique et tonotopique. L'aire secondaire contribue, en son centre, à l'analyse des aspects spatiaux du son, des sons complexes (langage) et à la mémoire verbale ; en périphérie, les neurones participent à l'intégration entre les informations auditives et celles des autres modalités sensorielles (Pujol, 2016).

Il existe aussi des voies descendantes auditives reliant les aires auditives à l'organe de Corti et dont le rôle serait de protéger les organes auditifs mais aussi de réguler les influx auditifs. L'oreille interne (organe de Corti) dispose en effet de cellules ciliées externes qui ont pour propriété d'être contractiles. Les voies descendantes auditives (faisceau efférent olivo-cochléaire médian) entretiennent un lien particulier avec ces cellules et peuvent engager leur contraction soit pour se protéger de manière réflexe (ex. bruit trop intense) soit pour réguler un message. Ces voies sont sous le contrôle des centres auditifs supérieurs. Leur rôle est de se contracter lors de sur-stimulations auditives par exemple (en libérant de la dopamine pour protéger la synapse entre cellule ciliée et fibre efférente) (Pujol, 2016), diminuant ainsi la vibration des osselets et du tympan. Ces voies seraient aussi recrutées dans les phénomènes d'attention auditive en amplifiant certaines fréquences ou dans l'inhibition auditive afin de diminuer, toujours selon un principe tono-topique, les fréquences qui ne correspondraient pas à la voix du message cible (Cooper & Guinan, 2003 ; Giraud & al., 1997 ; Zeng, Martino, Linthicum & Soli, 2000).

Sur le plan développemental, la cochlée est déjà mature à la naissance. En revanche, les centres auditifs se développent progressivement jusqu'à l'âge de 4-8 ans (selon les structures étudiées). En outre, le développement du cortex auditif dépend fortement du fonctionnement efficace de la cochlée et des stimulations reçues. Pujol (2016) souligne que « toute anomalie du fonctionnement cochléaire pendant cette période (de maturation) va se traduire par un déficit dans les centres, particulièrement au niveau cortical » et que, « passée cette période, la correction de l'anomalie cochléaire risque fort de ne pas se traduire par une amélioration sensible du fonctionnement cortical ». Toute privation de stimulation au niveau de la cochlée entre la naissance et 8 ans (ex. otite séro-muqueuse) aura potentiellement un impact négatif sur le développement du cortex auditif, à l'inverse, toute stimulation accrue (ex. autre langue, musique) pourra bénéficier à l'élaboration de celui-ci.

4.5. Attention et ségrégation auditive

Des travaux plus récents ont témoigné de liens entre attention auditive et traitement temporel de l'information acoustique. Lors de l'écoute de la parole, les informations prosodiques, sublexicales et supralexicales se superposent ce qui se visualise notamment

très bien lors de l'analyse des courbes acoustiques qui leur sont liées (Leong & Goswami, 2014). Les théories dynamiques acoustiques stipulent que le système ne peut traiter l'ensemble des éléments du signal en même temps et qu'il lui faut porter une attention particulière et prioriser l'une ou l'autre dimension du signal afin de pouvoir le traiter (Jones & Boltz, 1989). L'attention auditive doit alors s'engager sur le signal pour pouvoir en extraire de l'information. Son engagement dépendra des variations physiques du signal, de sa périodicité notamment. L'attention se focalisera puis se désengagera et pourra ainsi suivre une périodicité qui pourra suivre l'une ou l'autre dimension du signal. Ce cycle se répètera, créant une sorte d'oscillation attentionnelle de focalisation-défocalisation permettant de porter intérêt aux variations du signal et aux stimuli suivants. La vitesse maximale de déplacement attentionnel déterminera le seuil attentionnel au-delà duquel le système ne peut plus suivre. Cette oscillation attentionnelle sera limitée en fonction des cycles de dépoliarisation-repolarisation cellulaires. Si l'attention ne peut se déplacer assez vite sur un nouveau stimulus, la ségrégation entre deux flux ne pourra plus se faire. Cette vitesse de déplacement attentionnel serait responsable, selon certains auteurs, de difficultés rencontrées dans la dyslexie, avec profil phonologique par exemple (Hari & Renvall, 2001 ; Lallier, 2018). Lorsque deux stimuli sont présentés successivement de manière rapprochée, le second peut être identifié uniquement si l'attention est désengagée ; or, chez certains dyslexiques avec troubles phonologiques, il semblerait que le phénomène d'engagement/désengagement soit plus important augmentant ainsi le seuil de ségrégation inter stimuli (Lallier, Donadieu, Valdois, 2012). La question est alors de savoir comment un trouble du déplacement de l'attention peut avoir un impact sur la phonologie. Dans le signal de parole, l'enveloppe acoustique prosodique et l'enveloppe syllabique se superposent. L'accent syllabique est saillant et facilite la perception, le traitement de la syllabe pourrait être perturbé en raison de difficultés de déplacement attentionnel (Power, Mead, Barnes, Goswami, 2013). Power & al. (2013) ont entraîné les capacités à détecter des stimuli proches chez des participants de 13 ans ($n = 23$) à développement typique, afin d'en mesurer les effets sur la compréhension lexicale et la lecture notamment. Ils ont mesuré les effets de l'entraînement au moyen d'EEG dans le but d'identifier des modifications neurales en lien. Les participants étaient soumis à des séances d'exercice où ils devaient détecter des stimuli séquentiellement proches en présentation régulière. Les stimuli étaient modifiés en fonction de l'input auditif (syllabe/ba), visuel (visage prononçant « ba ») ou bimodal (« ba » auditif et « ba » en lecture labiale). Le taux de violation dans l'identification des stimuli était mesuré. Les participants ont également complété des tests de phonologie, mémoire phonologique à court terme, dénomination rapide automatisée, lecture de mots réguliers et de pseudomots, compréhension lexicale et d'intelligence. Les résultats ont montré un effet de l'entraînement au niveau des EEG (bande thêta et delta). Les rythmes delta réfèrent à des fluctuations de 0 à 4 Hz par seconde correspondant à l'enveloppe prosodique alors que les rythmes thêta réfèrent à des fluctuations de 4 à 8 Hz par seconde et correspondent à l'enveloppe syllabique. Pour la bande thêta exclusivement, les variations dans la détection

des stimuli proches étaient corrélées aux scores de vocabulaire et de lecture lorsque l'âge et le raisonnement étaient contrôlés. Les mesures métaphonologie, de mémoire phonologique à court terme ou encore de dénomination rapide automatisées ne corrôlaient, quant à elles, pas avec ces variations. Ceci suggère qu'une meilleure attention portée sur l'enveloppe syllabique serait en lien avec une progression du langage oral (lexique en compréhension) et du décodage en lecture dans le développement typique. La congruence entre les indices visuels et verbaux serait par ailleurs un élément permettant de synchroniser davantage l'attention à la parole en situation naturelle. Ces travaux attestent de corrélats biologiques à ces cycles attentionnels et suggèrent l'implication de mécanismes attentionnels amodaux dans le développement du langage oral et écrit typique.

Les travaux sont récents dans ce domaine et certains d'entre eux semblent davantage mettre en évidence une problématique relative aux fluctuations au niveau de la bande delta. Le groupe contrôle montrant des bandes delta avec une synchronisation plus élevée que le groupe de participants dyslexiques (Molinaro, Lizarazu, Lallier, Bourguignon & Carreiras, 2016). Une mauvaise connectivité entre le cortex auditif et l'aire de Broca pourrait aussi être responsable des difficultés de synchronisation dans certaines formes de dyslexie selon les auteurs.

Selon les théories de l'attention dynamique et les travaux en liens, des difficultés à synchroniser en raison de difficultés de déplacement de l'attention entraînerait donc des difficultés de traitement de la prosodie et de la syllabe et donc des difficultés à identifier les éléments saillants du langage (ex. accent tonique ou élément pivot) entraînant des difficultés de traitement des phonèmes avec difficultés d'apprentissage des conversions graphophonologiques dans la lecture et enfin une dyslexie (Lallier, 2018). Des travaux répliquant ces premiers résultats auraient besoin d'en attester, ainsi que d'autres avec des enfants plus jeunes et dans le cadre de pathologie du développement du langage oral et écrit.

Quoi qu'il en soit, ces travaux tendent à unifier les études sur le traitement temporel de bas niveau de la parole (ex. Tallal & Piercy, 1973) et ceux sur les traitements de haut niveau en référence avec l'attention. Des pistes d'études et d'intervention pour les troubles du développement du langage et de la lecture en découlent. L'allongement du blink attentionnel (période réfractaire interstimuli) pourrait en effet engendrer des difficultés à percevoir deux syllabes présentées rapidement l'une à la suite de l'autre tout comme deux éléments visuels séquentiellement proches (lecture labiale) ou les deux réunis dans certaines pathologies. Sur la base de ces travaux, une meilleure synchronisation des cycles attentionnels dans la parole apparaît en effet être une piste d'étude et d'intervention logopédique probante.

4.6. Éléments de synthèse

En définitive, nombre de travaux actuels rendent compte de l'implication majeure des processus de contrôle exécutif et, notamment, des processus d'inhibition dans les processus cognitifs de tout genre et dans leur implication dans la vie quotidienne. Les travaux en développement sont récents sur les processus de contrôle et l'inhibition puisque ce champ a longtemps été réservé aux lésions acquises et syndromes dégénératifs. Les études sur le développement de l'inhibition et ses liens avec les autres sphères d'apprentissage sont donc relativement récentes et encore sujettes à questionnement.

L'inhibition auditive, et a fortiori les situations d'écoute de la parole dans le bruit, sont également un pan non négligeable des mécanismes de contrôle. Posner & Petersen (2012) tout comme Diamond (2013) considèrent qu'elle fait partie intégrante des processus généraux d'inhibition. Toutefois, des processus relevant de l'attention sélective auditive ou d'actions inhibitrices locales, par le biais d'un rétrocontrôle auditif sur l'oreille interne, semblent également présents et l'ensemble des actions de contrôle aurait une implication importante pour la compréhension des messages.

En définitive, le système d'autorégulation (self-regulation), d'autocontrôle (self-control) ou de contrôle exécutif inhibiteur, selon le nom donné, apparaît impliqué dans la vie de tous les jours et à différents niveaux comme : résister à une tentation (ex. bonbon, alcool, drogue, nourriture), réguler des comportements sociaux (ex. ne pas jurer, injurier ou frapper), auto-réguler des comportements (ex. rester assis devant un pupitre d'école, résister à l'impulsivité et ne pas s'exposer à un danger), autocontrôler des processus mentaux ou des conflits cognitifs (ex. faire ses devoirs plutôt qu'un jeu vidéo, réfréner une règle grammaticale dominante au profit d'une règle moins dominante). L'inhibition et, de manière générale, le contrôle exécutif sont, pour Posner & Petersen (2012) comme pour Diamond (2013) ou d'autres, des fonctions psychologiques cruciales pour la socialisation de l'enfant et pour son développement notamment dans le rôle prépondérant joué au niveau cognitif. Le contrôle inhibiteur apparaît en outre, être d'une grande importance pour prédire le devenir des enfants ce qui en fait un élément essentiel à étudier plus finement. Une étude d'envergure réalisée par Moffit et son équipe (2011) a ainsi montré, sur une cohorte de mille enfants pendant trente-deux ans que de meilleures performances pour les tâches mesurant le contrôle inhibiteur, entre 3 et 11 ans (enfants plus patients, moins distractibles, plus résistants, moins impulsifs) permettent de prédire un meilleur niveau d'étude ou une meilleure réussite sociale (ex. salaire), mais aussi le fait d'être en meilleure forme mentale et physique (moins d'obésité, meilleure tension artérielle, moins de conduites addictives, sentiment d'être heureux plus marqué) lorsque le QI, la classe sociale, le style de vie et les conditions familiales sont contrôlés.

La partie suivante présentera les travaux mettant en liens ou suggérant des liens entre inhibition et langage dans le cadre du développement.

Chapitre 3. Inhibition et développement du langage

1. INHIBITION ET LANGAGE : INTRODUCTION

Lapsus, mots sur le bout de la langue, compréhension erronée de phrases complexes, bilinguisme sont autant de manifestations qui questionnent les phénomènes de concurrence, de co-activations, de choix, d'inhibition de réponses prédominantes et, en définitive, qui questionne l'implication des fonctions de contrôle dans le langage en général.

Un ensemble de travaux attestent en effet de l'existence de liens entre processus de contrôle et langage. Des corrélations sont régulièrement rapportées entre fonctions exécutives et langage (ex. Gooch, Hulme, Nash & Snowling, 2013 ; Muller, Jacques, Brocki & Zelazo, 2009) et une comorbidité importante observée entre troubles du langage et déficit des FE (ex. Nash, Hulme, Gooch & Snowling, 2014 ; Henry, Messer & Nash, 2012).

Certains auteurs ont exploré le rôle du langage sur l'autorégulation comportementale de l'enfant de moins de 6 ans, établissant que celui-ci permettait de prédire les comportements ultérieurs d'autorégulation et d'attention (ex. Petterson, Bates & Staples, 2015) et suggérant un rôle de médiation du langage sur l'inhibition motrice.

Beaucoup de travaux en développement portent aussi sur le lien prédictif du bilinguisme, sur les fonctions exécutives. La supériorité des performances pour les FE est régulièrement documentée chez l'enfant bilingue comparativement au monolingue. La question sous-jacente au lien entre bilinguisme et inhibition est de savoir si être bilingue nécessite d'avoir de meilleurs processus de contrôle afin de pouvoir passer d'une langue à l'autre, d'un système de règles à un autre, d'un lexique à un autre et donc si le bilinguisme requiert de meilleures performances au niveau des processus de contrôle et donc en retour si être bilingue permet un meilleur développement des fonctions exécutives. Différents travaux chez l'adulte comme chez l'enfant se sont intéressés à ces questions et suggèrent ces liens (cf. Bialystok, 2001 pour une revue). Ce lien reflète la nécessité de sélectionner activement et efficacement un lexique, une grammaire, des réseaux efficaces pour une langue donnée (passage de l'une à l'autre), rapidement et de manière efficiente entraînant certainement en retour les fonctions exécutives. Chez l'enfant, les capacités d'inhibition des bilingues sont supérieures à celles des monolingues avec de meilleures capacités à ignorer une information perceptuelle pour se focaliser sur la dimension sémantique par exemple, ou lors de changements de critères quand il faut inhiber les interférences. Pour ne citer que ceux-là, les travaux de Bialystok & Martin (2004) ont pu mettre en évidence que les enfants

bilingues (cantonais/anglais) de 5 ans présentaient de meilleures capacités à un test évaluant l'inhibition et la flexibilité (« Dimensional Change Card Sort Task ») comparativement aux enfants monolingues (anglais) de même âge. Un avantage plus particulier avec l'inhibition de type conflit (ex. Stroop adapté) a été mis en exergue chez l'enfant bilingue comparativement à l'enfant monolingue à 6 ans mais aussi dès 24 mois (Carlson & Meltzoff, 2008 ; Poulin, Poulin-Dubois, Blaye, Coutya & Bialystok, 2011). En revanche les performances pour l'inhibition de réponses comportementales (contrôle de l'impulsivité, délai) ne montraient pas de différence entre bilingues et monolingues (Carlson & Meltzoff, 2008 ; Poulin Poulin-Dubois, Blaye, Coutya & Bialystok, 2011). Ces études, chez l'enfant, tendent à confirmer que le bilinguisme confère une supériorité dans le développement des processus d'inhibition essentiellement de type conflit même chez le très jeune enfant (à partir de 24 mois). Lorsque deux langues sont en concurrence, il faut éliminer les candidats de l'autre langue afin de pouvoir se focaliser sur les éléments (pertinents) requis dans la langue cible. Un effet de la pratique se fait alors ressentir. Le passage d'une langue à l'autre permettrait d'entraîner les processus de contrôle (Bialystok, 2011), notamment l'inhibition.

L'extrapolation de ces études donne à réfléchir sur l'implication des processus de contrôle et notamment d'inhibition lors de phénomènes de compétition lexicale ou de compétition dans la compréhension ou la production de phrase chez le monolingue.

Jusqu'à récemment, peu d'études ont par ailleurs testé la direction du lien causal entre FE et développement du langage. Il est donc question de savoir, comme le suggèrent Bishop & al. (2014) et Gooch & al. (2016), 1) si les fonctions exécutives influencent le langage, 2) si le langage influence le développement des fonctions exécutives, 3) si un lien causal est établi entre FE et langage, est-il unidirectionnel et est-il constant au cours du développement ?, 4) si un troisième facteur (ex. facteurs biologiques ou génétiques expliquant la maturation de certaines aires cérébrales) influe sur les FE et sur le langage, générant une comorbidité.

Bien qu'un grand nombre de travaux portent sur le lien causal du langage sur le développement des fonctions exécutives chez le jeune enfant (avec les travaux sur le bilinguisme notamment), en regard de la problématique de cette thèse nous nous centrerons quant à nous, sur l'implication de l'inhibition sur le développement, typique et atypique du langage oral et écrit. Cette question est jusqu'à présent restée relativement sous-étudiée, tant au niveau des types d'inhibition (notamment auditive) et des âges de développement d'une part, que du langage, oral et écrit, typique et atypique, chez le jeune enfant.

2. DE L'INHIBITION AU DEVELOPPEMENT DU LANGAGE

2.1. Introduction

Le passage d'une langue à une autre dans le cadre du bilinguisme permettrait donc d'accroître les performances dans les tâches de contrôle exécutif, mais la question reste de savoir si le développement des fonctions exécutives, et a fortiori dans le cadre de cette thèse, l'inhibition, a une influence sur le développement du langage chez l'enfant monolingue. Comme cela a été évoqué dans le premier chapitre, sur les prédicteurs du langage, un certain nombre d'études récentes ont pour but de tester l'hypothèse selon laquelle les processus généraux de contrôle exécutif pourraient être considérés comme un élément déterminant sinon influençant le développement du langage. Différents arguments sous-tendent l'implication de l'inhibition dans le développement langagier.

2.2. De l'inhibition au développement typique du langage oral

2.2.1. Sons natifs et non natifs : spécialisation du bébé pour la langue maternelle

Comme cela a été établi chez le bébé, la spécification des sons apparaît comme un élément essentiel dans la construction du système langagier (ex. Tsao, Liu & Kuhl, 2004 ; Molfese, 2000 ; Molfese & Molfese, 1985).

Un autre aspect intéressant est de considérer les deux pôles du mécanisme de spécialisation phonétique : l'attraction pour les sons natifs mais aussi le rejet des sons non natifs. Les travaux sur ces deux aspects de la sélectivité des sons (ex. Kuhl, Conboy, Padden, Nelson & Pruitt, 2005 ; Kuhl, Stevens, Hayashi, Deguchi, Kiritani & Iverson, 2006 ; Conboy, Sommerville & Kuhl, 2008) ont pu montrer que l'écart de performances, chez l'enfant de 11 mois, entre la discrimination de sons natifs et la discrimination de sons non natifs (i.e. les enfants avec développement typique du langage les plus sensibles aux sons natifs et parallèlement les moins sensibles aux sons non natifs), sont ceux qui présentent les meilleures performances aux mesures de langage réalisées ultérieurement (lexique expressif et réceptif, morphosyntaxe réceptive). D'une part, Tsao, Liu & Kuhl (2004) ont ainsi pu mettre en évidence des corrélations significatives entre les capacités de discrimination (head turn paradigm) de sons natifs et non natifs à 6 mois et le langage mesuré ultérieurement à 13, 16 et 24 mois (compréhension de phrases au MCDI à 13 et 16 mois, compréhension et production lexicales pour les différents temps de l'étude). D'autre part, ils ont émis l'hypothèse que ce rejet des sons non natifs pouvait être en lien avec les processus d'inhibition. Dans le but d'éprouver cette relation, Conboy, Sommerville & Kuhl (2008) ont proposé à de jeunes enfants (8-11 mois) des tâches de discrimination de sons natifs et non natifs (head turn paradigm), une évaluation du langage (MCDI) ainsi que des tâches d'inhibition. Des corrélations significatives ont été retrouvées entre perception des sons de la parole natifs et vocabulaire chez le bébé ainsi qu'entre inhibition et capacité à

ignorer les sons non natifs (variations non pertinentes pour le langage natif). En revanche, les sons non natifs ne corrélaient pas avec le lexique. En d'autres termes, ces résultats tendent à montrer l'existence d'une relation spécifique entre les capacités de perception des sons natifs de la parole et le lexique, entre processus d'inhibition et capacité à ignorer les variations de la parole non pertinentes pour le langage natif chez le bébé.

En définitive, ces quelques travaux sur les capacités de discrimination attestent de leur lien avec le développement du langage (tant au niveau du lexique, réceptif et expressif que de la morphosyntaxe essentiellement testées sur le plan réceptif). De plus, ils soutiennent l'idée que ces capacités de discrimination sont liées à l'analyse du flux sonore mais surtout qu'elles dépendent de la capacité à traiter une dimension pertinente et à exclure ce qui n'est pas pertinent. Enfin, ils apportent des éléments en faveur d'une influence des processus d'inhibition dans l'éviction des sons non pertinents relatifs à la spécialisation pour la langue maternelle et donc, indirectement, dans le développement du langage.

2.2.2. De l'inhibition à la compréhension morphosyntaxique

Les phrases sont souvent ambiguës et pour lever ces ambiguïtés, il faut avoir recours à différents moyens. Les aspects contextuels discursifs ou visuels, prosodiques, lexicaux, syntaxiques, la fréquence des cooccurrences par exemple fournissent des indices incontestables en cas d'ambiguïté. L'adulte prend très rapidement en charge, souvent sans s'en rendre compte et de manière automatique, ce genre de processus. Pour l'enfant, selon l'âge, les processus diffèrent et engendrent lenteur ou erreurs.

Novick, Hussey, Teubner-Rhodes & al. (2013) ont pu montrer que l'entraînement des fonctions exécutives (mémoire de travail et interférence de type conflit) permettait d'accroître la compréhension de phrases ambiguës sur du matériel écrit chez l'adulte.

La compréhension des enfants pourrait se calquer sur les processus adultes (« adult-like ») ou fonctionner différemment. Différentes études tentent de répondre à ce questionnement. Trueswell & al., (1999) ont proposé des tâches de compréhension morphosyntaxique de phrases ambiguës et non ambiguës « en temps réel » à des adultes et à des enfants de 5 et 8 ans. Le type de phrases proposées était, par exemple, « put the frog on a napkin in the box » ou « put the frog that's on the napkin in the box » (Figure 13). Les résultats ont montré que les enfants de 5 ans ne traitaient pas l'information contextuelle comme les adultes alors que les enfants de 8 ans le faisaient. L'enfant mettrait en place des traitements syntaxiques généraux et ferait un choix en fonction de la plus simple des représentations. En cas d'ambiguïté (« put the frog on a napkin in the box ») d'autres processus, évoluant avec l'âge, permettraient de ré-analyser la phrase en tenant compte des éléments référentiels. L'interprétation principale de ce fonctionnement est de dire que

les processus de traitement de l'enfant sont limités ou qu'il est incapable de réviser son interprétation initiale.

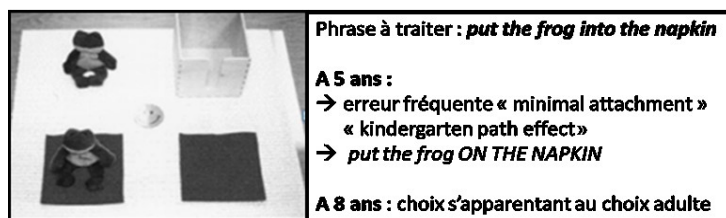


Figure 13. Exemple de tâches de compréhension de phrases ambiguës selon Trueswell & al. (1999).

Différents auteurs ont tenté de savoir pourquoi l'enfant jeune ne prenait pas en compte les éléments référentiels (Trueswell, Gresham, Hill & Logrip, 1999 ; Novick, Trueswell & Thompson-Schill, 2005). Le verbe anglais « put » a une forte probabilité d'être suivi du lieu ; or, la phrase « put the frog on a napkin in the box », le verbe « put » ne présente pas la configuration la plus fréquente. La difficulté de l'enfant jeune à réviser sa position lorsqu'une phrase est ambiguë, vient du fait qu'il ne tient pas compte des éléments référentiels (Weighall, 2008). Différents chercheurs ont interprété cette difficulté comme une immaturité des fonctions exécutives réduisant la possibilité de choisir entre deux éléments en compétition. Lorsqu'une réponse est dominante (plus fréquente), il faudrait être en mesure de l'inhiber afin de pouvoir diminuer la compétition et pouvoir sélectionner la réponse adaptée en se focalisant sur les éléments contextuels (cf. Figure 14). L'apprentissage se ferait graduellement au niveau syntaxique et la différence entre adultes et enfants viendrait de la difficulté à prioriser les structures du fait de cette immaturité au niveau des processus de contrôle lesquels ne seraient complètement matures que tardivement (Davidson & al. 2006 ; pour une revue voir Diamond, 2006).

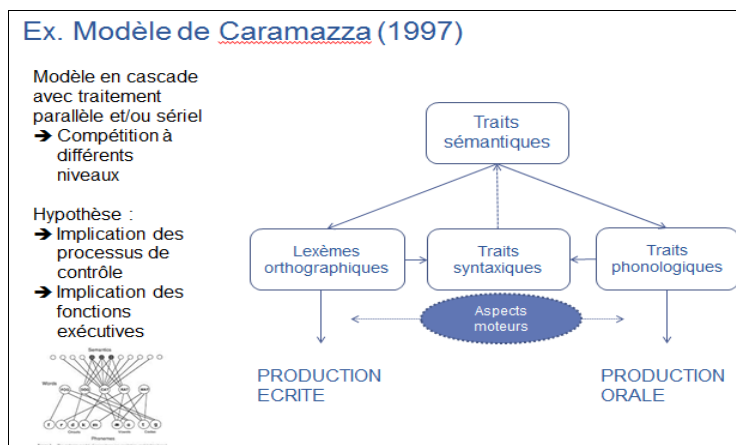


Figure 14. Modèle en cascade de Caramazza (1997) reflétant les différents niveaux où des traitements peuvent être en compétition et donc où il pourrait y avoir implication des processus de contrôle comme celle de l'inhibition.

Chez l'adulte, une étude récente a montré qu'un entraînement des processus d'inhibition (N-back task)²⁹ permettait d'obtenir un gain dans les performances de compréhension de phrases ambiguës écrites (Novick, Hussey, Teubner-Rhodes, Harbison & Bunting, 2014).

Bien qu'il existe un ensemble conséquent de travaux interprétant ces phénomènes de désambiguïsation en fonction des mécanismes de contrôle, et que le décours temporel du développement des fonctions exécutives et de l'inhibition suggère notamment un pic de développement entre 3 et 6 ans, peu de travaux, sinon aucun, ont vérifié directement le lien entre processus exécutifs de contrôle et compréhension morphosyntaxique chez l'enfant (Mazuka, Jincho & Oishi, 2009).

2.2.3. De l'inhibition cognitive/conflit au lexique et au lexique « interne »

Peu d'études ont actuellement vu le jour concernant le lien entre le développement du lexique et l'inhibition chez l'enfant. Celle de Bellagamba, Laghi, Lonigro, Pace & Longobardi (2014) a néanmoins objectivé un tel lien chez l'enfant de 18 et 24 mois italophone. Le but de ces auteurs était d'identifier un lien entre la théorie de l'esprit³⁰ et les processus de contrôle. En vue de cela, ils ont proposé deux tâches d'inhibition, l'une de type délai de gratification, l'autre de type conflit (Dimensional Change Card Sort-DCCS) ainsi qu'une évaluation indirecte du lexique par le biais d'un questionnaire parental (MCDI) et une check-list évaluant le vocabulaire relatif aux états mentaux (« interne ») reflétant des processus liés à la théorie de l'esprit.

Les résultats ont montré des liens entre l'inhibition de type conflit exclusivement et le lexique expressif et interne. Après contrôle du niveau lexical, le lien entre lexique interne et inhibition conflit persiste. Les auteurs ont conclu à l'existence de liens directionnels précoces de l'inhibition cognitive sur les processus liés aux états mentaux. Au-delà de ce lien, cette étude témoigne aussi de l'effet de l'inhibition sur le lexique expressif chez l'enfant italophone. Notons toutefois que tous les auteurs ne sont pas nécessairement d'accord sur ce que le DCCS mesure. Pour certains il s'agit de l'inhibition de type conflit, pour d'autres davantage d'une tâche de flexibilité.

²⁹ **N-Back task** : créée par Krichner (1958), cette tâche sert à tester la fonction de mise à jour de la mémoire de travail. Une suite de stimuli est présentée au sujet qui doit dire si n stimuli avant, l'item correspond à l'item actuel ou non (ex. a, z, k, l, z).

³⁰ La théorie de l'esprit fait référence aux processus cognitifs permettant de se représenter les états mentaux de soi-même et des autres en procédant à une série d'inférences de plus ou moins haut degré d'abstraction. Elle est notamment étudiée dans l'autisme ou la schizophrénie, états pathologiques où l'interprétation du comportement, des émotions, du ressenti d'autrui peuvent faire défaut.

2.2.4. De l'inhibition au langage oral

Kapa & Colombo (2014) se sont intéressés au rôle bidirectionnel entre langage et fonctions exécutives chez l'enfant et l'adulte avec l'objectif de tester l'influence des fonctions exécutives sur le langage. Ils ont administré des tâches de langage et de fonctions exécutives (mémoire de travail, contrôle inhibiteur, flexibilité mentale, contrôle attentionnel) aux participants adultes (étude 1) et enfants de 4 à 6 ans (étude 2) et les ont ensuite soumis à plusieurs sessions d'apprentissage d'un langage artificiel avant d'en tester le niveau final. Après contrôle de la mémoire de travail et du niveau de vocabulaire natif, les résultats ont mis en évidence que le contrôle inhibiteur permettait de prédire l'acquisition d'un langage artificiel chez l'adulte (étude 1) alors qu'il s'agissait plutôt du contrôle attentionnel et de la flexibilité mentale chez l'enfant. Rappelons que la flexibilité est tributaire du développement de l'inhibition dans le modèle de Diamond (2013). Selon Kapa & Colombo (2014), cette étude préliminaire met en avant la bidirectionnalité du lien entre fonctions exécutives, et notamment inhibition, et langage.

Gooch & al. (2015), de la manière analogue, ont investigué la direction du lien entre fonctions exécutives et langage chez l'enfant. Ils ont réalisé une étude longitudinale explorant les liens entre FE et langage. Pour cela ils ont étudié une cohorte de 243 enfants, de 3 ans et demi à 9 ans répartie en trois groupes : des enfants à développement typiques (DT : n = 74), des enfants à risque de dyslexie (DL : n = 90), des enfants avec troubles du développement du langage oral (TDL : n = 79). L'étude comportait quatre temps, où langage et FE ont systématiquement été mesurés : T1 (3-5 ans), T2 (5-6 ans), T3 (6-7 ans), T4 (7-9 ans). Les tâches de langage comportaient du lexique et de la morphosyntaxe en réception (choix d'une cible parmi 4 distracteurs), du lexique en production (dénomination), de la morphosyntaxe en production (répétition de phrases). Les tâches de fonctions exécutives et de comportements incluaient : de l'inhibition motrice en T2 et T3 (HTKS où l'enfant doit faire le contraire de ce que dit l'examineur, ex. toucher les pieds si l'examineur dit de toucher la tête), une tâche de recherche visuelle en T2, T3, T4 (*Apple task* où l'enfant doit chercher des cibles parmi les distracteurs en 1 minute et en trouver le plus possible), une tâche de mémoire visuelle en T2, T3, T4 (type Corsi « block recall»), un go/no go en T4 (où l'enfant devait inhiber une réponse dominante apprise dans la phase initiale), une échelle de comportements et d'attention remplie par les parents et l'enseignant en T4 (et T5).

Les résultats montrent des liens concurrentiels forts à chaque temps ainsi qu'une grande stabilité dans les performances de langage et de FE au cours du temps, notamment entre le passage du préscolaire au scolaire formel. Les liens dans une dynamique longitudinale sont plus faibles. Un lien prédictif faible a été mesuré entre langage et fonction exécutive alors qu'il était plus important pour l'implication des fonctions exécutives sur langage. Toutefois, un effet important a été mesuré entre T3 (6-7 ans) et T4 (7-9 ans) pour le lien FE sur le langage. En lien avec Petterson & al. (2015), le facteur composite de FE prédit l'autorégulation et l'attention mesurées ultérieurement chez les enfants alors que le

langage ne les prédit pas. Selon les auteurs, ce ne sont certainement pas les FE qui contraignent le langage au point d'en développer des troubles à cet âge mais ils soulignent aussi le fait que l'étude ne débute qu'à 4 ans et qu'il n'est pas évident que l'attention pendant les premières années (de la naissance à 4 ans) puisse être cruciale, mais que ceci n'est pas mesuré dans cette étude. Enfin, selon eux, il n'est pas évident non plus qu'un troisième facteur explicatif puisse expliquer davantage les liens FE/langage comme la vitesse de traitement (ex. Im bolter & al., 2006) ni que des facteurs génétiques contraignent le développement des aires frontales et donc des FE et du langage (Bishop & al., 2014). Des facteurs génétiques pourraient expliquer l'existence de corrélations avec cependant des patterns de développement distincts. Une des conséquences de cela serait d'observer une comorbidité fréquente entre troubles du langage et troubles des FE dans une variété de troubles neurodéveloppementaux.

Cette étude a le mérite d'être pionnière dans le domaine pour étudier longitudinalement langage et fonctions exécutives. Notons toutefois que les tâches proposées pour les fonctions exécutives ne mesurent pas systématiquement les mêmes choses au cours des temps expérimentaux et que le calcul de facteurs composites pour ces fonctions n'est peut-être pas optimal pour documenter l'effet spécifique de fonctions cognitives aussi hétérogènes (Friedman & Miyake, 2004). Comme l'ont suggéré aussi les auteurs, il est fort possible que, dans certaines fenêtres de développement (ex. de la naissance à 4 ans), les fonctions exécutives puissent avoir un effet crucial sur le développement du langage ne serait-ce qu'à observer cliniquement les effets délétères des dysfonctionnements exécutifs attentionnels chez le jeune autiste.

Comme nous le verrons ci-après, différentes études viennent documenter le lien entre inhibition et langage soit avec certaines formes spécifiques d'inhibition, soit dans certaines pathologies en lien avec le langage oral ou écrit ou dans une comorbidité des deux.

2.3. De l'inhibition au développement du langage écrit

Les principales évidences concernant le lien entre langage écrit et inhibition font plutôt référence aux processus de compréhension de la lecture, lesquels ne sont pas spécifiques à la lecture. Ce qui nous intéresse ici, ce sont davantage les processus d'entrée dans l'écrit et plus spécifiquement les processus de décodage de la lecture. Christopher et collaborateurs (Christopher, Miyake, Keenan, Pennington, DeFries, Wadsworth, ... & Olson, 2012) ont suggéré la possibilité que des compétences liées aux fonctions exécutives soient impliquées dans les processus de décodage avec l'idée que des compétences non spécifiquement phonologiques soient plus générales, permettent de prédire le décodage. Peu de travaux à ce jour se sont intéressés à ce point ou ont donné lieu à des publications.

Deux études dépassent le cadre strict du développement typique du langage écrit mais apparaissent intéressantes. Elles concernent d'une part la dyslexie et l'inhibition auditive, d'autre part l'acquisition du langage écrit chez l'enfant avec TDL.

2.3.1. De l'inhibition auditive à la dyslexie

Le premier point concerne l'existence d'un lien entre perception dans un bruit cocktail party et dyslexie. Outre le fait d'avoir optimisé les effets d'écoute dans le bruit chez l'adulte tout venant, expérience que nous avons détaillée précédemment (Hoen & al., 2006 ; Grataloup, 2007), l'étude de Grataloup (2007) a pu montrer des spécificités de traitement de la compréhension de messages dégradés chez le jeune adulte dyslexique.

L'étude de Grataloup (2007) (expérience 5a et 5b) a étudié l'impact de la parole dégradée (parole inversée et parole dans la parole/cocktail party) sur la compréhension de mots ou de pseudomots cibles chez le jeune adulte dyslexique (DL) et a comparé ses performances à un groupe de normo-lecteurs (nL). De la même manière que dans les expériences précédemment décrites, Grataloup a proposé une tâche de restitution de mots et de pseudomots présentés dans des conditions dégradées pour étudier les phénomènes de reconstruction cognitive du message. Les filtres étaient soit des bruits concurrents à large bande, soit de la parole inversée, soit de la parole dans la parole. Elle a montré des difficultés de traitement de la parole dans le bruit dans le groupe DL comparativement au groupe sans spécificité, marquées pour le cocktail party naturel de manière générale. Les bruits concurrents de type cocktail naturel sont plus difficilement traités par les participants dyslexiques engendrant une diminution du pourcentage de restitution des cibles par rapport aux normo lecteurs. En plus de présenter des scores supérieurs au groupe DL en général, le groupe de nuls présente une sensibilité à 4 mais aussi à 6 locuteurs dans le cocktail alors que le groupe DL montre une sensibilité importante au contenu informationnel du cocktail préférentiellement à 4 voix (avec un effet de fréquence des mots du cocktail). Pour les pseudomots en particulier, pour lesquels il n'existe pas de représentation lexicale, le groupe DL montre une difficulté marquée pour le cocktail naturel à 4 voix. Au-delà, les performances dépendent de la saturation spectrale liée à l'augmentation du nombre de voix dans le cocktail (pourcentage de restitution à 6 voix supérieur à 8 voix où la saturation est maximale dans l'expérience). La sensibilité au nombre de voix du cocktail n'est donc pas équivalente pour le groupe DL et suggère aussi que la représentation lexicale du cocktail comme des mots peut être de moins bonne qualité.

Grataloup (2007), reprenant une partie des sujets dyslexiques, a aussi montré que ces difficultés de perception de la parole en contexte cocktail party étaient liées à un dysfonctionnement du rétrocontrôle olivococléaire (par mesure des otoémissions acoustiques). L'absence d'asymétrie du système auditif périphérique mesurée pourrait

refléter une absence d'asymétrie centrale des aires du langage selon elle. Comme le souligne Grataloup (2007, p. 203) cette hypothèse est corroborée par l'étude de Veuillet & al. (2007) dans laquelle les enfants dyslexiques, avec déficit de perception du voisement, présentaient également une diminution sinon une absence de symétrie des voies auditives descendantes avec toutefois, dans le cadre de programme de stimulation, possibilité d'influer sur cette asymétrie.

L'ensemble de ces études amène à penser que l'absence d'asymétrie des mesures du rétrocontrôle auditif peut refléter les phénomènes perceptifs de bas niveaux mais aussi les phénomènes de compétitions interstimuli, lesquels apparaissent déficitaires chez le dyslexique. Il est, par ailleurs, à noter que rétrocontrôle olivocochléaire et système attentionnel et de contrôle sont des systèmes qui impliquent tous deux des noyaux thalamiques. Bien que l'étude de Grataloup (2007) n'ait pas abordé l'effet cocktail party du sujet dyslexique sous l'angle de l'inhibition auditive mais davantage sous l'angle psychoacoustique, les résultats de ces études n'en restent pas moins interprétables sous cet angle.

Comme cela a été abordé par Diamond (2013) ou par Posner & Petersen (2012), percevoir de la parole dans un bruit concurrent de parole revient aussi à inhiber ces bruits concurrents et dépendrait des mécanismes attentionnels et de contrôle exécutifs non spécifiques. Processus de contrôle pouvant cependant être, comme nous l'avons identifié précédemment, liés à la qualité du cocktail puisqu'il est susceptible d'engager des processus top-down ou bottom-up et donc des processus de contrôle possiblement différents.

2.3.2. De l'inhibition motrice, verbale et non verbale, au déchiffrage chez l'enfant tout venant et dans les TDL

Comme évoqué précédemment, un second point se réfère au développement du langage écrit chez les enfants avec trouble du développement du langage oral. Différentes recherches ont montré des performances dans les tâches de fonctions exécutives inférieures pour les enfants présentant du décodage en lecture (ex. Booth, Boyle & Kelly, 2010). Certaines d'entre elles ont rapporté un lien entre inhibition et lecture (ex. Blair & Razza, 2007), tandis que d'autres n'ont pas établi de lien significatif (ex. Christopher & al., 2012). La question, eu égard aux travaux Miyake & Friedman (2012), est toujours de savoir si ce qui a été testé réfère bien aux mêmes aspects et sinon de savoir ce qui, dans le grand champ des fonctions exécutives et plus spécifiquement de l'inhibition, peut être engagé dans les processus langagiers, à l'oral comme en lecture.

Dans leur étude, Messer, Henry & Nash (2016) ont comparé les performances de langage écrit pour DT des enfants avec troubles développementaux du langage (TDL) et des enfants tout venant. Leur objectif était d'investiguer l'effet prédictif sur le décodage des différents

composants des fonctions exécutives indépendamment les uns des autres et ceci même quand des variables additionnelles concurrentielles (QI, vitesse, langage) étaient ajoutées aux analyses de régression. Les participants avaient de 10 ans et demi à 11 ans et demi. Un groupe d'enfants, avec développement typique (DT ; n = 88) a été comparé à un groupe avec difficultés de langage (TL, n = 72) (soit avec difficultés de langage oral, n = 31 ; soit avec troubles avérés du langage oral, n = 41). Ils ont pris en considération des mesures : de fonctions exécutives (10 tâches), de temps de réaction, de vitesse de dénomination, de langage, de raisonnement non verbal, de décodage. Deux tâches d'inhibition ont été proposées, l'une verbale, l'autre non verbale. La tâche verbale comportait deux phases, dans la première une réaction dominante consistant à répéter exactement le mot dit par l'examineur (ex. soit « poupée » soit « voiture » lorsque l'examineur disait respectivement « poupée » ou « voiture »). La seconde phase consistait à inhiber la répétition dominante pour dire l'autre mot (« voiture » si l'examineur disait « poupée » et inversement pour l'autre mot). La tâche non verbale était construite sur le même concept mais comportait une réponse réalisée avec la main présentant deux configurations possibles. En définitive, les tâches d'inhibition proposées consistaient l'une et l'autre à inhiber un comportement moteur.

Pour la première analyse de régression, n'incluant pas les variables additionnelles, quatre des dix mesures de fonctions exécutives permettaient de prédire significativement le décodage : la mémoire de travail, la fluence verbale, la planification et l'inhibition. La mesure de fluence verbale était la variable expliquant la plus grande part de variance du décodage suggérant que l'organisation lexicale, plus que la récupération exclusive en mémoire (dénomination rapide), s'avère être un facteur important. L'inhibition verbale s'est également avérée être un bon prédicteur suggérant que l'inhibition d'une réponse prépotente verbale était une clef du décodage ce qui est consistant avec différentes études (ex. Arrington & al., 2014). Un effet du groupe a par ailleurs été mesuré et permettait de prédire le décodage lorsque cette variable était introduite en premier dans les analyses de régression. En introduisant les variables concurrentes dans différentes analyses de régression (vitesse, âge équivalent, QI), la fluence verbale et l'inhibition verbale continuaient à prédire le décodage. La vitesse de traitement n'était pas significative dans ces analyses compétitives.

Messer, Henry & Nash (2012) ont montré que 50 % des enfants avec difficultés en langage oral présentaient par ailleurs des difficultés en lecture. Selon que les enfants présentaient ou non des difficultés de langage oral ou un développement typique (DT), les performances en lecture n'étaient, de surcroît, pas prédites par les mêmes variables. Dans le groupe contrôle (DT), le déchiffrage était expliqué par la fluence phonémique et catégorielle. Dans les autres groupes, TDL et FPL, la lecture l'était par les mesures de mise à jour (mémoire de travail), de fluence et d'inhibition.

Vandewalle & al. (2012), comme présenté dans la partie ségrégation auditive, ont montré dans leur étude longitudinale l'impact, sur l'entrée dans l'écrit, des performances de perception temporelle auditive (ex. perception d'un ou deux clics), de phonologie et de traitement de la parole (écoute dans le bruit non linguistique, perception catégorielle). Les résultats ont montré que les enfants avec TDL et difficultés de lecture³¹ présentaient des scores significativement plus bas que les enfants sans trouble de la lecture (TDL ou DT) pour le traitement auditif de la parole mais pas pour le traitement temporel auditif de bas niveau, mais aussi que les difficultés d'écoute dans le bruit chez les enfants avec TDL prédisaient les difficultés d'entrée dans l'écrit ultérieurement.

Ces résultats vont dans le sens d'un lien prédictif entre inhibition et déchiffrage en lecture et d'une spécificité des TDL puisque le déchiffrage n'est pas prédit par les mêmes variables dans les deux groupes.

Ces différentes études, au niveau de l'inhibition auditive mais aussi au niveau de l'inhibition motrice verbale, documentent le rôle de l'inhibition sur le décodage. Différents points restent cependant à documenter comme, le statut de l'inhibition auditive et ses liens avec d'autres formes d'inhibition ou encore, par exemple, ses liens avec les troubles du développement du langage en général chez l'enfant.

2.4. De l'inhibition au TDL

2.4.1. Introduction

Comme cela a été présenté dans le premier chapitre un ensemble de variables est impliqué dans les TDL et deux courants principaux s'affrontent. Un premier courant est celui de l'implication de variables spécifiquement langagières. Le second est celui des variables d'ordre général, c'est-à-dire non spécifiques au langage. Ce dernier courant est sous-tendu par la fréquente occurrence de troubles non linguistiques associés aux TDL. Au cours de ces dernières années, ce dernier courant a donné lieu à un nombre croissant de recherches sur l'implication des processus attentionnels et exécutifs de contrôle dans les TDL. Avec l'idée que les fonctions exécutives se développent à un âge très jeune et jusqu'à l'âge adulte, la dimension développementale de ce concept s'est en effet installée et les travaux se sont développés sur l'évolution propre de ces fonctions mais aussi sur les liens que ces fonctions pouvaient entretenir avec d'autres domaines du développement et donc aussi avec le développement du langage.

³¹ Ils ont comparé trois groupes d'enfants : avec développement typique (DT), avec trouble du développement du langage oral (TDL), sans trouble de la littératie, avec TDL et trouble de la littératie (TDL+TL).

La mémoire de travail est par ailleurs un concept qui a largement servi de cadre de référence pour le champ du langage et un grand nombre de travaux ont montré des limitations à ce niveau (cf. parties précédentes langage et mémoire de travail, TDL et mémoire de travail). Néanmoins la nature des limitations n'est pas claire. L'étude des processus de contrôle et de l'inhibition a donc, pour une partie des travaux, cherché à s'inscrire dans ce cadre de référence en soutenant que les capacités limitées de mémoire de travail étaient liées au surcoût relatif au traitement de la dimension non pertinente. La théorie de l'inhibition inefficace (Bjorklund & Harnishfeger, 1994) semble donc apporter, que ce soit dans le champ du vieillissement cognitif (ex. Hasher, Stoltzfus & Zacks, 1991) ou dans celui du développement, des éléments concrets permettant d'expliquer cette limitation de mémoire de travail.

Les travaux sur l'inhibition se rattachent donc soit directement à ce cadre soit s'inscrivent dans un cadre théorique où les processus d'attention et de contrôle exécutifs sont davantage individualisés (ex. Modèle de Diamond, 2013).

2.4.2. Champ actuel de la littérature sur l'implication de l'inhibition dans les TDL

Trois aspects sont principalement étudiés. Le premier est de savoir si les enfants avec TDL présentent des difficultés au niveau des processus de contrôle et spécifiquement au niveau de l'inhibition et si un déficit des fonctions inhibitrices peut au moins en partie expliquer les difficultés langagières. Le second est de savoir quel(s) type(s) d'inhibition est/sont altérés dans le TDL et d'envisager ces aspects dans un cadre développemental. Le troisième est de savoir si les difficultés observées dans les TDL au niveau des fonctions exécutives :

- sont exclusivement liées à des tâches verbales comme Van der Lely (2005) en fait l'hypothèse, ce qui appuierait la thèse que le TDL est un trouble spécifique au domaine langagier « domaine spécifique »,
- sont médiatisées par le langage en permettant l'auto-rappel verbal nécessaire dans les tâches de fonctions exécutives ou (Russell, Jarold & Hood, 1999) en fournissant la conscience réflexive nécessaire à maintenir le but actif lors d'une résolution de problème (Marcovitch & Zelazo, 2009),
- reflètent un problème cognitif général affectant le domaine verbal et le domaine non verbal, ce qui serait en faveur d'un trouble non spécifique de type « general domain », où il s'agirait par exemple de gérer des effets de compétitions selon le type d'apprentissage ou le matériel par exemple (Ullman & Pierpont, 2005), sinon de faire appel à des fonctions inhibitrices générales pour inhiber différents types de matériel afin de pouvoir traiter efficacement les processus linguistiques en cours.

2.4.3. Principaux résultats de la littérature sur les liens inhibition -TDL

2.4.3.1. Inhibition auditive

En ce qui concerne les processus auditifs, comme introduit dans le cadre du développement typique du langage, certains chercheurs ont pu mettre en évidence des liens entre inhibition et langage. Ainsi, la capacité à catégoriser les sons de la langue, en acceptant les sons natifs versus, en rejetant les sons non natifs, était-elle mieux développée chez les enfants qui présenteraient de meilleures performances de langage ultérieur. Le lien entre rejet des sons non-natifs chez ces enfants et langage n'était pas statistiquement parlant mais il l'était avec l'inhibition (ex. Conboy, Sommerville & Kuhl, 2008). Pour ce qui est des TDL, l'hypothèse de difficultés causales de traitement temporel auditivo-verbaux de bas niveau a longtemps été défendue par certains auteurs (ex. Tallal & Piercy, 1973), tandis que d'autres se sont plutôt penchés sur des mécanismes attentionnels de plus haut niveau montrant, entre autres, des perturbations de l'attention sélective en modalité auditive (par rapport à la modalité visuelle) (Spaulding, Plante & Vance, 2008 ; Noterdaeme, Amorosa, Mildenerger, Sitter & Minow, 2000). Quelques auteurs se sont aussi penchés sur les capacités de ségrégation auditive soit en montrant que de faibles compétences de perception dans le bruit prédisaient l'entrée dans le langage écrit des enfants avec TDL (ex. Vandewalle & al., 2012), soit dans le but de comparer l'impact de bruits concurrents de différentes natures sur la perception de la parole dans le bruit et d'établir un lien causal avec les TDL (ex. Ziegler & al., 2005 ; Ziegler & al., 2011).

Comme cela a été vu dans la partie ségrégation dans le bruit dans le TDL, les travaux de Ziegler & al. (2005) ont montré des difficultés de ségrégation dans le bruit chez les enfants avec TDL, de 8 à 12 ans, comparativement aux enfants des groupes de contrôle (appariés soit en âge soit en niveau linguistique). Dans cette expérience, le ratio signal-bruit était de 0 dB autrement dit, le bruit était présenté à la même intensité que le signal. De leur côté, Vance & Martindale (2012) ont montré des difficultés de perception du trait de voisement accrues, pour le groupe TDL, lors d'une présentation de cocktail party à vingt locuteurs comparativement à une condition de silence. Notons, qu'avec un cocktail party à vingt locuteurs, et pour faire écho à l'étude de Grataloup (2007), il s'agirait davantage d'un masquage de type énergétique, ce qui pourrait être retrouvé, par exemple, dans une situation de classe.

Les travaux de Ziegler & al. (2005, 2011) comme ceux de Vance & Martindale (2012) apportent certaines informations concernant le traitement de la saillance du trait de voisement d'une part, les difficultés de traitement la ségrégation auditive ou encore le lien prédictif entre ces capacités et les TDL d'autre part. Ces résultats soutiennent l'idée que les enfants avec TDL présentent des difficultés de ségrégation du langage dans le bruit avec davantage de difficultés à percevoir le trait de voisement dans des conditions d'écoute dégradée. Dans ces études, bien qu'utilisant de la parole dans la parole, il s'agit davantage d'un masquage de type énergétique (vingt locuteurs, RSB = 0dB, bruit rose).

Comme Grataloup (2007) l'a montré, il convient toutefois d'examiner la nature du bruit concurrent, celle-ci reflétant des processus de traitement différents qu'il convient de considérer. Pour faire écho à ces travaux, il est nécessaire de s'interroger sur ce qui est exactement testé lorsqu'il est fait référence aux conditions d'écoute dans le bruit et aux situations de perception dégradée.

À la lumière de travaux sur la perception linguistique en situation dégradée (ex. Grataloup, 2007) et de travaux comme ceux de Ziegler & al. (2005), Ziegler & al. (2011), des processus de niveaux supérieurs ou plus généraux apparaissent jouer un rôle évident dans l'acquisition de processus linguistiques ou dans certaines pathologies (ex. dyslexie) et reflètent notamment la notion d'inhibition auditive (ex. Diamond, 2013). Des interrogations demeurent cependant concernant l'impact d'un masquage informationnel sur la perception des enfants avec TDL et sur l'implication possible de mécanismes de haut niveau dans ce type d'inhibition et les liens avec l'inhibition cognitive telle qu'entendue en neuropsychologie. Dans une situation avec un nombre d'interlocuteurs plus restreint (ex. couple mère-enfant au sein de la vie de famille, ou petit groupe), un enfant avec TDL pourrait être perturbé par son environnement pour percevoir l'input langagier et, qui plus est, dès le plus jeune âge. En définitive, avec un masquage informationnel, l'enfant avec TDL est-il perturbé de la même manière qu'avec un masquage énergétique ? Est-ce qu'un masquage informationnel est problématique pour l'enfant avec TDL jeune et est-ce que cette gêne pourrait refléter des mécanismes problématiques d'inhibition de type top down. Ces mécanismes sont-ils alors généraux, amodaux ou spécifiques au langage ?

Il serait aussi intéressant d'étudier des cohortes plus jeunes pour savoir si ce type d'inhibition prédit les déficits linguistiques ultérieurs ou encore l'entrée dans l'écrit chez le jeune enfant.

2.4.3.2. Inhibition non spécifiquement linguistique

La cooccurrence des difficultés d'ordre linguistique mais aussi non linguistique (ex. contrôle moteur, Flapper & Shoemaker, 2013 ; vitesse de traitement, Miller, Kail, Leonard & Tomblin, 2001 ; mémoire, Lum, Gelgic, Conti-Ramsden, 2010) dans le TDL suggère l'existence de difficultés et possiblement de facteurs étiologiques non spécifiquement verbaux. L'étude des facteurs étiologiques des TDL suggèrent aussi qu'ils pourraient être une conséquence d'une vitesse de traitement lente (Kail, 1994) ou de capacités limitées de traitement. La nature de ces limitations n'est cependant pas claire. La question de l'inhibition auditive suggère aussi l'implication de mécanismes qui ne seraient pas exclusivement d'ordre linguistique. Sur base du modèle de Hasher & Zacks (1988) en vieillissement cognitif, Bjorklund & Harnishfeger (1994) expliquent ces limitations en termes d'inhibition efficace. Selon eux, une inhibition déficiente entraînerait des problèmes d'interférence entre les

informations et de fait un engorgement et une surcharge en mémoire de travail (dont la capacité est limitée). Un ensemble de travaux tendent à soutenir l'hypothèse d'inhibition inefficace dans les TDL.

De manière générale, il a été aperçu que les performances d'inhibition des enfants avec TDL, d'âges scolaire et préscolaire, sont plus faibles comparativement aux enfants avec développement typique du langage. De manière plus spécifique, des difficultés de résistance proactive à l'interférence (c'est-à-dire à inhiber des éléments précédemment activés en mémoire de travail) ou de résistance aux interférences contextuelles ont été mises en évidence (Marton, Kelmenson & Pinkhasova, 2012 ; Marton, Kelmenson, Pinkhasova, 2007 ; Spaulding, 2008 ; Gillam, Cowan & Day, 1995). Marton, Kelmenson & Pinkhasova (2007) ont catégorisé ces erreurs et les ont analysées. Ils ont considéré : les erreurs d'inhibition immédiate (de la série en cours) versus d'inhibition retardée (résurgence d'une liste précédente), les erreurs d'interférence aux distracteurs contextuel (résurgence d'un mot du début ou du milieu de la phrase en cours) ou une persévération sur le mot final précédemment évoqué. Ils ont montré que les enfants avec TDL de 8-9 ans, comparativement aux enfants tout-venant, avaient des difficultés à supprimer des éléments récemment activés en mémoire de travail dans des tâches de « listening span task »³². Leurs erreurs témoignaient de la résurgence de mots provenant des phrases précédentes ou indirectement activés lors du traitement de la phrase (Marton, Kelmenson, Pinkhasova, 2007). Ils faisaient : 1) plus d'erreurs d'inhibition comparativement au groupe contrôle ; 2) plus d'erreurs d'inhibition immédiate comparativement aux erreurs d'inhibition retardée, autrement dit, ils présentaient des difficultés à inhiber les informations récemment activées ; 3) plus d'erreurs d'interférence aux distracteurs contextuels que de persévérations en l'occurrence, ils inhibaient difficilement des mots activés au cours du traitement de la phrase, mots qui n'étaient pas pertinents pour la tâche. Bien que des liens avec la mémoire de travail aient été retrouvés (corrélations), Marton & al. (2007) avaient alors conclu que le lien causal ne semblait pas nécessairement transparent.

Dans une étude ultérieure, Marton & al. (2012) ont montré que non seulement les enfants avec TDL avaient un temps de réponse allongé mais surtout qu'ils avaient un profil d'erreurs différents pour la résistance à l'interférence proactive. De son côté, Spaulding (2010) a pu mesurer, chez des enfants préscolaires (avant 6 ans) avec TDL, des performances diminuées pour les tâches de résistance aux distracteurs et ceci, quelle que soit la modalité du

³² Listening Span task : il s'agit d'une tâche dans laquelle une série de phrases est présentée à l'enfant. A la fin de chaque phrase une question lui est posée. L'objectif est de mémoriser le dernier mot de chaque phrase et de redonner l'ensemble des mots de la série à la fin de celle-ci. Cette tâche est régulièrement utilisée pour tester la mise à jour mais l'analyse qualitative des erreurs permet d'appréhender les processus d'inhibition.

distracteur (verbal, linguistique ou visuel). La chercheuse a aussi pu montrer que l'inhibition d'une réponse prépondérante pour une tâche mettant en jeu des informations de type stop signal était également problématique dans les TDL.

Epstein, Shafer, Melara & Schwartz (2014) ont comparé des enfants de 10-12 ans avec TDL à deux groupes contrôle l'un apparié en âge, l'autre en performances langagières sur des tâches de go-no go. Ils ont pu montrer que les enfants avec TDL présentaient de moins bonnes performances d'inhibition conflit et que ces différences se notaient au niveau des potentiels évoqués enregistrés.

La résistance proactive à l'interférence (inhibition d'éléments précédemment activés en mémoire de travail), la résistance aux interférences contextuelles et l'inhibition de type conflictuel apparaissent donc perturbées dans les TDL et semblent, au moins pour la résistance aux distracteurs, affecter différentes modalités.

Dans l'optique d'investiguer le caractère « specific domain » versus « general domain » des TDL, Henry, Messer & Nash (2012) ont récemment examiné le lien entre les fonctions exécutives et les TDL. Ils ont ainsi examiné le domaine verbal et non verbal de chacun des processus exécutifs qu'ils ont testés. Ils ont comparé les performances de trois groupes d'enfants (n = 160) : un groupe présentant des TDL (n = 41 ; de 8 à 14 ans), un sans diagnostic de TDL mais avec faible niveau de langage oral (FL : n = 31 ; de 6 à 13 ans), un groupe contrôle avec développement typique du langage (DT-L : n = 88 ; de 6 à 14 ans). Ils ont administré dix mesures évaluant le contrôle exécutif (planification, fluence, flexibilité, mémoire de travail/updating, inhibition). Pour l'inhibition plus spécifiquement, les auteurs ont proposé deux tâches d'inhibition de réponses dominantes³³ sur le plan moteur et sur le plan verbal. Dans cette étude, deux séries d'analyses de régression ont été réalisées en considérant chacun des groupes de performances pris isolément, avec comme variables dépendantes, les dix mesures de FE. Pour le premier set d'analyses, ils ont considéré le QI non verbal et l'âge comme mesure de contrôle, pour le second set d'analyses, le QI verbal a été ajouté comme mesure de contrôle aux deux autres. L'introduction du QI verbal comme mesure de contrôle avait pour objectif de savoir si les fonctions exécutives étaient indépendantes des habiletés langagières et non langagières. Avec le QI non verbal et l'âge comme variables de contrôle, des différences significatives entre le groupe TDL et DT ont été trouvées pour six des dix mesures de fonctions exécutives : mémoire de travail

³³ Les épreuves, verbales et non verbales, sont constituées de deux parties :

- partie A : l'enfant doit fournir une répétition identique au modèle fourni par l'examineur de deux stimuli (ex. : pour le domaine verbal : si je dis « poupée », tu dis « poupée », si je dis « voiture », tu dis « voiture ») ;
- partie B : l'enfant doit inhiber la réponse dominante apprise en A pour produire une réponse alternative (ex. : si je dis « poupée » tu dis « voiture », si je dis « voiture », tu dis « poupée »).

Un score combiné d'erreurs pour les parties A et B a été calculé comme mesure d'inhibition.

exécutive verbale et non verbale, fluence verbale et non verbale, planification non verbale et inhibition non verbale. Cinq des six variables sont également significatives dans le set d'analyse lorsque le QI verbal est ajouté aux mesures de contrôle (fluence non verbale non significative). Aucune différence significative n'a été mise en évidence sur ces tâches entre le groupe TDL et le groupe avec faible niveau langagier hormis pour la fluence verbale (plus faible chez les enfants avec TDL). De plus, entre 37 et 76 % des enfants avec TDL présentaient des difficultés au niveau des six fonctions exécutives et deux tiers des enfants avec TDL présentaient au moins une faiblesse dans trois des six mesures significatives. Parmi les tâches exécutives, la mémoire de travail exécutive (verbale et non verbale), la fluence (verbale), la planification (non verbale), l'inhibition non verbale et l'inhibition d'une réponse prépondérante étaient plus faibles dans le groupe TDL. 56 % des enfants du groupe TDL présentaient d'ailleurs une faiblesse pour l'inhibition de réponses prépondérantes. En définitive, cette étude a montré que, même en contrôlant le niveau langagier, le groupe TDL obtenait significativement de moins bonnes performances en fonctions exécutives et que ceci ne se limitait pas à des tâches verbales, renforçant l'idée de l'implication de processus de type « general domain » dans le TDL. Par ailleurs, il n'existe pas d'écart significatif entre les groupes TDL et faible langage, le groupe avec faible niveau langagier présente également des faiblesses au niveau des fonctions exécutives, l'ensemble allant dans le sens d'un continuum entre TDL et faible niveau de langage.

La revue de Leah, Kapa & Plante (2015), qui répertorie plusieurs études comparant enfants avec TDL et ceux avec développement typique du langage, montre bien de plus faibles compétences pour les tâches d'inhibition pour les groupes TDL pour le versant verbal ou non verbal. Les auteurs soulignent cependant le trop faible nombre d'études actuellement disponibles pour permettre une méta-analyse fiable. Les auteurs soulignent notamment le fait que des corrélations sont souvent retrouvées entre fonctions exécutives et langage mais que les études mélangent souvent langage typique et atypique dans le traitement des données, que la direction du lien n'est pas recherchée, ou encore qu'elles n'investiguent pas différentes fonctions exécutives dans une même étude et que cela est dommage, notamment lorsqu'on considère des modèles tels que ceux de Friedman & Miyake (2000) sur « l'unité dans la diversité ». L'importante variabilité des fonctions exécutives et ceci à travers le développement constitue en outre une difficulté majeure dans l'analyse des liens entre TDL et fonctions exécutives de manière générale puisqu'il y a d'autant plus de variabilité des FE durant la jeune enfance, lors de la construction du langage qu'à l'âge adulte (Huizinga & al., 2006).

Les difficultés cognitives exécutives d'ordre général semblent donc présentes dans le TDL et ceci tend à confirmer le point de vue de différents chercheurs (ex. Ullman & Pierpont, 2005 ; Henry, Messer & Nash, 2012) n'appuyant ni le point de vue de fonctions exécutives « specific domain » ni celui d'une médiation verbale (puisque deux des tâches ne sont pas liées au QI verbal). L'influence de facteurs généraux cognitifs complexes remet donc en

question la nature spécifiquement verbale des TDL. Enfin, les résultats (faible variance expliquée) suggèrent aussi que d'autres facteurs influent sur le développement du langage, point consistant avec les modèles de déficits multiples (Bishop, 2006) (ex. hypothèse phonologique, trouble mémoire procédurale, troubles fonctions exécutives).

2.5. Éléments de synthèse

Les processus attentionnels de contrôle et notamment les processus d'inhibition sont des processus nécessaires au traitement des informations dans la mesure où ils permettent de se focaliser sur les informations importantes de l'environnement ou de gérer apparemment les conflits lors de traitement (en se centrant sur un aspect important, en inhibant les éléments parasites, en déplaçant l'attention vers une source d'information plus importante, en régulant le comportement).

Différentes études sont venues documenter les prédicteurs du développement typiques et atypiques du langage et notamment des TDL, ont renseigné sur les processus d'inhibition, leur fonctionnement, leur développement.

Quelques études abordent désormais les liens entre inhibition et langage avec un engagement certain de l'inhibition dans les processus langagiers. Ce dernier pan de recherche explose actuellement pour spécifier ces liens mais peu encore chez l'enfant préscolaire, dans une démarche longitudinale, avec une vision globale sur les différents aspects du langage.

Au-delà du traitement temporel de bas niveau et de la notion de ségrégation auditive, différents travaux évoquent aussi l'implication de l'attention dynamique et celle de mécanismes auditifs et/ou cognitifs de haut niveau permettant la gestion des influx, principalement auditifs, et leur régulation. Les travaux actuels, dans le cadre de la dyslexie, sur l'attention dynamique et la perception du langage, laissent aussi penser que la périodicité attentionnelle, contrainte par les seuils individuels attentionnels (variables selon les individus), pourrait ne pas permettre de s'ajuster aux patterns prosodiques et syllabiques en raison d'une vitesse de déplacement attentionnel trop faible.

Le caractère spécifiquement verbal versus multimodal est actuellement le point d'unité à discuter. Si les mécanismes sont amodaux, l'hypothèse la plus probante serait de retrouver des liens entre les performances pour différents types d'inhibition dans le TDL reflétant un niveau général d'inhibition. Si, en effet, il existe des liens entre différents types d'inhibition n'utilisant pas les mêmes modalités, cela signifierait alors que des mécanismes de haut

niveau, amodaux, tendent à intervenir dans la gestion de ces processus. Ils pourraient alors avoir un impact plus marqué sur des mécanismes plus spécifiques au langage comme la phonologie par exemple, s'intégrant dans les modèles explicatifs des déficits multiples (Bishop, 2006).

Eu égard encore aux travaux sur le développement des aires auditives durant les premières années (maturation tardive de l'organe de Corti) et des incidences de dysfonctionnement de ceux-ci sur la maturation des relais cérébraux, il est aussi nécessaire d'investiguer ces mécanismes précocement et peut-être de proposer des programmes de stimulation suffisamment spécifiques et précoces pour limiter l'impact de ces troubles.

Enfin, certains travaux suggèrent que des déficits, même transitoires (ex. otites séromuqueuses), peuvent avoir une incidence 1. Sur le développement des aires dévolues à l'audition, 2. Sur des mécanismes d'attention et d'attention conjointe (Paul & al., 2007), montrant des liens entre diminution de processus attentionnel et attention conjointe et donc la régulation comportementale en situation d'échange d'une part, sur les opportunités d'acquisition du langage d'autre part.

A la lumière de modèles neurobiologiques comme celui de Lachaux (2011) ou celui de Posner (2012) montrant les différents niveaux neurobiologiques où des processus d'inhibition ont lieu, et à la lumière des travaux montrant des troubles d'inhibition relatifs à des modalités non spécifiquement linguistiques, il n'est plus nécessaire de s'interroger sur le caractère non spécifiquement linguistique du TDL mais plutôt de questionner la possibilité de processus généraux déficitaires dans le TDL et du lien entre ce qui est observé au niveau de l'audition et de l'inhibition de la parole dans le bruit d'une part, et les autres formes d'inhibition d'autre part. Quel lien ? Peut-on unir ces deux points de vue ?

Chapitre 4. Problématique et questions de recherche

Un ensemble de travaux vient désormais étoffer l'idée que l'inhibition est un processus nécessaire et important dans le langage. Nonobstant ce fait, un nombre important de questions persistent quant aux aspects développementaux, aux influences réciproques, aux niveaux d'implication entre les deux domaines.

Les profils développementaux des différents types d'inhibition sont assez mal définis, notamment entre 4 et 6 ans. Il apparaît essentiel aussi de spécifier ces données afin de documenter le lien avec le langage. L'inhibition auditive (ségrégation auditive) apparaît elle aussi impacter le langage. Le passage de l'âge préscolaire à l'âge scolaire est une étape importante dans les processus langagiers puisqu'il s'agit pour l'enfant d'une part de raffiner son lexique, sa morphosyntaxe en langage oral, d'autre part de mettre en place des structures nécessaires à l'entrée dans l'écrit.

Peu de travaux envisagent l'inhibition chez le jeune enfant en termes de prédicteur éventuel du langage oral, du langage écrit, du recouvrement des TDL et difficultés de lecture. Les travaux sont assez peu explicatifs en termes d'implication sur les processus de lecture (vitesse, adéquation, quelle voie ?) ou sur les niveaux de langage. Les liens avec les autres types d'inhibition et le positionnement avec les modèles actuels de contrôle exécutifs restent sous spécifiés.

Enfin, l'implication de l'inhibition dans le langage s'inscrit dans une problématique plus générale. Il s'agit en effet d'aborder les prédicteurs du développement typique langage oral et écrit, de la continuité entre ces deux domaines et du développement atypique dans le cadre spécifique des TDL. Le TDL et les difficultés de lecture apparaissent bien évidemment être un élément majeur de la clinique logopédique avec, comme la revue de littérature l'a initiée, le souhait de clarifier l'importance des facteurs spécifiques et généraux impliqués, de préciser le poids des variables étiologiques, l'importance de s'inscrire dans une perspective longitudinale, préventive et spécifique d'intervention logopédique.

Les principales questions de recherche qui seront abordées ici réfèrent donc :

- **À une meilleure connaissance des processus d'inhibition.**

Plus exactement, le travail portera sur la connaissance des profils développementaux dans la période préscolaire (entre 4 et 6 ans) de différents types d'inhibition et plus particulièrement de la résistance aux distracteurs externes, de l'inhibition de réponses

dominantes, de l'inhibition auditive. Plus précisément, les questions que nous nous posons sont les suivantes :

- Existe-t-il une évolution des performances d'inhibition, pour les 3 formes d'inhibition étudiées, entre la moyenne et la grande section de maternelle ?
- L'inhibition auditive, peu étudiée à l'âge préscolaire, présente-t-elle un profil développemental similaire aux autres types d'inhibition ? Les performances d'inhibition auditive augmentent-elle entre la moyenne (4-5 ans) et la grande section (5-6 ans) ?
- Existe-il un lien entre l'inhibition auditive et les deux autres types d'inhibition étudiés ?
- L'inhibition auditive est-elle un processus cognitif de contrôle de type « general-domain » ?

▪ **Au lien inhibition-langage et aux prédicteurs du langage de manière plus étendue**

Le lien entre les processus inhibiteurs et le langage restent à préciser. Précisions à apporter en fonction des âges, du type d'inhibition, mais aussi en termes de dimension linguistique (lexique/morphosyntaxe, réception/expression), d'implication avec le déchiffrement en lecture (vitesse/précision) ou enfin en termes d'explication du lien langage oral-langage écrit. Plus précisément, les questions que nous nous posons sont les suivantes :

- L'inhibition peut-elle être considérée comme une variable à part entière pour expliquer le développement typique et atypique du langage oral et celui du langage écrit ?

Plus spécifiquement :

- l'inhibition peut-elle permettre de prédire entre 4 ans et 6 ans le niveau de langage oral dans le développement typique ?
- l'inhibition, en infantine (mesurée entre 4 ans et 6 ans), peut-elle prédire le niveau de langage oral (deux ans plus tard chez les mêmes enfants en âge scolaire) dans le développement typique ? L'inhibition combinée au niveau de langage oral constitue-t-elle une combinaison de choix pour prédire le langage écrit ? (compte tenu des liens entre langage oral et langage écrit déjà couramment retrouvés chez les enfants avec TDL ou les « late-talkers »).
- l'inhibition permet-elle de prédire les TDL entre 4 et 8 ans ?

- Existe-t-il un type spécifique d'inhibition (auditive, résistance à l'interférence, inhibition de réponses dominantes) impliqué et pour quel aspect de langage : oral, écrit, TDL ? Pour quelle dimension du langage oral (lexique/morphosyntaxe ; réception/production) ou écrit (précision/vitesse) ?

- De manière générale :

Parmi les prédicteurs phonologiques et les mesures d'inhibition, mesurés à l'âge préscolaire, quels sont ceux qui permettent, en langue française, de prédire les performances de langage oral typique (préscolaire et scolaire), le niveau de langage écrit lors de l'entrée dans les apprentissages (scolaire), et de différencier développement typique et TDL ?

Partie expérimentale

Chapitre 1. Plan de recherche et présentation des études

Cette thèse comporte une série de quatre études chez l'enfant.

Étude 1 : Développement de trois formes d'inhibition entre 4 et 6 ans (étude transversale auprès d'enfants au développement typique).

Cette expérience étudie le développement des processus d'inhibition, sous trois formes (inhibition motrice, inhibition conflit, inhibition auditive) chez l'enfant de 4 à 6 ans et compare les performances de ces processus entre deux groupes d'enfants, l'un en 2^{ème} année de scolarisation de maternelle (équivalent 1PH en Suisse), l'autre en 3^{ème} année de scolarisation de maternelle/France (équivalent 2PH). Le second aspect étudié consiste à examiner les liens existants entre ces trois types d'inhibition.

Étude 2 : Lien entre les processus d'inhibition et prédicteurs « phonologiques » et le langage oral (étude transversale auprès d'enfant au développement typique).

Cette expérience étudie les liens, notamment prédictifs, entre les processus d'inhibition (sous différentes formes) et le développement typique du langage oral chez des enfants de 4 à 6 ans ainsi que les liens entre langage oral et différentes variables rapportées dans la littérature comme étant prédictives de l'acquisition du langage : la mémoire de travail, la mémoire phonologique à court terme et la métaphonologie.

Études 3A et 3B : Lien entre les processus d'inhibition et prédicteurs « phonologiques » et le langage oral (**3A**) et le langage écrit (**3B**) (étude longitudinale). Études des prédicteurs chez le jeune enfant des compétences ultérieures (en primaire) du langage oral et de l'entrée dans l'écrit.

Ces études visent à tester l'hypothèse selon laquelle l'inhibition, évaluée chez les enfants de 4 à 6 ans à développement typique, s'avère être un prédicteur du développement, du langage oral (**étude 3A**) et de l'entrée dans l'écrit (**étude 3B**), deux ans plus tard et ceci, au même titre que le sont la mémoire de travail, la mémoire phonologique à court terme, la métaphonologie ou encore le niveau de langage oral initial déjà référencés dans la littérature.

Chapitre 2. Hypothèses

1. INTRODUCTION

La revue de littérature présentée, à l'image d'un certain nombre d'études alimentant le débat actuel, soulève la question de l'implication des processus d'inhibition dans le développement de nombreux processus cognitifs et notamment dans l'apprentissage du langage.

Dans cette thèse il est question d'apporter une contribution quant à la connaissance de ces mécanismes d'inhibition, sous différentes formes, leurs liens potentiels et leur implication dans l'acquisition du langage oral, typique et atypique, ainsi que dans l'acquisition de la lecture.

Il s'agira aussi de définir au mieux la population de référence constituant le groupe de TDL puisque les TDL constituent en soit une catégorie de troubles très variables tant dans ses symptômes que dans ses degrés et que les études n'ont pas toujours défini strictement les groupes rendant les interprétations ou les répliques parfois difficiles. Ici, seuls les TDL avec une forme dite « linguistique » seront inclus.

Différents points y afférents dans un cadre spécifique seront traités, à savoir :

- Étude de ces processus à un **âge précoce** (4 ans) et jusqu'à l'entrée en primaire (8 ans) (études 1, 2, 3, 4) avec une dynamique **longitudinale** (étude 3)
- Étude du développement du langage **en langue française** et de ses prédicteurs (« phonologiques » et inhibition) dans le cadre du développement
 - typique du langage oral (études 2 et 3A)
 - typique du langage écrit (étude 3B)
 - atypique du langage oral (étude 4)
- Étude du **développement de l'inhibition à l'âge préscolaire** (puisque peu d'études documentent ces aspects) et de l'inhibition **sous différentes formes**. L'idée est de savoir :
 - a. si les différentes formes d'inhibition se manifestent déjà significativement entre 4-5 et 5-6 ans et si elles sont liées (étude 1)

- b. Si les enfants de 4-6 ans présentent, à l'instar de ce qui est décrit dans un certain nombre d'études, un effet de facilitation et un effet d'interférence au Stroop afin d'isoler à proprement parler les processus inhibiteurs (étude 1)
 - c. si des différences de performances dans le développement, entre 4-5 et 5-6 ans, de certaines formes d'inhibition peuvent expliquer des différences de développement au niveau du développement du langage, typique, oral et écrit (études 2 et 3), et surtout expliquer des atypies de développement du langage oral (TDL) (étude 4)
 - d. si l'inhibition auditive est davantage liée au langage que les autres formes d'inhibition (constituant ainsi un processus de sélectivité de haut niveau spécifié pour les processus linguistiques) ou alors si l'inhibition est impliquée sous différentes formes (principalement auditive et conflit) avec le langage (qui appuierait la thèse de l'implication de processus de haut niveau généraux impliqués dans le langage).
- Étude spécifique de l'écoute dans le bruit de type cocktail,
 - ➔ en français
 - ➔ pour une population d'âge préscolaire
 - ➔ avec des syllabes contrôlées en fréquence et en complexité
 - ➔ avec des conditions de bruits concurrents optimisés (à l'instar des travaux de Grataloup, 2007)
 - ➔ lien entre tâche cocktail, que nous avançons être une tâche d'inhibition auditive, et les autres formes d'inhibition

Notre sujet s'inscrit dans cette perspective et vise à définir les processus d'inhibition, leur développement, les liens entre les différentes formes d'inhibition, leur lien avec les autres prédicteurs du langage, leur lien en tant que prédicteur avec le développement du langage oral, typique et pathologique (TDL), et avec les débuts de l'acquisition du langage écrit. L'ensemble vise à proposer de nouvelles pistes de recherche et des implications cliniques tenant compte de nos résultats.

2. HYPOTHESES THEORIQUES GENERALES (HTG)

La littérature rapporte une évolution de l'inhibition entre 3-7 ans. Nous souhaitons spécifier ce développement pour trois formes d'inhibition particulières et pour les tâches et mesures choisies.

→**HTG1** : différentes formes d'inhibition s'améliorent significativement entre 4/5 ans et 5/6 ans.

Aucun travail n'a étudié le lien entre trois formes d'inhibition, comportementale, non verbale de type conflit, auditive de type cocktail party. Nous investiguerons cet aspect. Nous nous attendons à ce que ces types d'inhibition dépendent d'un mécanisme central sous-jacent commun (« unité ») et préjugeons que l'inhibition cocktail a des contributions avec les processus d'inhibition conflit de manière générale.

→**HTG2** : il existe des liens entre inhibition auditive cocktail et d'autres types d'inhibition (étude 1)

Le rôle des processus d'inhibition dans le langage typique et pathologique a été documenté mais les liens restent à spécifier notamment pour une population d'âge préscolaire de 3½ à 6 ans. Nous supposons l'implication de processus généraux, relatifs à l'inhibition sous différentes formes, dans le développement du langage typique et pathologique entre 3½ et 8 ans.

→**HTG3** : l'inhibition, sous différentes formes, prédit le développement du langage oral, typique entre 4 et 6 ans (étude 2) et de manière longitudinale entre 6 et 8 ans (étude 3A) ainsi que les TDL (étude 4).

De manière particulière, peu de travaux sur l'écoute dans le bruit de type cocktail ont été réalisés pour une population d'âge préscolaire et en français, ont utilisé des syllabes contrôlées en fréquence et en complexité, ont appliqué des conditions de bruits concurrents optimisés à l'instar des travaux de Grataloup (2007). Relativement au lien observé dans la littérature entre langage écrit et langage oral, et au vu des travaux de Ziegler & al. (2005) et de Grataloup (2007) :

→**HTG4** : L'inhibition auditive, testée dans des conditions optimales, prédit le niveau de langage d'une part (études 2 et 3), les TDL d'autre part (étude 4).

→**HTG5** : nous nous attendons à observer des liens entre performances d'inhibition et performances de déchiffrage en lecture (en début d'acquisition) (étude 3B).

Notre sujet s'inscrit dans cette perspective et vise à définir les processus d'inhibition sous différentes formes, leurs rôles, en tant que prédicteur du langage oral, typique et pathologique, et de l'entrée dans le langage écrit, pouvant intervenir conjointement avec d'autres facteurs déjà bien établis chez l'enfant de 4 à 8 ans. De plus en plus de chercheurs sur ce domaine s'accordent à dire, à l'instar de Parisse & Maillart (2010), qu'il n'existe « pas de cause unique pour les TDL » mais qu'il s'agit plutôt de « la conséquence de la présence chez l'enfant d'une conjonction de déficits de base ». Au vu de nos résultats et des résultats de travaux antérieurs, nous reviendrons sur la notion de « spécificité », encore chère à la clinique, des troubles du développement du langage oral.

Chapitre 3. Méthode générale

1. PROCEDURE GENERALE

Trois populations d'enfants ont été recrutées pour ces études : enfants à développement typique de 4 à 6 ans (études 1 et 2) ; revus deux ans plus tard à 6-8 ans pour une partie d'entre eux (étude 3), enfants avec TDL (étude 4).

Tous les protocoles d'études ont été soumis et approuvés par la Commission d'éthique de la Faculté de psychologie et des sciences de l'éducation de l'Université de Genève (ex. annexe I.a. protocole étude 1).

Pour les études 1, 2 et 3, les enfants ont été recrutés dans les écoles du bassin annécien (France). Une convention initiale de recherche a été signée entre le chercheur et l'Académie de Grenoble de l'Éducation Nationale française (Annexe I.b). L'inspecteur académique a ensuite sollicité la participation de plusieurs écoles par le biais des inspecteurs de circonscription. Les inspecteurs, les directions d'école, les enseignants, les parents ont, chacun, reçu un formulaire adapté présentant l'étude (cf. annexe II). Afin de refléter la diversité de la population, deux écoles, situées dans des zones géographiques différentes, ont participé à l'étude.

Les formulaires d'autorisation de participation, à l'intention des parents, étaient présentés dans le cahier de liaison d'école de l'enfant. La population ciblée dans ces études ne devait pas présenter d'éléments anamnestiques pouvant impacter le développement du langage. La population ne devait donc pas présenter de troubles neurologiques, sensoriels, développementaux connus. De plus, les enfants devaient être strictement monolingues étant donné l'influence connue du bilinguisme sur le développement des fonctions exécutives (ex. Bialystok, 2011).

Le parent recevait en même temps un questionnaire développemental à compléter concernant son enfant (cf. questionnaire développemental, partie matériel et annexe III). L'enseignant relançait au moins une fois les parents en cas de non-retour du formulaire de participation. Le parent pouvait accepter ou refuser la participation de son enfant en cochant la case adéquate. Le questionnaire développemental était remis d'emblée avec le formulaire de consentement ou réclamé aux parents.

Les enfants dont les parents ont accepté la participation ont été vus dans les écoles où une salle spécifique était dédiée à la passation des épreuves par les enfants. Toutes les

passations ont été réalisées sur le temps scolaire en dehors des récréations, temps de siestes ou activités nécessitant la présence obligatoire de l'enfant dans sa classe.

Pour l'étude 4, les logopédistes du bassin de Genève, de Lausanne, de Rolle, de Saint Julien (France), d'Annemasse (France), du bassin annécien (France), les associations de logopédie de Genève et de Haute-Savoie (France), le centre Avenir Dysphasie ont été contactés par email ou courrier ainsi que par téléphone pour les indépendants. Les logopédistes, sur base de leur patientèle présentant des difficultés en faveur d'un TDL linguistique, ont d'abord transmis verbalement les informations concernant l'étude aux parents. Dans le cas où les parents et l'enfant pouvaient être intéressés, les logopédistes ont transmis l'ensemble des documents : formulaire de consentement, formulaire de renseignement sur l'étude, formulaire anamnestique (annexe III.b.). Principalement, les enfants recrutés viennent des cabinets privés de logopédie en France, où la population monolingue est de surcroît plus importante. Les enfants devaient avoir un diagnostic de trouble du développement du langage de type linguistique.

2. MATERIEL : PRESENTATION GENERALE

2.1. Introduction

Compte tenu du fait que le matériel utilisé pour les études 1, 2, 3 et 4 comporte des similitudes, nous avons fait le choix de faire une présentation de l'ensemble des épreuves dans cette section. Les épreuves y sont davantage détaillées et servent de référence pour les études développées ultérieurement.

Le matériel d'évaluation est constitué d'épreuves papier-crayon ou conçu pour une passation sur ordinateur. Ces épreuves sont issues de la clinique ou ont été créées dans d'autres laboratoires, certaines sont spécifiquement adaptées pour les besoins de cette étude.

Cette thèse a en effet nécessité la construction et l'adaptation d'un matériel élaboré spécifiquement pour travailler en continu avec le même matériel sur les tranches d'âge ciblées et pour être applicable avec l'ensemble des populations choisies dont les enfants avec TDL. Dans ce cadre, il fallait notamment pouvoir mesurer l'inhibition en minimisant l'impact des modalités de présentation.

Les épreuves proposées aux enfants sont regroupées et présentées par champ : épreuves 1) de langage oral, 2) de langage écrit, 3) de phonologie, métaphonologie et mémoire, 4) d'inhibition, 5) de contrôle. Les protocoles de passation avec les consignes précises sont présentés en annexes IV. L'élaboration et la passation des épreuves ont nécessité l'utilisation d'un matériel technique énuméré ci-après.

2.2. Matériel technique

Le matériel utilisé dans ces études est le suivant :

- Ordinateur : Toshiba, satellite L655-1ED Système Unit ; système d'exploitation : Windows 7 ; carte son : SanDisk Ultra, 4GB, 30MB/s
- Enregistreur audio : Handy recorder, Zoom, H2
- Casque : Beyerdynamic, DT 770, professional, 2x 250 Ω
- Audiomètre : Amplaid 99, Screening audiometer, Hearing Level in dB re : ANSI S3.6, 1969-ISO 389 ; casque : Telephonics,TDH-49, 296D100-1
- Logiciel de traitement de son : Cool edit pro, Version 2.1, Syntrillium Software corporation, 1997
- E prime 2.0 : logiciel d'élaboration d'expériences informatisées
- Power point : logiciel de présentation (cocktail)

2.3. Épreuves et mesures

2.3.1. Épreuves de langage oral

Les épreuves proposées explorent le langage sur le plan lexical et morphosyntaxique, en expression et en réception.

2.3.1.1. Lexique réceptif (lex_Réc)

Le lexique réceptif est testé au moyen de l'Echelle de Vocabulaire en Image Peabody, version B (Annexe IVa) : EVIP-B (Dunn, Thériault-Whalen & Dunn, 1993), adaptation en français du Peabody Picture Vocabulary Test - Revised : PPVT-R (Dunn et Dunn, 1981). Il s'agit d'une tâche de désignation d'images dans laquelle l'enfant doit désigner une cible énoncée par l'examineur parmi 4 images (la cible et 3 distracteurs). Le test commence à un niveau établi pour l'âge. Toutefois, si l'enfant ne réussit pas 8 items consécutifs, les items précédents du test (conçus pour les plus jeunes) sont proposés à rebours jusqu'à atteinte du seuil. Le critère d'arrêt est fixé à 6 items échoués parmi 8. Un point est attribué par bonne réponse. Le score final correspond à la somme totale des points.

2.3.1.2. Lexique expressif (lex_Exp)

Le lexique expressif est évalué au moyen des sous-épreuves « voc1 » (registre usuel) et « voc2 » (registre spécifique du corps, des couleurs et des formes) des Nouvelles Épreuves pour l'Examen du Langage (Annexe IVa) : N-EEL (Chevrié-Muller & Plaza, 2001). Il s'agit de dénommer une série de 57 images au total pour les deux subtests. Chaque réponse correcte apporte 2 points, une transformation phonologique retire un point. Le score final retenu correspond à l'ensemble des points pour les deux sous-tests.

2.3.1.3. Morphosyntaxe réceptive (ms_Réc)

L'Épreuve de Compréhension Syntaxico-Sémantique : E.CO.S.S.E (Lecocq, 1996) est proposée pour mesurer la compréhension de structures morphosyntaxiques de nature diverse (ex. phrases négatives simples, adjectifs ordinaux spécifiés) et de complexité croissante (ex. phrases simples, phrases relatives), ordonnées par blocs de quatre phrases. Il s'agit d'une adaptation du Test for Reception Of Grammar : TROG (Bishop, 1983). Le protocole de passation figure en annexe IVa. Dans cette épreuve, l'enfant doit désigner l'image correspondant à la phrase produite par l'expérimentateur parmi 4 images (une cible et trois distracteurs). La figure 16 illustre la situation expérimentale. Une vérification du lexique de base utilisé dans le test est proposée à l'enfant avant de commencer. Le score final retenu ici correspond à la somme des réponses correctes produites par l'enfant.

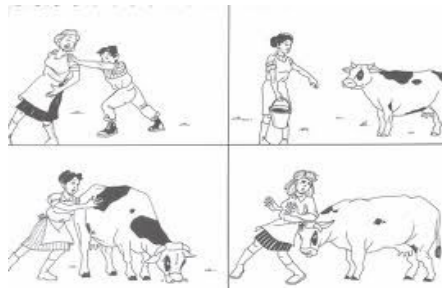


Figure 16. Extrait de l'E.CO.S.S.E (Lecocq, 1996): l'enfant doit désigner une structure morphosyntaxique spécifique ; ici l'énoncé à désigner est « la vache pousse la dame ».

2.3.1.4. Morphosyntaxe expressive (ms_Exp(Rép) et ms_Exp(cpl))

Afin d'appréhender au mieux la morphosyntaxe expressive de l'enfant, deux tâches ont été proposées dans un but complémentaire.

La première tâche correspond au sub-test « Répétition de phrases », issue de la batterie ISADYLE (Piérart, Comblain, Grégoire & Mousty, 2005) (cf. protocole Annexe IVa). Ce type de tâche est classiquement utilisé dans la littérature. Il présente l'avantage de pouvoir tester des structures spécifiques connues pour être plus ou moins difficiles ou spécifiquement altérées dans certains troubles du langage et peut être présenté chez de jeunes sujets en un laps de temps court. Une répétition correcte de la phrase présuppose ainsi que l'enfant en maîtrise la structure ou qu'elle est en cours d'acquisition. Ce type d'épreuve recrute néanmoins fortement les processus de mémoire verbale à court terme, ce qui en fait aussi son inconvénient majeur. Un enfant pourrait, en effet, avoir une très bonne mémoire verbale à court terme et répéter la structure testée sans toutefois avoir d'accès sémantico-pragmatique de celle-ci. Ceci n'évaluerait pas le processus de traitement morphosyntaxique mais simplement un aspect de la mémoire. Dans cette tâche spécifiquement, la longueur

des phrases est contrôlée et la complexité morphosyntaxique varie. Pour les besoins de l'expérience et afin de limiter les biais liés à des expérimentateurs différents, l'ensemble des trente énoncés cibles a été enregistré en format audio et ensuite présenté au casque. L'enfant doit ici répéter le plus exactement possible l'énoncé cible. Les productions sont enregistrées et retranscrites. La cotation adoptée porte essentiellement sur les marqueurs morphosyntaxiques. Par exemple, une transformation phonologique sur un élément lexical n'est pas prise en compte tandis que la répétition est considérée fautive si cette transformation a lieu sur un élément morphosyntaxique (ex. /ə/ « chien » → /ə/ structure indéfinie, considérée fautive mais « le /s/ien » à la place de « le chien » est accepté). Un point est attribué par phrase répétée correctement, la somme des points constitue le score final (ms_E(Rep)).

La seconde tâche proposée est une tâche de complétion de phrases, sub-test « Production d'énoncés » de la batterie d'Évaluation du Langage Oral – ELO (Khomsy, 2001) (cf. protocole Annexe IVa). Cette tâche, à la différence de la précédente, a l'avantage de mettre en avant des structures stockées en mémoire à long terme. Toutefois, si l'enfant produit un énoncé sémantiquement compatible mais ne correspondant pas à la structure morphosyntaxique cible suggérée, on ne peut être certain qu'il ne maîtrise pas celle-ci, ce qui en fait son principal inconvénient. Dans ce subtest précisément, deux images sont présentées à l'enfant. Pour la première, l'expérimentateur initie un comportement verbal correspondant à l'image (ex. « Un ours dort »), pour la seconde, l'enfant doit compléter l'énoncé de l'expérimentateur (« Des ours ... » → *dorment*) ». Vingt-cinq phrases sont présentées à l'enfant après deux items d'essai. Elles comportent des structures variées répertoriées pour être également plus ou moins délicates à maîtriser selon l'âge ou problématiques dans certains troubles du langage (ex. inflexion du nom, *indien/indienne*, du verbe *présent/passé/futur*, passives, etc.). Un point est accordé par complétion correcte, la somme des points constitue le score final (Ms_Exp(cpl)).

2.3.2. Épreuves de langage écrit-lecture

Le langage écrit est évalué par le subtest « lecture de mots liste pour CE1 » de l'Outil de DEpistage des DYSlexie 2 : ODEDYS (Valdois, Jacquier & Zorman, 2002). Cet outil permet d'évaluer les procédures d'adressage et d'assemblage utilisées en lecture. Trois conditions sont proposées dans ce but : mots irréguliers (Irr), mots réguliers (Rég) et pseudomots (Pseudo). Trois listes de 10 items sont présentées par condition (l'épreuve originale en comprend 20 par condition) (Annexe IVb). L'enfant est invité à lire du mieux qu'il peut et le plus rapidement possible chacune des trois listes indépendamment. Les mots sont calibrés en complexité syllabique et fréquence pour le niveau scolaire CE1 en France (équivalent 4P Harmos en Suisse). Un point est attribué par item correctement lu et la somme faite par condition donnant les scores RCLecRég, RCLecIrr, RCLecPseudo. Le temps de lecture par liste est également comptabilisé et noté (TRLecRég, TRLeclrr, TRLeclpseudo). Pour les besoins de

nos analyses, les moyennes des z scores des temps de réponse (TR) et des réponses correctes (RC) par condition ont été calculées, elles sont notées : TRLectRég, TRLectIrr et TRLectPseudo, ainsi que RCLectRég, RCLectIrr, RCLectPseudo.

Afin de réduire le nombre de variables, même si chacune des listes comprend un intérêt spécifique, des scores composites de lecture ont ensuite été calculés. Sur base de la moyenne des scores $-z$ des scores de précision des trois listes confondues (RCLecRég, RCLecIrr, RCLecPseudo) un score global de précision a été calculé (**sczLectRC**) de même qu'un score global de vitesse en lecture (**sczLectTR**) sur base de la moyenne des scores z des temps de lecture pour les trois listes confondues (TRLecRég, TRLeclrr, TRLeclPseudo).

2.3.3. Épreuves de métaphonologie et de mémoire

La métaphonologie est évaluée par deux tâches de jugement de similitude (Rimes et Paires) tandis que la mémoire phonologique à court terme et la mémoire de travail sont évaluées par des empan de chiffres. Différentes études ont mis en évidence l'implication de la métaphonologie (Mounir, 2012), de la mémoire de travail (ex. Gathercole & Baddeley, 1989 ; Mounir, 2012) ou encore de la MPCT (ex. Gathercole, Hitch, Adams & Martin, 1999) sur le langage. Les tâches proposées ici visent donc à documenter ce point.

2.3.3.1. Jugement de paires phonologiquement proches

La première tâche de jugement concerne des syllabes phonologiquement proches. Il s'agit de la tâche « Discrimination de paires minimales - durée normale » (Van der Kaa & Majérus, 2007). Dans celle-ci, vingt-huit paires de syllabes phonologiquement proches et préenregistrées sont présentées au casque (cf. protocole Annexe IVa). L'enfant doit dire si les syllabes entendues sont pareilles ou différentes (ex : /la/- /la/ → pareil, /la/-/ra/ → différent). En raison du jeune âge de certains des participants, les essais ont été présentés oralement par l'expérimentateur qui s'est assuré de la bonne écoute et de la compréhension des termes « pareil » et « différent » en les adaptant au besoin (« dis-moi si ce sont les mêmes que tu as entendus ? » puis, en reformulant « est-ce que c'est les mêmes ? » ce qui permettait à l'enfant de répondre par oui ou non). À la différence de la cotation proposée par l'auteur, les réponses ont été collectées par l'expérimentateur (et non par clefs de réponse sur l'ordinateur) et seule l'adéquation des réponses (et pas le temps de réponse) a donc été comptabilisée. Un point par réponse correcte a été attribué et la somme des points constitue le score (PAIRES) de cette épreuve.

2.3.3.2. Jugement de rimes

La seconde tâche est un jugement de rimes, sous- test « Sensibilité phonologique » de la N-E.E.L (Chevrié-Muller & Plaza, 2001) (cf. protocole Annexe IVa). Vingt paires sont proposées à l'enfant. Il doit dire si les deux mots monosyllabiques de la paire, proposés

oralement, riment ou non. Une phase d'entraînement est proposée pour familiariser l'enfant à la tâche. La notion de rime a été adaptée dans la consigne et il a été demandé à l'enfant de dire « si les deux mots sont pareils à la fin ou pas ». La somme des points (un par réponse juste) constitue le score final (RIMES).

2.3.3.3. Empan endroit et envers de chiffres

La mémoire phonologique à court terme (MPCT) et la mémoire de travail (Mdt) ont respectivement été testées par les subtests : « empan de chiffres endroit » et « empan de chiffres envers » de la Wechsler Intelligence Scale for Children – WISC IV (Wechsler, 2004) (cf. protocoles Annexe IVa). L'enfant, après familiarisation, répète après l'expérimentateur des séquences croissantes de chiffres (2 à 9 éléments) organisées par blocs de 2. La répétition se fait à l'endroit pour la MPCT, à l'envers (ordre inverse à celui proposé) pour la Mdt. Le test est arrêté après deux répétitions d'un même bloc échouées. Un point par séquence adéquatement répétée est attribué. La somme des points par subtest constitue nos scores finaux (MPCT, Mdt).

Dans nos études, un score composite (MétaPh) est calculé pour les épreuves en lien avec la phonologie et la métaphonologie. Il s'agit de la moyenne des scores-z des tâches RIMES, PAIRES et MPCT. La tâche d'empan envers est considérée isolément, puisqu'elle mesurerait en partie le fonctionnement de l'administrateur central (mise à jour) au-delà de la rétention d'une information phonologique (Mdt).

2.3.4. Épreuves d'inhibition

En référence à la littérature et à notre domaine de recherche, plusieurs modalités de l'inhibition sont ciblées.

Nous avons en effet, d'une part, voulu tester les liens entre langage et inhibition et savoir si le langage pouvait être davantage en lien avec certaines modalités particulières de l'inhibition. D'autre part, nous avons voulu étudier l'inhibition sous différentes formes et les liens qui existent entre elles dans une perspective développementale, sur nos tranches d'âge ciblées. Trois épreuves ont donc été proposées pour évaluer la résistance aux distracteurs externes et la régulation du comportement, l'inhibition de réponses prépondérantes de type de conflit cognitif et l'inhibition auditive de type cocktail party. Elles sont décrites ci-après.

2.3.4.1. Inhibition de type résistance aux distracteurs externes (régulation du comportement/inhibition motrice) - (« Statue » - statue)

Cet aspect de l'inhibition est évalué par le sub-test « Statue » issue de la batterie d'évaluation neuropsychologique - NEPSY (Korkman, Kirk & Kemp, 1997 ; adaptation française 2003) (cf. protocole annexe IVa). L'enfant doit résister à ces éléments

perturbateurs pour se conformer à la consigne initiale. L'enfant est ainsi invité à imiter une statue (rester debout, les yeux fermés, sans bouger et sans parler) pendant 1 minute et 15 secondes. Une série de stimuli distracteurs sont imposés à l'enfant suivant un décours temporel fixe (ex. bruit de toux). Deux points sont accordés par intervalle de temps de 5 secondes durant lequel l'enfant respecte scrupuleusement la consigne. Une manifestation (mouvement du corps, ouverture des yeux et vocalisation) lui impute un point durant chaque intervalle. Le score final (STATUE) correspond à l'ensemble des points cumulés pendant le test (1 minute et 15 secondes).

2.3.4.2. Inhibition de type inhibition d'une réponse dominante (inhibition cognitivo-conceptuelle de type conflit) - (« stroop animaux »- stroop)

Présentation de l'épreuve

Afin de tester la résistance à l'interférence de réponses prépondérantes nous avons adapté une tâche sur base des travaux initiaux de Stroop (1935). Rappelons que cette situation expérimentale teste la capacité, lorsque deux dimensions sont mises en concurrence, à résister à une dimension dite « automatique » (ou saillante) au profit d'une dimension « moins automatique » (ou moins saillante) mais pertinente pour la tâche. Rappelons aussi que le test de Stroop a donné lieu à de nombreux travaux déclinant cette situation expérimentale avec des modalités et du matériel divers.

Le travail avec l'enfant requiert une adaptation évidente puisque dans la tâche de Stroop initiale présentée chez l'adulte, la lecture constitue la dimension la plus automatique et que la lecture n'est automatisée qu'au-delà d'un certain niveau de pratique et donc d'âge. En référence au « Real Animal Size Test » - RAST (Catale & Meulemans, 2009) par exemple, l'adaptation réalisée ici permet le travail avec des enfants chez qui la lecture n'est pas encore automatisée. Il s'agit de contraster la taille physique de présentation avec la taille réelle des animaux.

Contrairement au RAST, présenté sous forme de matrices papier-crayon, nous avons opté pour une version informatisée présentée initialement pour le traitement numérique (Fourrier, 2000) en présentation discrète (choix à faire parmi 1 stimulus contenant 2 images présentées à l'écran). Dans notre adaptation, la dimension pertinente correspond, ici, à la taille réelle de l'animal (que nous nommerons désormais « sémantique »), et la dimension non pertinente correspond à la taille physique de présentation sur l'écran (que nous nommerons désormais « physique »), visuellement plus saillante pour l'enfant. Dans cette tâche, l'enfant doit donc inhiber la taille physique, saillante, pour se focaliser sur la taille sémantique de l'animal.

Cette épreuve a été élaborée afin de pouvoir être administrée à de jeunes enfants (à partir de 3½ ans) et à des enfants avec TDL. Un lexique présent très jeune et des clefs de réponses

via un clavier d'ordinateur plutôt qu'une réponse par oral ont donc été privilégiés. Le logiciel E-prime nous a permis de mettre en œuvre cette expérience pour la phase informatisée.

Stimuli

Les animaux choisis pour la phase test appartiennent au vocabulaire enfantin, familier et concret des milieux de l'enfant. Les images de ces animaux ont été sélectionnées dans la base de données Bonin (2003) dans un registre de mots choisis pour leur âge d'acquisition bas (normes AoA, Hazard, De Cara & Chanquoy, 2007).

Chaque essai correspond à une paire d'animaux qui apparaît simultanément de part et d'autre du centre de l'écran. Un point de fixation central sur l'écran (de 500 ms) précède chaque essai afin de recentrer l'attention de l'enfant avant la présentation de la paire de part et d'autre de ce point. La réponse de l'enfant fait disparaître la paire et détermine l'envoi du point de fixation puis de la paire suivante.

Septante-deux paires d'images test et six paires d'entraînement ont été créées. Ils sont répartis en blocs : un bloc d'entraînement (six paires) et huit blocs tests (huit paires). Chaque bloc est séparé par un smiley permettant d'entretenir la motivation de l'enfant lors de la passation.

Pour la taille physique de présentation à l'écran, trois niveaux ont été créés, à savoir : petit (197x281 pixels), moyen (275x393 pixels), grand (394x562 pixels) avec un rapport petit/moyen et moyen/grand d'environ un et demi.

Pour la taille sémantique, nous avons sélectionné des animaux pouvant être répartis selon trois tailles également : les petits (escargot, souris, abeille), les moyens (chien, lapin, mouton), les grands (cheval, âne, vache).

Conditions expérimentales

La variable principale de cette tâche correspond à la congruence des paires selon deux dimensions : la taille physique et la taille sémantique. Trois niveaux de congruence ont ainsi été créés : le niveau facilitateur (24 paires), le niveau neutre (24 paires), le niveau interférent (24 paires).

Ces niveaux sont décrits ci-après. L'image entourée de rouge correspond à l'image à sélectionner pour l'exemple donné.

- niveau neutre (cf. Figure 17)

Pour les paires neutres, seule la taille sémantique varie, la taille de présentation à l'écran est équivalente pour les deux animaux présentés.

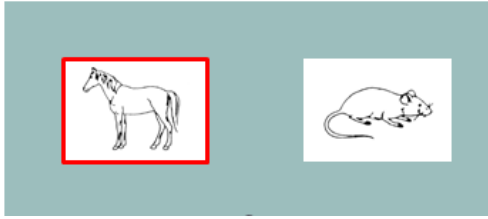


Figure 17. Stroop animaux. Exemple de stimulus pour une paire neutre.

- niveau facilitateur (cf. Figure 18)

Pour les paires facilitatrices, la taille physique et la taille sémantique varient dans le même sens (le plus grand animal sur l'image est également le plus grand en « vrai »).

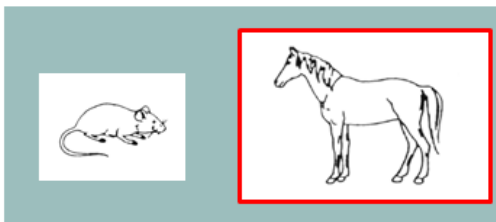


Figure 18. Stroop animaux. Exemple de stimulus pour une paire facilitatrice.

- niveau interférent (cf. Figure 19)

Pour les paires interférentes, la taille physique varie en sens opposé à la taille sémantique (le plus petit sur l'image correspond au plus grand en vrai) créant ainsi un conflit entre les deux dimensions.



Figure 19. Stroop animaux. Exemple de stimulus pour une paire interférente

Considérations techniques

Afin d'obtenir un nombre suffisant de temps de réponse pour effectuer nos analyses huit présentations de chaque paire ont été administrées dans la phase test.

L'ordre de présentation est semi aléatoire pour les paires d'images. Afin d'éviter les biais de présentation, nous avons en effet veillé à ne pas avoir : deux fois le même animal se

succédant, plus de trois fois la clef de réponse du même côté, plus de trois fois le même niveau ou le plus grand en taille sémantique ou physique se succédant.

Procédure spécifique pour la tâche de Stroop animaux

- Prérequis : classement préalable d'images

La connaissance des animaux présents dans la phase informatisée est vérifiée avec un classement préalable d'images des animaux de la phase test (présentées sur papier). Il est demandé aux enfants de les classer en trois catégories : Les « tout petits », les « moyens », les « grands, les géants ». Il s'agit d'un prérequis à la passation de la phase test informatisée. Si l'enfant échoue à cette phase, il est exclu de l'expérimentation.

- Consignes, phase d'entraînement et passation sur ordinateur

L'enfant est positionné face à l'écran d'ordinateur. Il lui est demandé de mettre les index au-dessus des clefs de réponses (touches d et K) et de les tenir ainsi tout au long du test. Ces touches sont marquées d'un point coloré (vert et rouge) afin de faciliter l'identification des touches de réponse et limiter la distraction des autres touches. La consigne pour la phase informatisée est d'appuyer du côté où se situe le plus grand animal « en vrai ». Le protocole de passation figure en annexe IVa.

Les 6 items pour la phase d'entraînement sont proposés avec un feed-back correctif après chaque essai, en cas de non compréhension, le bloc d'entraînement est présenté de nouveau à l'enfant. Un rappel régulier de la consigne est fourni sous forme réduite (« le plus grand/en vrai »).

Pendant la phase test, en revanche, aucun feed-back correctif à proprement parlé n'est fourni mais un rappel appuyé de la consigne lors des inter-blocs en cas d'erreurs (« fais bien attention, tu appuies du côté *du plus grand en vrai* »).

Cotation Stroop animaux (partie résultats)

L'adéquation et le temps de réponse sont enregistrés directement par l'ordinateur via le logiciel E-prime.

Le nombre d'erreurs et les médianes des temps de réponses (sur base des TR pour les réponses correctes) sont ensuite traités par condition. Par ailleurs, puisque nous nous intéressons principalement aux mécanismes de sélectivité/capacités d'inhibition, des indices de facilitation et d'interférence sont calculés pour les erreurs et pour les TR ainsi qu'un indice global d'interférence. Le détail des calculs figure ci-après.

- Indice interférence Stroop/erreurs (I.StroopINT_Err), indice de facilitation (I.StroopFac_err), indice d'interférence global (I.StroopInterfG_err)

L'indice d'interférence pour les erreurs (I.StroopINT_Err) correspond à la différence entre le nombre d'erreurs dans la condition interférente et le nombre d'erreurs dans la condition neutre s'exprimant de la sorte :

$$I.StroopINT\_Err = \frac{(\text{nombre d'erreurs condition interférente} - \text{nombre d'erreurs condition neutre})}{(\text{nombre d'erreurs condition neutre} + 1)}$$

De la même manière, l'indice de facilitation pour les erreurs (I.StroopFac_err) correspond à la différence entre le nombre d'erreurs dans la condition neutre et le nombre d'erreurs dans la condition facilitation et s'exprime de la sorte :

$$I.StroopFac\_err = \frac{(\text{nombre d'erreurs condition neutre} - \text{nombre d'erreurs condition facilitatrice})}{(\text{nombre d'erreurs condition fac} + 1)}$$

Afin de maximiser les écarts, un indice d'interférence global (I.StroopInterfG_err) a été calculé de manière similaire entre la condition interférente et la condition facilitatrice

$$I.StroopInterfG\_err = \frac{(\text{nombre d'erreurs condition interférente} - \text{nombre d'erreurs condition facilitatrice})}{(\text{nombre d'erreurs condition facilitatrice} + 1)}$$

- Indice Interférence Stroop /TR (I. StroopINT_TR), indice de facilitation Stroop/TR (I. StroopFAC_TR), indice global d'interférence/TR (I.StroopInterfG_TR)

L'indice Stroop d'interférence pour les temps de réponse (I. StroopINT_TR) est calculé sur base des médianes des temps de réponse pour les réponses correctes. Cet indice est calculé en faisant le rapport entre la différence de la médiane des TR en condition interférente et la médiane des TR en condition neutre et la médiane des TR en condition neutre. Le fait de diviser par les TR en condition neutre permet de contrôler la vitesse inhérente à chaque enfant. L'indice s'exprime de la sorte :

$$I. StroopINT\_TR = \frac{(\text{médiane des TR condition interférente} - \text{médiane des TR condition neutre})}{\text{médiane des TR condition neutre}}$$

De la même manière, l'indice de facilitation Stroop pour les temps de réponses (I. StroopFAC_TR) (calculé sur base des médianes des TR pour les réponses correctes) correspond au rapport entre la différence de la médiane des TR en condition interférente et la médiane des TR en condition neutre, et la médiane des TR en condition neutre. Cet indice s'exprime de la sorte :

$$\text{I. StroopFAC\_TR} = \frac{(\text{médiane des TR condition neutre} - \text{médiane des TR condition facilitatrice})}{\text{médiane des TR condition facilitatrice}}$$

De la manière similaire, et afin de maximiser les écarts, un indice global d'interférence pour les TR (I. StroopInterfG_TR) a été calculé.

$$\text{I. StroopInterfG\_TR} = \frac{(\text{médiane des TR condition interférente} - \text{médiane des TR condition facilitation})}{\text{médiane des TR condition facilitation}}$$

2.3.4.3. Inhibition auditive de type cocktail party

Présentation de l'épreuve

Pour les raisons évoquées dans la revue de la littérature, nous avons voulu étudier l'inhibition auditive spécifiquement dans un contexte de type cocktail party. Différents auteurs semblent en effet conférer un statut spécifique à ce type de bruit de fond contrairement à des bruits non paroliens stationnaires par exemple. Il est donc question de savoir si le bruit de type cocktail peut être un élément déterminant dans la construction langagière d'une part, de savoir si la sensibilité à ce type de bruit peut être discriminant pour distinguer les enfants présentant un TDL de ceux qui n'en présentent pas d'autre part, sinon de distinguer les bons des faibles en langage.

La tâche que nous décrivons ci-après a plusieurs fonctions. Celles d'étudier : 1) les aspects développementaux de l'inhibition auditive, spécifique à l'inhibition de bruits concurrents de paroles, dans les tranches d'âge retenues pour cette thèse ; 2) les liens entre cette inhibition auditive et le langage mais aussi entre cette inhibition auditive et les autres formes d'inhibition.

La tâche cocktail est une tâche où l'enfant doit répéter des pseudomots présentés avec des filtres composés de bruits parasites de paroles présentés à des intensités plus ou moins importantes en concurrence avec un pseudomot cible à répéter.

L'idée est ici :

- d'étudier les mécanismes cocktail peu documentés à cet âge notamment avec ces critères expérimentaux,
- de calculer des indices pondérés : nombre de réponses correctes, intragroupe, en présentation optimale (cock0 : sans bruit) permettant de calculer une valeur d'inhibition auditive,
- de comparer deux sous-groupes de degrés scolaires/ âge distincts.

Sur base des travaux de Grataloup (2007), et afin de tester ce type d'inhibition auditive, nous avons construit une épreuve de type cocktail party. Notre tâche est une épreuve de répétition de pseudo-mots. Dans celle-ci, l'enfant doit répéter le plus exactement possible une cible verbale présentée parmi des bruits parasites de parole. Le bruit de fond parolier engendre un effet de type « cocktail party » qui nécessite l'intervention de l'inhibition auditive. Pour répéter le plus exactement possible la cible, l'enfant doit en effet inhiber les bruits concurrents du bruit de fond parolier afin de pouvoir se focaliser sur la cible et la répéter.

A l'instar des effets d'inhibition mesurés pour le Stroop, et dans la mesure où nous nous intéressons à l'inhibition, l'épreuve a été construite en vue de pouvoir calculer des effets d'interférence auditive cocktail. La conception de cette tâche a visé aussi à tenir compte tant du choix des stimuli que de la présentation et de l'attractivité pour permettre la passation avec de jeunes enfants.

Le matériel créé tient donc compte de ces impératifs.

Construction de l'épreuve

Des pseudomots (cibles) ont été constitués et mixés ou non, selon la condition, à des bruits de fond paroliers créant ainsi le cocktail party. Le détail de l'expérimentation est expliqué dans les rubriques suivantes.

- Cibles

L'épreuve comprend 16 pseudo-mots cibles enregistrés, en cabine insonorisée, par une femme adulte native francophone. Ces pseudomots sont créés à partir de la base de données eMANULEX³⁴ (Ortégua & Lété, 2010). Ils combinent 2 syllabes, de 3 phonèmes

³⁴ eManulex est une banque de données informatisée basée sur les données papier de Manulex et données de Manulex-infra). Elle est issue de 54 manuels scolaires allant du CP au CM2 en France. Le choix peut s'effectuer en fonction des critères pour un niveau

chacune. Les syllabes sont contrôlées pour avoir chacune une fréquence basse à 6-7 ans, en français. Le fait de travailler avec des fréquences basses permet en effet d'évaluer davantage les processus liés à la phonologie plutôt que ceux liés aux représentations lexicales stockés plus largement en mémoire à long terme (Majerus, 2011). Les pseudomots sont contrôlés en complexité syllabique selon deux degrés : soit simple ($n = 8$), soit complexe ($n = 8$).

- Bruits concurrents de paroles de type cocktail party

Le bruit concurrent est constitué de 4 voix de personnes natives francophones (2 femmes, 2 hommes) lisant une histoire pour enfant. Chaque enregistrement a été normalisé à 80 dB. Les pauses supérieures à 500 ms ont ensuite été supprimées ainsi que les passages comportant : 1) une intonation trop marquée ou inappropriée, 2) une prononciation non conforme, 3) des noms propres. Un séquençage de chaque enregistrement a été réalisé en segments de 4 secondes. Une normalisation et un mixage des 4 voix par segments de 4 secondes ont enfin été effectués.

- Stimuli

Trois listes de stimuli ont été constituées : une liste de pseudo-mots à répéter sans bruit de fond (ligne de base), deux listes « inhibition » où les pseudomots sont accompagnés d'un bruit de fond concurrent. Les 16 pseudomots cible sont présentés dans chacune des 3 conditions d'intensité de bruit. Un ensemble de 48 stimuli au total est donc obtenu (3 présentations de chaque pseudomot, une présentation par condition de bruit).

Dans la liste sans bruit de fond, un bruit blanc précède chaque cible afin de canaliser l'attention auditive et prévenir l'enfant que la cible va être présentée.

Pour les cibles avec bruit concurrent, le rapport signal-bruit (noté désormais RSB) est modulé selon deux niveaux de bruit ajouté. Les cibles ($n = 32$) ont tout d'abord, chacune, été mixées à une séquence distractive (le bruit) distincte. La cible était présentée à 2,5 secondes après le départ de la séquence distractive (de 4 secondes) (cf. Figure 20).

scolaire choisi (CP dans notre tâche). Elle permet de sélectionner des mots, syllabes ou phonèmes selon différents critères (ex. : fréquence syllabique ou phonémique selon la position dans les mots dans notre tâche, par exemple, fréquence et complexité de la première et de la dernière syllabe des mots).

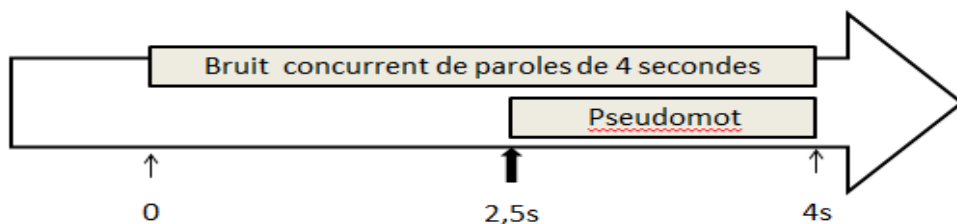


Figure 20. Illustration du déroulé temporel pour un item de la tâche cocktail.

L'intensité de sortie étalonnée a ensuite été modulée afin d'obtenir 2 niveaux de difficultés.

Le bruit concurrent a ainsi été présenté dix (RSB-10) et 15 décibels (RSB-15) en dessous de l'intensité de la cible. Le niveau RSB-10 est donc plus interférent que celui à -15dB puisque la cible et le bruit de fond sont plus proches que dans la condition à -15dB.

Par convention, nos 3 niveaux seront notés cock0, pour la condition sans bruit, cock-15 pour le niveau de présentation avec bruit le moins difficile, cock-10 pour le niveau avec bruit le plus difficile.

▪ Stimuli d'entraînement

Six items d'entraînement, différents des stimuli test, ont été constitués. Le premier était un pseudomot à répéter dans un bruit non parolier d'intensité faible donc plus facile pour permettre l'introduction à l'épreuve. Les cinq items suivants étaient des pseudomots bisyllabiques à structure simple présentés avec bruit de fond de paroles d'intensité variable (RSB-7 dB, RSB-10dB).

Procédure

L'épreuve est présentée au casque et les productions des enfants enregistrées. Les enregistrements sont retranscrits et cotés ultérieurement.

Les trois listes sont présentées lors de trois sessions différentes séparées d'un ou plusieurs jours. Chaque enfant passe dans chacun des niveaux et a donc répété les 48 pseudomots affectés ou non du bruit concurrent.

Les listes avec bruit, cock-15 et cock-10, ont été mixées afin de ne pas présenter systématiquement le même niveau de bruit lors d'une même séance. La première moitié de la liste cock-15 est donc présentée avec la seconde moitié de la liste de la condition cock-10 et inversement pour les autres items de ces niveaux de bruit. En définitive, chaque cible d'un niveau de la condition (-10, -15, sans bruit) est donc affectée à une liste de

présentation différente et présentée une seule fois par session. L'ordre de présentation est contrebalancé entre les sujets pour les cibles avec paroles concurrentes ; en revanche, la liste sans bruit est systématiquement présentée en dernier³⁵.

Présentation liste cock-10 et cock-15

Pour les listes avec bruit, les enfants sont installés devant l'ordinateur. L'épreuve est présentée de manière ludique, après familiarisation. Afin de rendre possible la compréhension de l'épreuve et la passation, les séquences audio sont en effet présentées avec une animation audio-visuelle sur ordinateur (avec power point). Une histoire pour enfant et des renforcements à l'écran (coffre-fort s'ouvrant sur des objets attractifs pour l'enfant) accompagnent cette animation. La consigne est adaptée aux enfants. Il leur est demandé de répéter des « mots secrets inconnus » (les pseudomots) que dit un personnage (« madame blabla ») montré à l'écran. Le bruit concurrent est, quant à lui, représenté par d'autres personnages qui parlent à côté de lui. La figure 21 illustre la séquence animée pour un stimulus. Le protocole de passation figure en annexe IVa.

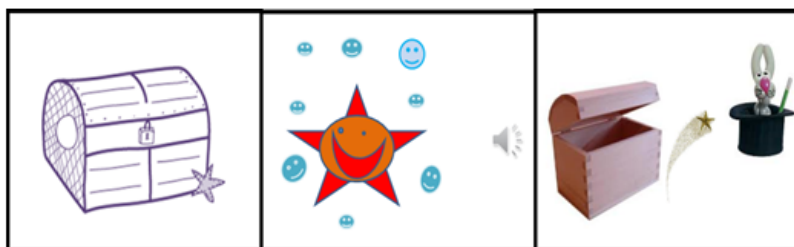


Figure 21. Tâche cocktail : exemple visuel d'une séquence animée pour un item. De gauche à droite : canalisation de l'attention et préparation de la phase de renforcement, phase d'écoute, phase de renforcement positif).

Dans la phase de familiarisation, la cible est associée à un stimulus visuel (« madame Blabla ») qui apparaît une fraction de seconde avant sa présentation audio. Le stimulus visuel est progressivement estompé au cours des items d'essai. Un feed-back correctif est systématiquement fourni suite à une répétition erronée ainsi qu'une réécoute de la séquence audio dans laquelle l'enfant est invité à répéter de nouveau ce qu'il a entendu.

Dans la phase test, un écran d'accueil, visuellement statique (avec tous les personnages réunis) représente conjointement le bruit de fond et la cible. La séquence audio est

³⁵ Afin de contrôler l'effet d'apprentissage des pseudo-mots (s'il devait y en avoir un), le fait de présenter la liste sans bruit en dernier permettrait de concentrer l'effet d'apprentissage sur celle-ci. En revanche, les cibles avec bruits cocktail, pour être correctement répétées sans avoir été stockées précédemment en mémoire, recrute davantage les processus d'inhibition afin de pouvoir être identifiées dans le bruit.

déclenchée par l'expérimentateur. Aucun feed-back correctif n'est fourni pour cette phase. Chaque répétition de l'enfant donne en revanche lieu à un renforcement visuel à l'écran.

Présentation liste cock0

La liste de pseudomots sans bruit a été présentée lors de la troisième session. Cette liste, contrairement aux stimuli des conditions cock-10 et cock-15, a fait l'objet d'une présentation exclusivement audio (sans animation, ni à des renforcements visuels à l'écran). La consigne, toutefois similaire, était de répéter les « mots secrets » dits par le personnage (madame blabla) alors que celle-ci est seule.

Cotation

Après avoir retranscrit les productions des enfants, une cotation par niveau de bruit a été effectuée. Elle correspond à la somme des points attribués pour chacun des pseudomots par niveau de bruit. Un score global « mot » est calculé, il correspond à la somme des réponses correctes (1 point par réponse exacte ; 0 si erreur) pour l'ensemble des pseudomots par condition de bruit. Un score phonémique est également calculé par pseudomot et correspond à la somme des phonèmes correctement répétés (bon phonème à la bonne place dans le pseudomot) (6 points maximum par item) à laquelle est soustraite une pénalité : 1) de 1 point en cas d'ajout de phonème, 2) de 3 points par lexicalisation³⁶. La somme des points par cible et par niveau de bruit est enfin chiffrée et constitue ce score phonémique. Il s'exprime de la sorte : $\text{cockPhm} = \text{Somme pour les 16 items par condition} [\text{nombre de phonèmes corrects} - (1 \times \text{nombre d'ajouts de phonèmes} + 3 \text{ points si lexicalisation})]$.

Sur base de ces scores par condition de bruit, des indices d'inhibition auditive ont ensuite été calculés : l'indice mot (I.CockMot) et l'indice phonémique (I.cockPh). Notons que comme il s'agit de trois niveaux croissants de bruit interférent (pas de bruit parasite/bruit à -15dB/bruit à -10dB), il n'y a pas lieu d'y avoir d'effet de facilitation. Les indices d'inhibition auditive par condition de bruit ont été calculés de la sorte :

- **I.cockPh15** : indice d'inhibition auditive cockPhm $[0/-15] = (\text{cockPh sans bruit} - \text{cockPh dans la condition à -15dB}) / (\text{cockPh sans bruit} + 1)$
- **I.cockPh10** : indice d'inhibition auditive cockPh $[0/-10] = (\text{cockPh sans bruit} - \text{cockPh dans la condition à -10dB}) / (\text{cockPh sans bruit} + 1)$

³⁶ Nous avons considéré que la transformation de tout ou partie du pseudomot en un mot existant constituait une lexicalisation.

- **I.cockMot10** : indice d'inhibition auditive cockMot $[0/-10] = (\text{cockMot sans bruit} - \text{cockMot dans la condition à } -10\text{dB}) / (\text{cockMot sans bruit} + 1)$ (étude 3B exclusivement)

2.3.4. Mesures de contrôle

Trois mesures de contrôle sont évaluées : l'audition, les aspects développementaux généraux de l'enfant, le raisonnement non verbal.

2.3.4.1. Questionnaires parentaux sur le développement de l'enfant

Dans le but d'éviter les biais de population, les parents ont rempli un questionnaire anamnestique. Il visait à sélectionner des sujets monolingues, ne présentant pas de troubles particuliers, d'histoire ou d'antécédents connus pour influencer les apprentissages langage (ex. troubles persistants d'audition, prématurité). Le questionnaire figure en détail en annexe III.a.

Un protocole particulier pour la population d'enfants avec TDL tient compte des particularités liées aux difficultés de langage.

2.3.4.2. Audimétrie tonale

Afin de contrôler l'audition un audiogramme tonal à 125, 250, 500, 1000, 2000, 4000, 8000 Hz est proposé avant la passation des autres épreuves pour les études 1 et 3. Un seuil moyen d'audition supérieur à 20 dB est une condition d'exclusion à toute participation.

2.3.4.3. Intelligence non verbale (QInv)

Une mesure d'intelligence non verbale (notée QInv) est proposée. À la lumière des travaux déjà réalisés dans la littérature, le raisonnement non verbal est en effet un prédicteur évident du développement langagier et de la capacité générale d'adaptation chez l'enfant. Il nous paraît donc nécessaire de contrôler cet aspect. D'une part, pour éliminer les sujets qui seraient limites en regard de ce critère. D'autre part, pour introduire le raisonnement non verbal comme covariable dans nos analyses statistiques quand cela nous semble nécessaire.

L'épreuve proposée ici est un subtest intitulé « matrices » de la Wechsler Prescool and Primary Scale of Intelligence -WPPSI-III (Wechsler, 2004 ; adaptation ECPA) (cf. extrait du protocole Annexe IVa). L'enfant doit désigner, parmi quatre ou cinq possibilités, la partie manquante d'une matrice afin de compléter logiquement celle-ci. L'épreuve comprend vingt-neuf items précédés de trois items d'essai. Si l'enfant échoue à quatre items consécutifs ou à quatre items parmi cinq consécutifs, l'épreuve est arrêtée. Un point est attribué par bonne réponse, la somme des points constitue la note finale.

Chapitre 4. Etudes 1 à 4

Étude 1. Développement de trois formes d'inhibition et lien entre elles chez l'enfant de 4 à 6 ans (étude transversale dans le développement typique)

1. METHODE

1.1. Participants étude 1

Il est à noter que les participants de l'étude 1 sont également ceux de l'étude 2A. L'étude a reçu le consentement de la Commission d'éthique de la FAPSE, des parents et de l'Éducation Nationale en France. Soixante-deux enfants, francophones monolingues, ont initialement été recrutés dans deux écoles, d'Annecy et Annecy-le-Vieux (France), de moyenne et grande section de maternelle (équivalent respectif : 1P et 2P HARMOS). Neuf enfants n'ont pas été retenus pour le testing et/ou pour les analyses (n = 4 : audiogramme en dehors des seuils de normalité lors du testing ou questionnaire parental témoignant d'otites séromuqueuses récentes ; n = 1 : performances inférieures à -2 ds à l'épreuve de raisonnement non verbal ; n = 2 : troubles du langage ; n = 1, trouble d'articulation sur le /r/ et le /l/ ne permettant pas de réaliser les épreuves de production langagières dans des conditions optimales ; n = 1 : difficultés multiples).

- La population finale est constituée de cinquante et un enfants ne présentant pas de trouble auditif, de trouble du langage ou autres troubles connus. Elle se compose de la sorte :
- Degré 1 et 2 (« D 1+2 ») : groupe entier d'enfants âgés de 4 à 6 ans et 2 mois (moyenne = 62.92 mois ; é.t. = 7.45 ; étendue : 49-74 mois) composé de 27 garçons et 24 filles ; n = 51.
- Degré 1 (« D1 ») : groupe des enfants de moyenne section âgés de 4 à 5 ans et 1 mois (moyenne = 54.21 mois ; é.t. = 2.74 ; étendue : 49-61 mois) composé de 7 garçons et 12 filles ; n = 19.
- Degré 2 (« D2 ») : groupe des 5-6 ans de moyenne section âgés de 5 ans et deux mois à 6 ans et 2 mois (moyenne = 68.09 mois ; é.t. = 3.32 ; étendue : 62-74 mois) composé de 20 garçons et 12 filles ; n = 32.

1.2. Procédure et matériel

1.2.1. Procédure étude 1

Chaque enfant a été vu individuellement par une expérimentatrice. L'ordre des tests était prédéterminé et la passation répartie sur trois séances d'environ 45 minutes. Le recrutement s'est fait dans 2 écoles du bassin annécien (France). Les passations se sont déroulées dans un local mis à disposition dans les écoles. Tous les parents des enfants vus ont préalablement complété un formulaire de consentement relatif à la participation à cette étude.

1.2.2. Épreuves et mesures de l'étude 1

Trois épreuves visant à évaluer trois formes particulières d'inhibition ont été administrées. Les épreuves et mesures sont décrites en détail dans la partie « procédure générale ».

Pour les analyses à venir, nous avons considéré les variables et mesures suivantes. Elles figurent dans le Tableau 3.

- Mesures de contrôle :

- ✓ Le degré scolaire

Le degré scolaire, à deux niveaux : degré 1 (4-5 ans) et degré 2 (5-6 ans)

- ✓ l'âge scolaire et le QI non verbal

Le QI a été considéré comme variable contrôle à des fins de contrôle de son influence potentielle sur les performances générales. Il nous est apparu judicieux de prendre en considération l'importante variabilité de cette mesure au sein même des deux groupes de degrés scolaires. Nous avons donc calculé les scores z par degré scolaire de la variable QInv (nommé zQInv) et introduit ces scores en covariables dans nos analyses de variance afin de pouvoir dégager l'influence de cette variable au sein des groupes sur les variables testées. Un premier set d'analyse qui ne figure pas ici a pris en considération l'âge scolaire et les scores aux matrices (QInv) comme covariables. Toutefois, compte tenu du fort effet du score QInv et de la forte variabilité de ce score au sein même des groupes de degrés scolaires différents, les z-scores ont été retenus.

Nous avons par ailleurs calculé un âge scolaire afin de pouvoir tenir compte de l'âge des enfants au sein de chacun des deux groupes. Ce point a été considéré en vue de contrôler les écarts d'âge en intragroupe puisque qu'une année peut parfois séparer deux enfants au sein d'un même groupe de niveau scolaire et que cette différence n'est pas négligeable sur le développement. Ce score est pris en compte comme mesure de contrôle dans les analyses comparant le développement de l'inhibition entre le Groupe 1 et le Groupe 2 (a). L'âge scolaire a été calculé de la sorte : $\text{âge scolaire} = \text{âge} - ((\text{classe} \times 12) + 36)$.

- Mesures d'inhibition :
 - ✓ le score à la statue : Statue
 - ✓ Score phonémique par condition de bruit (sans bruit, avec interférence à -15dB et à -10dB) et indices cocktail phonémiques pour les conditions de bruit à -15 et -10 dB : I.CockPh10, I.CockPh15
 - ✓ le nombre d'erreurs et les médianes des temps de réaction pour chacun des trois niveaux de « congruence » (facilitation, neutre, interférent) et les indices Stroop pour les effets d'interférence et de facilitation pour les erreurs et pour les temps de réponses : I. StroopInterfG, I.StroopINT, I.stroopFAC

Tableau 3. Épreuves relatives à l'étude 1.

DOMAINES	Sous domaines	Épreuves	Mesures retenues
Inhibition	Résistance à l'interférence externe et régulation du comportement	« Statue »	Score de réussite (STATUE)
	Inhibition d'une réponse prépondérante de type conflit non verbal	Stroop (« stroop animaux »)	- Nombre d'erreurs (StroopErr) et médiane des temps de réponses (StroopTR) pour les 3 niveaux de la condition de congruence - Indices de congruence Globale pour les erreurs (I.StroopInterfG_err), et pour les TR (I.StroopInterfG_TR) - Indices d'interférence pour les erreurs et pour les temps (I.StroopINT_err, I.stroopINT_TR) - Indices de facilitation pour les erreurs et pour les temps (I.StroopFAC_err, IstroopFAC_TR)
	Inhibition auditive	« Cocktail »	- Score phonémique (scCockPh) par niveau de bruit interférent (scCockPh0 : pas de bruit ; scCockPh-15 : RSB-15dB ; scCockPh-10 : RSB-15dB) - Indice cocktail phonémique avec RSB à -10 dB (I.CockPh10) - Indice cocktail phonémique avec RSB à -15 dB (I.CockPh15)
Contrôle	Raisonnement non verbal	« Matrices »	Score de réussite (zscore : zQInv)
	Âge		Âge scolaire (âge_scol)
	Audition	Audiogramme tonal	Éliminatoire si anomalie
	Données anamnestiques	Questionnaire	Éliminatoire si anomalie

1.2.3. Questions de recherche, hypothèses et hypothèses opérationnelles étude 1

1.2.3.1. Introduction

Ce set d'analyses examine les processus d'inhibition pour la tranche d'âge 4-6 ans. Trois types d'inhibition sont étudiés : l'inhibition motrice, l'inhibition conflit et l'inhibition auditive. Une vue générale au sein de la tranche d'âge entière ainsi qu'une comparaison de l'évolution des performances entre deux niveaux est réalisée. Dans l'étude comparative, le groupe entier des 4-6 ans est partitionné en deux sous-groupes d'âge/degré scolaires différents : l'un constitué d'enfants de 2^{ème} année de maternelle d'environ 4-5 ans (nommé « degré 1 » - D1), l'autre d'enfants de 3^{ème} année de maternelle (grande section) d'environ 5-6 ans (nommé « degré 2 » - D2). (cf. chapitre X sur la présentation de la population). En outre, comme peu d'étude, sinon aucune, n'a étudié pour cette tranche d'âge la tâche Stroop et la tâche cocktail avec la procédure décrite ici, ces deux tâches ont été étudiées plus en détail, notamment au niveau des indices pondérés.

Les principales questions de recherche pour ce set d'analyses sont de savoir :

- S'il existe une évolution notable pour ces trois formes d'inhibition entre le Degré 1 et le Degré 2. Ceci renforcerait l'idée d'une évolution de l'inhibition pour ces âges..
- Si des effets d'interférence et/ou de facilitation parviennent à être mis en évidence entre 4-6 ans, dans les tâches permettant de mesurer ces effets et s'il est possible de dégager une différence de performance entre les deux groupes D1 et D2.
- S'il existe des liens entre les différents types d'inhibition, mesurés par des tâches différentes. Le cas échéant, si aucune corrélation n'est retrouvée entre les trois types d'inhibition, cela tendrait à soutenir l'hypothèse que ces trois types d'inhibition dépendent de processus différents.

1.2.3.2. Hypothèses étude 1 : processus d'inhibition entre 4 et 6 ans

Les hypothèses principales figurent ci-après et les hypothèses opérationnelles sont synthétisées dans le tableau 4.

H1.a : il existe déjà des processus d'inhibition présents pour les enfants de 4 à 6 ans et ces processus évoluent entre 4-5 et 5-6 ans. Nous nous attendons donc à observer :

- des différences significatives allant dans le sens d'une supériorité des performances d'inhibition pour le groupe D2 (5-6 ans) par rapport à ceux du groupe D1 (4-5 ans) pour les mesures concernant les trois types d'inhibition
- des effets d'interférence (Stroop et Cocktail) et possiblement de facilitation (Stroop) lorsque la condition de congruence est manipulée et ceci se manifestant différemment entre les deux degrés

Dans le Stroop, différentes mesures et indices sont étudiés : nombre d'erreurs et TR selon la congruence (facilitation, neutre, interférent), effet de facilitation et d'interférence sur scores bruts, indice pondéré de facilitation, d'interférence, global d'interférence, écart entre indice de facilitation et d'interférence, l'ensemble, pour les erreurs et pour les TR. Notons que le nombre d'erreurs et l'allongement du temps évoluant supposément dans le même sens en fonction de l'augmentation de la difficulté dans le Stroop, des profils d'erreurs et de temps assez similaires sont attendus avec une augmentation à mesure que la difficulté de Congruence augmente (Interférent>neutre>facilitateur) et avec des effets plus marqués pour D1 comparativement à D2 et à mesure que la difficulté augmente. Les indices d'interférence et les écarts entre indices de facilitation et d'interférence devraient plus particulièrement nous permettre de montrer une évolution des processus d'inhibition entre D1 et D2.

Pour la tâche cocktail, un score phonémique et des indices d'interférence sont étudiés. Le score phonémique devrait donc diminuer à mesure que le bruit concurrent augmente ($scPhRsb0 > scPhRsb-15 > scPhRsb-10$), et ceci d'autant plus pour le groupe D1 comparativement au groupe D2. A l'instar de l'effet d'interférence au Stroop, nous nous attendons à ce que l'effet d'interférence cocktail soit modulé en fonction des capacités d'inhibition que nous supposons plus développées dans le groupe D2 que D1. Pour cette tâche cependant, comme il s'agit de scores de réussite (scores phonémiques) pondéré par le score sans bruit (plus haut des scores) et non plus de scores d'erreurs comme pour le Stroop, nous nous attendons donc à observer des indices cocktail supérieurs pour le groupe D1 comparativement au groupe D2 et les indices Stroop et Cocktail devraient donc varier en sens inverse.

L'âge scolaire et l'intelligence non verbale sont introduits comme covariable dans nos analyses. Nous n'avons pas d'hypothèse forte quant à leur implication sur les tâches administrées et faisons l'hypothèse générale d'effets multiples sur nos mesures.

H1.b : il existe des liens entre les trois types d'inhibition et nous nous attendons à observer des corrélations significatives entre les mesures évaluant ces différents types d'inhibition (motrice, conflit, auditive) après contrôle des covariables, pour l'ensemble du groupe.

Compte tenu du peu, sinon de l'absence, de travaux dans la littérature témoignant de corrélations significatives entre inhibition motrice et autres types d'inhibition ou étudiant la mise en relation de la tâche Cocktail et des autres formes d'inhibition, l'existence de liens entre ces trois types d'inhibition ne constitue pas ici une hypothèse forte.

Le tableau 4 détaille l'ensemble des hypothèses opérationnelles en lien avec chacune des épreuves. Le but est de mieux appréhender les tâches de stroop et cocktail chez le jeune enfant ainsi que les hypothèses plus spécifiquement en lien avec la suite de cette thèse et qui figurent ci-après.

Tableau 4. Hypothèses opérationnelles de l'étude 1 (processus d'inhibition entre 4 et 6 ans).

Épreuves et n° d'hypothèse	Effets et interactions	Type d'effet et sous- effets	Mesures	Détails	Notation
HO1a-1 : Statue	Degré		score/RC	score D2>D1	HO1a-1.
HO1a-2 : Stroop	Congruence / (HO1a-2/1)	(a) principal	erreurs (.1)	n. err Int> n. err fac	HO1a-2/1.1 (a)
		(b) contraste Interf/neutre		n. err Int> n.err Neu	HO1a-2/1.1 (b)
		(c) contraste Intef/neutre		n. err Neu > n.err Fac	HO1a-2/1.1 (c)
		(a) principal	TR(.2)	TR Int> TR fac	HO1a-2/1.2 (a)
		(b) contraste Interf/neutre		TR Int> TR Neu	HO1a-2/1.2 (b)
		(c) contraste neutre/fac		TR Neu > TR Fac	HO1a-2/1.2 (c)
	effet principal du Degré (HO1a-2/2)		err (.1)	n. err D1> n.err D2	HO1a-2/2.1
			TR (.2)	TR D1> TR D2	HO1a-2/2.2
	interactions degré* congruence (HO1a-2/3)	(1) contraste et effet d'interférence (simple)	erreurs (.1)	(n.err. Int- n. err Neu) D1 > (n.err Int – n.err Neu) D2	HO1a-2/3 (1) .1
			TR (.2)	(TR.Int- TR Neu) D1 > (TR.Int – TR.Neu) D2	HO1a-2/3 (1) .2
			Indice err (.3.1)	(I. StroopINT_err) D1 > (I. StroopINT_err) D2	HO1a-2/3 (1) .3.1
			indice TR (.3.2)	(I. StroopINT_TR) D1 > (I. StroopINT_TR) D2	HO1a-2/3 (1) 3.2
		(2) contraste et effet de facilitation	err (.1)	(n.err Neu - n. err Fac) D1 > (n.err Neu - n. err Fac) D2	HO1a-2/3 (2) .1
			TR (.2)	(TR Neu - TR Fac) D1 > (TR Neu - TR Fac) D2	HO1a-2/3 (2) .2
			Indice err (.3.1)	(I. StroopFAC_err) D1 > (I. StroopINT_FAC) D2	HO1a-2/3 (2).3.1
			indice TR (.3.2)	(I. StroopFAC_TR) D1 > (I. StroopFAC_TR) D2	HO1a-2/3 (2).3.2
		effet global (3)	err (.1)	(n.err. Int- n.err Fac) D1 > (n.err Int. -n.err Fac.)D2	HO1a-2/3 (3).1.
			TR (.2)	(Tr Int.- TR Fac.) D1 > (Tr Int.- TR Fac.)D2	HO1a-2/3 (3).2.
			Indice err (.3.1)	(I.StroopGinterf_Err) D1> (I. StroopGinterf._Err) D2	HO1a-2/3 (3).3.1
			indice TR (.3.2)	(I.StroopGinterf._TR) D1 > (I. StroopGinterf_TR) D2	HO1a-2/3 (3).3.2
		(4) interaction : Indices * degré	err (.1)	(I.StroopINT_err – I.StroopFAC_err)D1 < (I.StroopINT_err – I.StroopFAC_err)D2	HO1a-2/3(4).1
			TR (.2)	(I.StroopINT_TR- I.StroopFAC_TR)D1< (I.StroopINT_TR- I.StroopFAC_TR)D2	HO1a-2/3(4).2

Épreuves et n° d'hypothèse	Effets et interactions	Type d'effet et sous- effets	Mesures	Détails	Notation
HO1a-3 : COCKTAIL	Congruence /1	(a) principal	scPh	scPh Rsb0 > scPh Rsb-10	HO1a-3/1 (1) (a)
		(b) simple : contraste 0/-15		scPh Rsb0 > scPhRsb-15	HO1a-3/1 (1) (b)
		(c) simple : contraste -15/-10		scPhRsb-15 > scPh Rsb-10	HO1a-3/1 (1) (c)
			indices	I.cockPh-10 > I.cockPh-15	HO1a-3/1 (2)
	Degré /2	(a) principal	(1) scPhm	scPh D2 > scPh D1	HO1a-3/2 (1) (a)
		(b1) simple /rsb 0	(1) scPh	scPh 0/D1 < scPh 0/D2	HO1a-3/2 (1) (b1)
		(b2) simple/ rsb-15	(1) scPh	scPh -15/ D1 < scPh -15/ D2	HO1a-3/2 (1) (b2)
		(b3) simple / rsb-10	(1) scPh	scPh- 10/D1 < scPh -10/ D2	HO1a-3/2 (1) (b3)
		principal	(2) indice	I.CockPh D1 > IcockPh D2	HO1a-3/2 (2)
	interactions Degré * Congruence /3	(a) global	scPh	(scPh 0 - scPh -10) D1 > (scPh 0 - scPh- 10) D2	HO1a-3/3 (1) (a)
		(b) contraste 0/-15		(scPh 0 - scPh-15) D1 > (scPh 0 - scPh- 15) D2	HO1a-3/3 (1) (b)
		(c) contraste -15/-10		(scPh-15 -scPh-10) D1 > (scPh-15 - scPh-10) D2	HO1a-3/3 (1) (c)
		interaction indices*degrés	indices	((I.Cock_rsb-10)- (I.Cock_rsb-15)) D1 < ((I.Cock_rsb-10)- (I.Cock_rsb-15)) D2	HO1a-3/3 (2)
HO1b : Corrélations entre différents types d'inhibition	Stroop/cocktail	Corrélations négatives attendues entre indice d'interférence Stroop et indices Cocktail (puisque les deux types d'indices varient théoriquement dans des sens opposés)			HO1b-1
	Stroop/Statue	Corrélations négatives attendues entre effet d'interférence Stroop et le score Statue (puisque variant en sens inverse)			HO1b-2
	Cocktail/Statue	Corrélations positives attendues entre Score Statue et Indices cocktail			HO1b-3

RC : nombre de réponses correctes, scPh : score phonémique, TR : temps de réponse, int : interférent, fac : facilitation, cock : cocktail, D1 : degré scolaire 1, D2 : degré scolaire 2, scPh : score phonémique, I.cockPh : indice d'inhibition cocktail pour les scores phonémiques, n.err : nombre d'erreurs, I.StroopINT : indice d'interférence pour le Stroop Animaux (entre interférent et neutre), I.StroopFAC : indice de facilitation Stroop (entre neutre et facilitation), I.StroopGint : indice global d'interférence (entre interférent et facilitation)

En bleu figurent les principaux résultats attendus notamment ceux en lien avec les études 2, 3 et 4 de cette thèse

2. RESULTATS ETUDE 1

Dans un premier temps, nous présenterons les résultats relatifs aux performances d'inhibition pour chacune des trois tâches d'inhibition et la comparaison entre le degré 1 et le degré 2. Dans un second temps, nous examinerons les liens entre les mesures d'inhibition relatives à ces trois tâches.

Nous sommes conscients du grand nombre de tests statistiques réalisés dans cette étude et dans cette thèse en général en raison de son caractère écologique et transversal. La non application de certaines corrections statistiques très restrictives (ex. Bonferroni) a été mise au profit de considérations davantage cliniques (ex. Moran, 2003 ; Peneger, 1998 ; Sterne & Smith, 2001) qui seront détaillées dans la discussion finale. Une synthèse des

résultats en rapport avec les hypothèses opérationnelles est présentée en annexe (annexe V).

2.1. Analyses de chacune des épreuves d'inhibition pour l'ensemble des enfants et analyses comparatives entre les degrés scolaires 1 et 2.

2.1.1. Introduction

Le tableau 5 présente les moyennes et écarts types pour les mesures brutes, scores composites et indices calculés relatifs aux variables de l'étude 1 pour le groupe entier et les sous-groupes D1 et D2. Les distributions sont globalement normales en termes d'aplatissement (kurtosis) et d'asymétrie (skewness). Quelques enfants ont cependant atteint le score maximal pour la tâche de la statue ou n'ont fait aucune erreur pour l'épreuve de Stroop dans l'une ou l'autre condition. Quelques valeurs individuelles aberrantes ont été ramenées aux valeurs extrêmes de leur distribution (« winsorisation »).

Tableau 5. Moyennes, écart types, pour les mesures, scores composites et facteurs relatifs à l'étude 1.

	Groupe D1+D2 N = 51		Groupe D1 N = 19		Groupe D2 N = 32	
	Moyenne	Ecart type	Moyenne	Ecart type	Moyenne	Ecart type
zQInv	18,04	3,90	15,53	2,89	19,53	3,67
âge	62,92	7,45	54,21	2,74	68,09	3,32
Statue	25,18	5,59	25,53	6,1	24,97	5,35
I.StroopInterfG_err	3,3507	3,73	3,74	4,71	3,12	3,06
I.StroopInterfG_TR	,3590	0,47	0,7	0,82	0,31	0,19
n.Err_FacStroop	1,49	2,38	2,74	3,03	0,69	0,97
n.Err_NeuStroop	3,24	3,28	5,37	3,52	1,97	2,4
n.Err_IntStroop	6,61	4,99	8,89	4,78	5,25	4,67
TR_FacStroop	1562,15	782,98	2054,37	1093,41	1269,89	240,72
TR_NeuStroop	1833,24	937,67	2446,45	1315,66	1469,14	213,85
TR_IntStroop	2050,00	993,12	2743,5	2743,5	1638,23	273,78
I.CockPh15	,0655	0,05	0,42	1,18	-0,19	0,97
I.CockPh10	,1631	0,09	1,78	2,6	0,32	1,99
scCockPh0	88,73	5,17	88	6,92	89,16	3,84
scCockPH15	82,88	6,81	79,53	8,242	84,88	4,94
scCockPh10	74,08	8,94	69,32	11,056	76,91	5,99

I.StroopInterfG_err : Indice Stroop Global pour les erreurs, I.StroopInterfG_TR : Indice Stroop Global pour les temps de réponse, n.Err_FacStroop : nombre d'erreurs pour la condition facilitation au Stroop, n.Err_NeuStroop : nombre d'erreurs pour la condition neutre au Stroop, n.Err_IntStroop : nombre d'erreurs pour la condition interférente au Stroop, TR_Fac : médiane des temps de réponse pour la condition facilitation au Stroop, TR_Neu : médiane des temps de réponse pour la condition neutre au Stroop, TR_Interf : médiane des temps de réponse pour la condition interférente au Stroop, I. CockPh15 : Indice cocktail phonème avec le RSB-15dB, I. CockPh10 : Indice cocktail phonème avec le RSB-10dB, scCockPh0 : score phonémique pour le niveau sans bruit (0), scCockPh15 : score phonémique pour le RSB -15dB, scCockPh10 : score phonémique le RSB -10dB (0).

2.1.2. Statue

L'analyse de variance ne montre pas d'écart significatif entre les moyennes pour le groupe D1 ni pour le groupe D2, $F(1,47) < 1$; ns. L'inhibition motrice de D2 n'est pas significativement supérieure à celle du groupe D1. Ceci ne valide pas l'hypothèse **HO1a-1**. Notons qu'aucune de nos covariables n'a d'influence significative sur le score de la statue : âge scolaire, $F(1,47) < 1$; ns, $zQInv$, $F(1,47) < 1$; ns.

2.1.3. Tâche de STROOP : inhibition cognitive de type conflit

▪ Scores d'erreurs

Descriptif général

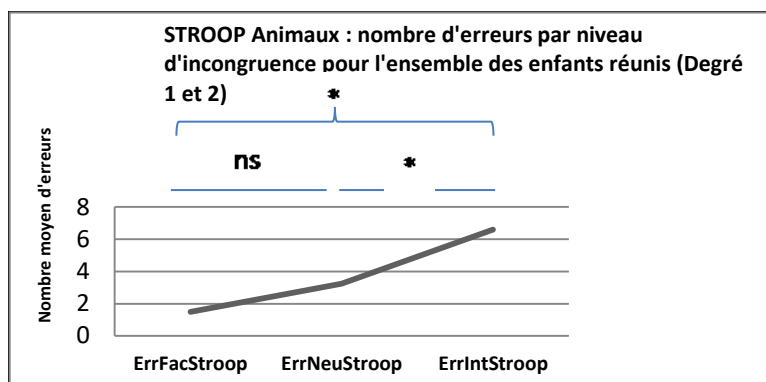
Le nombre moyen d'erreurs et sa variabilité au Stroop croît en fonction de la difficulté de la variable congruence. On observe en effet une supériorité du nombre moyen d'erreurs pour le niveau interférent plutôt que neutre et neutre plutôt que facilitant pour le groupe D1, D2 ou les deux groupes réunis (D1+D2). La variabilité est globalement supérieure pour D1 comparativement à D2.

Groupe entier

Les analyses de variance réalisées avec la variable dépendante nombre d'erreurs au Stroop, la variable indépendante Degré à deux niveaux (D1 ou D2), et les covariables intelligence non verbale ($zQInv$) et âge scolaire (âge_scol) montrent des effets principaux importants de la condition Congruence, $F(2,46) = 6.642$; $p = .003$; $\eta^2 = .224$ (**HO1a-2/1.1 (a)**), et du degré scolaire, $F(2,47) = 14.855$; $p < .001$; $\eta^2 = .240$, (**HO1a-2/2.1**), ainsi que de la covariable zQI , $F(2,47) = 4.835$; $p = .033$, plus petit, $\eta^2 = .093$, tandis que l'âge scolaire n'est pas significatif, $F(2,47) < 1$; ns.

De plus, l'analyse des contrastes pour la Congruence montre que le nombre moyen d'erreurs est significativement supérieur pour le niveau interférent par rapport à neutre, (**HO1a-2/1.1(b)**, (D1+2), $F(1,46) = 10.676$; $p = .002$; $\eta^2 = .185$, mais que l'écart entre le niveau facilitation et neutre n'est pas significatif (**HO1a-2/1.1(c)**, (D1+2), $F(1,46) < 1$; ns).

La figure 22 présente le nombre moyen d'erreurs au Stroop selon la condition d'interférence pour l'ensemble des enfants



ErrFacStroop : nombre d'erreurs pour le niveau facilitation au Stroop Animaux, ErrNeuStroop : nombre d'erreurs pour le niveau neutre au Stroop Animaux, ErrIntStroop : nombre d'erreurs pour le niveau interférent au Stroop Animaux. (*) Significatif, (ns) : non significatif.

Figure 22. Nombre moyen d'erreurs au Stroop selon la condition d'interférence pour l'ensemble des enfants.

Une interaction significative entre la condition Congruence et la variable $zQInv$ ($F(2,46) = 4.008$; $p = .025$) avec un effet modéré ($\eta^2 = .148$) est aussi présente ainsi que pour les contrastes facilitation/neutre ($F(1,47) = 5.247$; $p = .026$; $\eta^2 = .101$) ou neutre/interférent ($F(1,47) = 7.654$; $p = .008$; $\eta^2 = .140$). Aucune interaction significative n'a été mise en évidence avec l'âge scolaire ($F(1,46) = 1.773$; n.s.), contraste facilitation/neutre ($F(1,47) = 1.957$; n.s. ou neutre/interférent ($F(1,47) < 1$; n.s.).

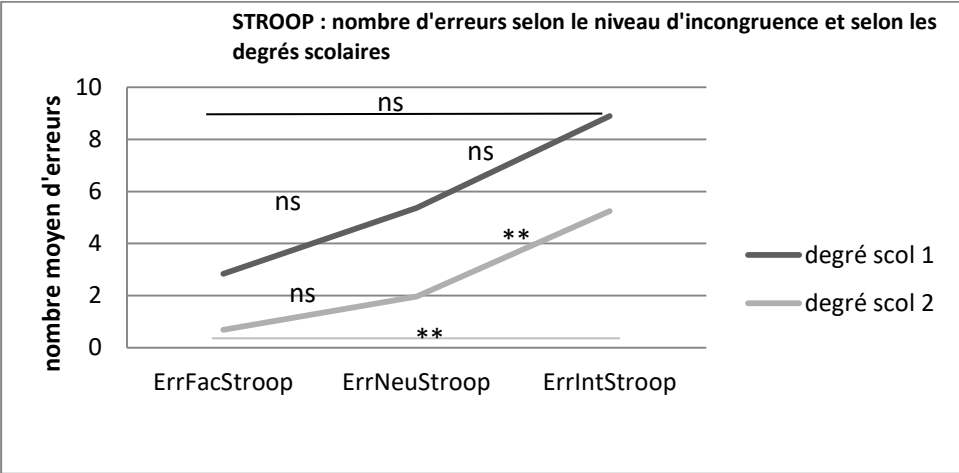
Congruence : analyse pour chacun des degrés scolaires isolément

Chaque groupe a été introduit un à un dans l'analyse de variance afin d'étudier les effets de la Congruence pour le groupe D1 et pour le groupe D2 isolément avec comme variable dépendante le nombre d'erreurs moyen au Stroop, l'âge scolaire et le $zQInv$ en covariable.

groupe D1 : ne montre aucun effet ou interaction significative des niveaux de congruence (**HO1a-2/1.1 , a) b) c)** : ns).

groupe D2 : l'effet de congruence est significatif, $F(2,28) = 6.305$; $p = .005$; $\eta^2 = .311$, et avec uniquement une supériorité significative du nombre d'erreurs moyen pour le niveau interférent comparativement au niveau neutre, $F(1,29) = 9.239$; $p = .005$; $\eta^2 = .242$, le contraste facilitation/neutre n'étant quant à lui pas significatif. La covariable $zQInv$ influe significativement sur les niveaux de congruence $F(2,28) = 3.882$; $p = .033$; $\eta^2 = .217$, et sur les effets d'interférence, $F(1,29) = 6.004$; $p = .021$; $\eta^2 = .183$, et de facilitation $F(1,29) = 6.494$; $p = .016$; $\eta^2 = .183$ alors que l'interaction entre la congruence et l'âge scolaire n'est pas significative (globalement ou par contraste), (**HO1a-2/1.1 a)** sign, **b)** ns, **c)** sign pour D2).

La figure 23 présente le nombre moyen d’erreurs au Stroop selon le degré scolaire lorsque le raisonnement non verbal (zQInv) et l’âge scolaire sont contrôlés.



ErrFacStroop : nombre d’erreurs pour le niveau facilitation au Stroop Animaux, ErrNeuStroop : nombre d’erreurs pour le niveau neutre au Stroop Animaux, ErrIntStroop : nombre d’erreurs pour le niveau interférent au Stroop Animaux. (*) Significatif, (ns) : non significatif.

Figure 23. Nombre moyen d’erreurs et significativité des effets de congruence au Stroop pour chacun des groupes, D1 et D2.

Erreurs - Congruence *Degré

Les analyses de variances sur le nombre moyen d’erreurs au Stroop ne montrent pas d’interaction significative entre la condition Congruence et le degré scolaire de manière générale, $F(1,46) = 2.103$; ns (**HO1a-2/3 (3).1.**), ni pour le contraste neutre/interférent, $F(1,47) < 1$; ns (**HO1a-2/3(1).1.**), ou encore pour le contraste facilitation/neutre, $F(1,47) = 3.861$; $p = .055$, ns (**HO1a-2/3(2).1.**).

■ Médiane des TR

Descriptif général

Comme on peut le voir dans le tableau 5, les moyennes des médianes des temps de réponses sont largement plus importantes pour le degré 1 comparativement au degré 2. De même, une plus grande variabilité (globale et quel que soit le niveau congruence) est à noter pour le degré 1 comparativement au degré 2 et pour le niveau interférent et neutre comparativement au niveau facilitant.

Groupe entier

Les analyses de variance sur les moyennes des médianes des TR au Stroop montrent un effet principal important de la condition de congruence, $F(2,46) = 10.085$; $p < .000$; $\eta^2 = .305$

(HO1a-2/1.2 a) et du degré scolaire, $F(2,47) = 15.553$; $p < .000$; $\eta^2 = .249$ **(HO1a-2/2 .2.)**. Un effet significatif de notre covariable âge scolaire, $F(2,47) = 5.121$; $p < .028$; $\eta^2 = .098$, est présent mais non significatif pour la variable zQInv, $F(2,47) < 1$; *ns*.

L'analyse des contrastes montre de surcroît des temps significativement supérieurs pour le niveau neutre plutôt que facilitant, $F(1,47) = 12.774$; $p = .001$; $\eta^2 = .214$ **(HO1a-2/1.2 (c))**, et pour le niveau interférent plutôt que neutre, $F(1,47) = 6.459$; $p = .014$; $\eta^2 = .121$ **(HO1a-2/1.2 (b))**.

La figure suivante illustre ces effets de congruence.

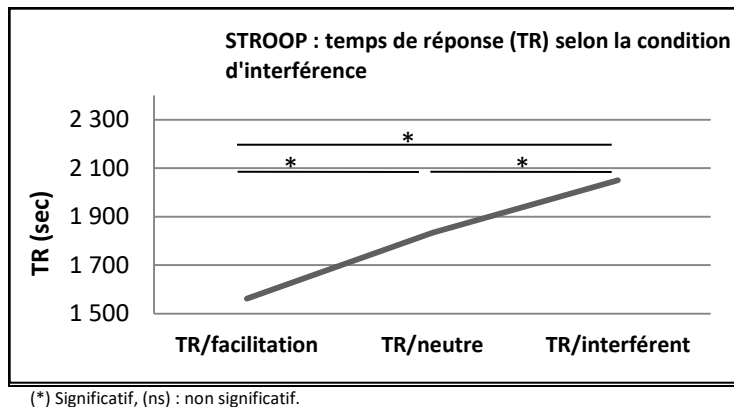


Figure 24. Effets de congruence pour les temps de réponses (TR). Moyennes des médianes des TR pour les 3 niveaux de la condition d'interférence au Stroop pour l'ensemble des enfants.

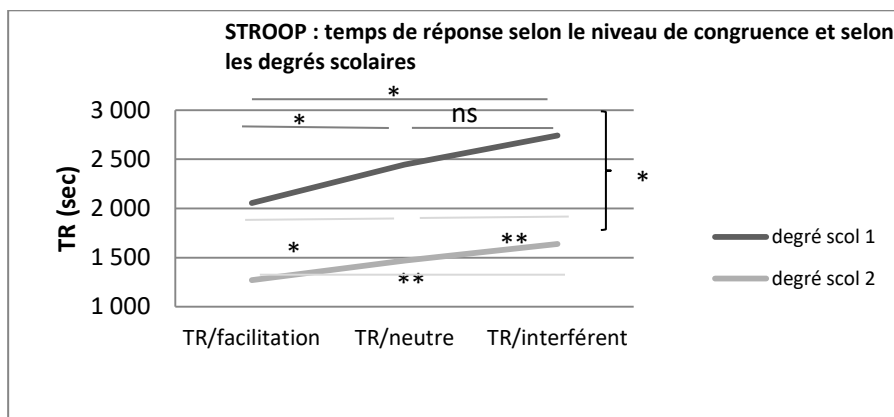
Par degré scolaire

Les analyses de variance pour les moyennes des médianes des TR au Stroop, réalisées sur chacun des deux groupes séparément, visant à étudier les effets simples au sein de chacun des groupes, montrent un effet de la Congruence **(HO1a-2/1 .2 a, b, c pour D1 ou D2)**

groupe D1 : significatif pour l'effet global de la congruence $F(2,15) = 5.695$; $p = .014$; $\eta^2 = .432$ et pour le contraste fac/neutre avec une supériorité significative des TR pour le niveau neutre plutôt que facilitant $F(1,16) = 6.843$; $p = .019$; $\eta^2 = .300$ mais pas pour le contraste neutre/interférent $F(1,16) = 3.032$; *ns*.

groupe D2 : significatif pour l'effet global de la congruence, $F(2,28) = 5.964$; $p = .007$; $\eta^2 = .299$ et significatif pour les deux contrastes facilitation/neutre, $F(1,29) = 4.204$; $p = .049$; $\eta^2 = .127$, et neutre/interférent, $F(1,29) = 9.843$; $p = .004$; $\eta^2 = .253$ avec une supériorité du niveau interférent par rapport à facilitant et neutre ainsi que neutre par rapport à facilitant.

Les effets de congruence pour les TR par groupes sont illustrés dans la figure 25.



(*) Significatif, (ns) : non significatif.

Figure 25. Moyennes des médianes des TR et significativité des écarts pour les 3 niveaux de la congruence au Stroop selon le degré scolaire.

TR : Interactions Congruence*Degré

Les analyses de variances sur les moyennes des médianes des TR au Stroop ne montrent pas d'interaction significative pour les TR entre la Congruence et le Degré, $F(1,46) = 2.280$; ns, (HO1a-2/3 (3).2) de même que ces interactions pour les contrastes facilitation/neutre et neutre/interférent de la condition d'interférence (HO1a-2/3 (1) .2 HO1a-2/3 (2) .2). L'effet des covariables n'est significatif ni pour l'âge scolaire, $F(1,46) < 1$; ns, ni pour le raisonnement non verbal $zQInv$, $F(1,46) < 1$; ns.

■ Indices au Stroop (Interactions pondérées Congruence *Degré)

Rappelons que le détail des différents indices se rapportant au Stroop est donné dans la procédure générale. Chacun des indices visent à mesurer des différences qualitatives dans le traitement des informations mettant en scène deux dimensions (physique et sémantique) variant de manière congruente (facilitante), modérément congruente, non congruente (interférente).

Chaque indice est calculé pour les erreurs et pour les médianes des TR. Les indices Stroop sont les suivants :

- I.StroopInterf_err et I.StroopInterf_TR (entre interférent et neutre)
- I.StroopFac_err et I.StroopFac_TR (entre neutre et facilitation)
- I.StroopInterfG_err et I.StroopInterfG_TR (entre interférent et facilitation)

L'analyse suivante vise à tester l'existence d'une différence entre les deux degrés scolaires pour ces indices et/ou une asymétrie entre indice d'interférence et indice de facilitation. L'examen du tableau 6, qui présente les moyennes et écarts-types des différents indices de facilitation et d'interférence pour les erreurs et les TR, permet de constater que les indices sont généralement plus élevés pour le Degré 1 que pour le Degré 2.

Tableau 6. Moyennes, écart types, pour les indices StroopAnimaux.

	Degré 1+2 n = 51		Degré1 n = 19		Degré2 n = 32	
	Moyenne	Écart type	Moyenne	Écart type	Moyenne	Écart type
I.StroopInterfG_err	3,35	3,73	3,74	4,72	3,12	3,06
I.StroopInterf/G_TR	0,36	0,47	0,44	0,73	0,31	0,19
I.StroopINT_Err	1,32	1,60	0,83	0,99	1,61	1,82
I.StroopFAC_Err	1,42	2,41	1,84	2,85	1,17	2,11
Ecart_I.Stroop_Err	-0,10	-0,81	-1,01	-1,85	0,44	-0,29
I.StroopINT_TR	0,16	0,40	0,22	0,64	0,12	0,13
I.StroopFAC_TR	0,18	0,17	0,18	0,19	0,17	0,16
Ecart_IStroop_TR	-0,02	0,23	0,04	0,45	-0,05	-0,02

I.StroopInterfG_err : Indice Stroop Global pour les erreurs, I.StroopInterfG_TR : Indice Stroop Global pour les temps de réponse, I.StroopFAC_err : Indice de facilitation Stroop pour le nombre d'erreurs, I.StroopINT_err : Indice d'Interférence Stroop pour le nombre d'erreurs, ECART_I.Stroop_Err : écart entre l'indice d'interférence pour les erreurs et l'indice de facilitation pour les erreurs, I.StroopFAC_TR : Indice de facilitation Stroop pour les temps de réponse, I.StroopINT_TR : Indice d'Interférence Stroop pour les temps de réponse, ECART_I.Stroop_TR : écart entre l'indice d'interférence pour les temps de réponse et l'indice de facilitation pour les temps de réponse.

Indices globaux d'interférence (I.StroopInterfG_err, I.StroopInterfG_TR)

Les moyennes pour les indices I.StroopInterfG_err et I.StroopInterfG_TR sont légèrement supérieures pour D1 comparativement à D2. Les analyses de variance réalisées avec l'indice I.StroopInterfG_err d'une part, avec l'indice I.StroopInterfG_TR d'autre part comme variable dépendante, la variable indépendante degré scolaire (Degré1, Degré2) et les covariables âge scolaire et zQInv ne montrent toutefois pas de significativité pour l'indice d'erreurs, $F(1,47) = 2.533$; ns (**HO1a-2/3 (3).3.1**) ; ni de significativité pour l'indice de temps IStroopInterfG_TR, $F(1,47) < 1$; ns (**HO1a-2/3 (3).3.2**). Les analyses mettent en évidence une interaction significative entre l'indice I.StroopInterfG_err et la covariable zQInv, $F(1,47) = 6.221$; $p = .016$; $\eta^2 = 117$.

Indice/degrés

Les analyses de variances avec la variable indépendante degré scolaire (D1, D2), les covariables âge scolaire et zQInv ne montrent pas de différences significatives de moyennes,

pour les variables dépendantes I.StroopFAC_Err (**HO1a-2/3 (2) 3.1**), ($F(1,50) = 2.130$; ns), I.StroopFAC_TR (**HO1a-2/3 (2) 3.2**), ($F(1,50) < 1$; ns), I.StroopINT_Err (**HO1a-2/3 (1) 3.1**), ($F(1,50) = 3.774$; ns ($p = .058$), I.StroopINT_TR (**HO1a-2/3 (1) 3.2**), ($F(1,50) < 1$; ns). Les indices de facilitations et d'interférence, pour les erreurs et les TR, ne sont pas significativement différents entre le D1 et D2.

Écarts entre effet d'interférence et de facilitation (Ecartsl.Stroop_err et Ecartsl.Stroop_TR) et degré

Nous avons par ailleurs réalisé des analyses de variances avec la variable dépendante I.Stroop à deux niveaux (pour les erreurs : I.StroopINT_err, I.StroopFAC_err ; pour les TR : I.StroopINT_TR, I.StroopFAC_TR), la variable indépendante degré scolaire à deux niveaux (degré1, degré2), les covariables âge scolaire (âge_sc) et l'intelligence non verbale (zQInv). Ces analyses pour les erreurs ne montrent pas d'effet principal significatif de la condition écart_err, $F(1,47) = 2.065$; ns, mais une interaction significative entre la condition IStroop_err (écart indices Int/fac) et le degré scolaire, $F(1,47) = 4.399$; $p = .041$; $\eta^2 = .086$, (**HO1a-2/3(4).1**). La moyenne des indices de facilitation et la moyenne des indices d'interférence ne sont pas significativement différentes pour les erreurs. En revanche, l'écart entre indice de facilitation et d'interférence pour D1 et pour D2 pour les erreurs est significativement différent. Les interactions de la condition I.Stroop_err avec l'âge scolaire ($F(1,47) = 3.408$; ns) ou avec l'intelligence non verbale ne sont pas significatives ($F(1,47) = 2.065$; ns). L'âge scolaire et le raisonnement non verbal ne semblent pas entrer en jeu.

Pour les analyses pour les indices de temps, les résultats ne sont pas significatifs pour l'effet principal, $F(1,47) < 1$; ns (**HO1a-2/3(4).2**), comme pour l'interaction avec le degré scolaire, $F(1,47) < 1$; ns, ou pour l'influence des covariables âge scolaire, $F(1,47) < 1$; ns, ou intelligence non verbale, $F(1,47) < 1$; ns.

2.1.4. Tâche cocktail : inhibition auditive

Les moyennes et écarts types des scores phonémiques à chaque condition de bruit concurrent (sans bruit « 0 », avec rsb-15, avec rsb -10) et pour chaque indice (à -15, à -10) sont consignés dans le tableau 7 avec les moyennes pour l'âge et le QInv pour rappel.

Comme l'illustre le tableau 7, les moyennes des scores phonémiques décroissent à mesure que le bruit concurrent augmente et ceci est d'autant plus marqué pour le groupe D1 que le groupe D2 alors que les scores sans bruit (scCockPh0) sont quasiment identiques pour les deux groupes.

Tableau 7. Moyennes, écarts types, pour les scores (RC) et indices de la tâche cocktail (inhibition auditive).

	Groupe D 1+2		Groupe D 1		Groupe D 2	
	N = 51		N = 19		N = 32	
	Moyenne	Ecart type	Moyenne	Ecart type	Moyenne	Ecart type
Qinv	18,04	3,9	15,53	2,89	19,53	3,67
âge	62,92	7,45	54,21	2,74	68,09	3,32
I.CockPh15	0,0645	0,05	0,42	1,18	-0,19	0,97
I.CockPh10	0,1631	0,09	1,78	2,6	0,32	1,99
scCockPh0	88,73	5,17	88	6,92	89,16	3,84
scCockPh15	82,88	6,81	79,53	8,242	84,88	4,94
scCockPh10	74,08	8,94	69,32	11,056	76,91	5,99

I.CockPh15 : Indice cocktail phonème pour le RSB-15dB, I.CockPh10 : Indice cocktail phonème pour le RSB-10dB, scCockPh0 : score phonémique pour le niveau sans bruit (0), scCockPh15 : score phonémique pour le RSB -15dB, scCockPh10 : score phonémique le RSB -10dB (0).

Des analyses de variance sur mesures répétées ont été réalisées avec la variable dépendante CongruenceCock à trois niveaux (cock0, cock-15, cock-10), la variable indépendante degré scolaire à deux niveaux (D1, D2) et les covariables raisonnement non verbale (zQInv) et âge scolaire (âge_scol). Les résultats montrent un effet principal significatif de la CongruenceCock, $F(2,45) = 20.906$; $p < .000$; $\eta^2 = .482$ (**HO1a-3/1 (1) (a)**) et du Degré scolaire (**HO1a-3/2 (1)(a)**), $F(1,46) = 6.305$; $p = .016$; $\eta^2 = .121$. Les différences se vérifient tant pour le contraste cock0 et cock15, $F(1,46) = 22.306$; $p < .000$; $\eta^2 = .327$ (**HO1a-3/1 (1) (b)**), que pour celui entre cock-15 et cock-10 $F(1,46) = 35.845$; $p < .000$; $\eta^2 = .438$ (**HO1a-3/1 (1) (c)**).

La Figure 26 illustre les résultats concernant l’effet de congruence.

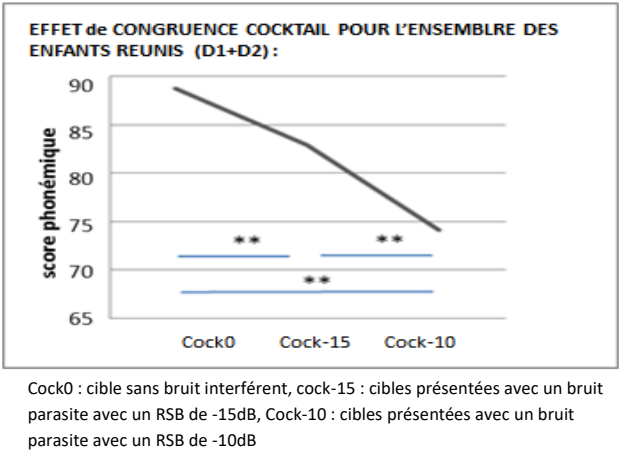
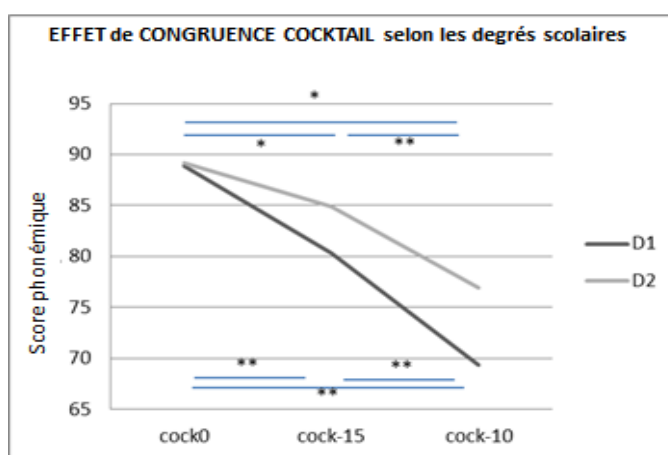


Figure 26. Score phonémique pour l’épreuve COCKTAIL selon le niveau de bruit parasite concurrent du cocktail pour l’ensemble des enfants réunis (D1+D2).

- congruenceCock intra-groupe (**HO1a-3/1 b et c**)

Des analyses supplémentaires de variance ont été réalisées par groupe afin de comparer les moyennes des scores phonémiques pour chacun des niveaux de bruit pour les deux niveaux scolaires pris isolément. L'effet de congruence est significatif quel que soit le groupe (D1 ou D2) et pour chacun des contrastes : (scPh0> scPh10) pour D1 ($F(2,14) = 6.151$; $p = .012$; $\eta^2 = .468$) et pour D2 ($F(2,28) = 11.878$; $p < .000$; $\eta^2 = .459$) ; (scPh0>scPh15) pour D1 ($F(1,15) = 9.768$; $p = .007$; $\eta^2 = .394$) et pour D2 ($F(1,29) = 22.883$; $p < .000$; $\eta^2 = .441$) ; (scPh15>scPh 10) significatif pour D1 ($F(2,14) = 10.859$; $p = .005$; $\eta^2 = .420$) et pour D2 ($F(2,28) = 11.878$; $p > .000$; $\eta^2 = .459$). Ceci valide les hypothèses **HO1a-3/1(1) b et c**.

La figure 27 illustre ces résultats.



Cock0 : cible sans bruit interférent, cock-15 : cibles présentées avec un bruit parasite avec un RSB de -15dB, Cock-10 : cibles présentées avec un bruit parasite avec un RSB de -10dB ; D1 : degré scolaire 1 (moyenne section/ 4-5 ans), D2 : degré scolaire 2 (grande section/5-6 ans)

Figure 27. Score cockPh et effet de congruenceCock selon le niveau de bruit parasite concurrent pour les groupes D1 et D2 séparément.

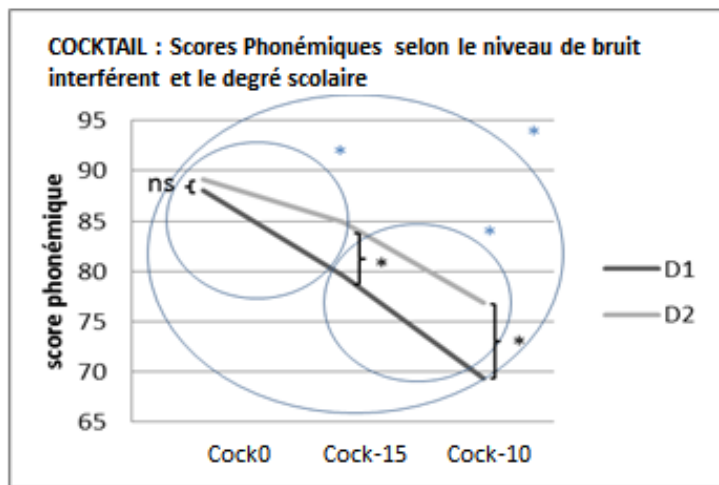
Comparaison intergroupe des scores phonémiques par niveau de bruit

Des analyses supplémentaires de variance ont été réalisées afin de comparer les moyennes des scores cockPhm pour chacune des conditions de bruit selon le degré D1 et D2, deux à deux. Ces analyses avaient comme variable indépendante le degré scolaire (D1, D2) et comme covariables l'âge scolaire (âge_scolaire) et le score aux matrices (zQInv). Les résultats ne montrent pas de différence significative entre D1 et D2 pour le niveau Cock3, $F(1,50 < 1$; ns (**HO1a-3/2 (1) b1**) ; ns, mais des différences significatives entre les deux Degrés pour le niveau de congruence Cock15 $F(1,49) = 6.493$; $p = .014$; $\eta^2 = .124$ (**HO1a-3/2 (1) b2**) et cock10 $F(1,49) = 7.954$; $p = .007$; $\eta^2 = .145$ (**HO1a-3/2 (1) b3**) (Figure 28).

Interaction CongruenceCock*degré

L'analyse de variance sur mesures répétée avec la variable dépendante *score phonémique (scPh)*, la variable indépendante *degré scolaire (D)* et les covariables *âge_scolaire* et *zQinv*, montre par ailleurs une interaction significative de la CongruenceCock et du Degré pour l'écart rsb0/rsb10 ($F(2,45) = 5.365$; $p = .008$; $\eta^2 = .193$) (**HO1a-3/3 (1) a**) avec des différences se notant tant pour le contraste cock0/cock-15, $F(1,46) = 10.226$; $p = .003$; $\eta^2 = .182$, (**HO1a-3/3 (1) b**) que pour celui cock-15/cock-10, $F(1,46) = 4.095$; $p = .049$; $\eta^2 = .082$ (**HO1a-3/3 (1) c**).

La Figure 28 synthétise les résultats comparatifs entre D1 et D2 mentionnés précédemment.



Cock0 : cible sans bruit interférent, cock-15 : cibles présentées avec un bruit parasite avec un RSB de -15dB, Cock-10 : cibles présentées avec un bruit parasite avec un RSB de -10dB ; D1 : degré scolaire 1 (moyenne section/ 4-5 ans), D2 : degré scolaire 2 (grande section/5-6 ans)

Figure 28. Scores phonémiques pour l'épreuve cocktail party et effets par niveau de bruit parasite et par degré scolaire (D1 versus D2).

Les résultats pour nos covariables ne sont pas significatifs.

Indice cocktail (inhibition auditive)

L'analyse du tableau 7 montre une supériorité des moyennes pour l'indice I.cockPh10 (niveau plus interférent) comparativement à l'indice I.cockPh15 (niveau moins interférent) et une supériorité de ces indices pour le degré scolaire D1 comparativement au degré scolaire D2.

Les analyses de variance sur mesures répétées réalisées avec la variable dépendante Indices_Cock à deux niveaux (I.cockPh10, I.cockPh15), la variable indépendante degré scolaire à deux niveaux (D1, D2), les covariables (âge_scolaire et zQInv) montrent les résultats suivants :

- un effet significatif de la condition Indices cocktail, $F(1,47) = 24.427$; $p < .000$; $\eta^2 = .342$ **(HO1a-3/1 (2))**,
- un effet significatif du degré scolaire, $F(1,47) = 10.377$; $p = .002$; $\eta^2 = .181$ **(HO1a-3/2 (2))**,
- une absence d'interaction significative entre condition_indices_cock et Degré, $F(1,47) = 1.042$; ns **(HO1a-3/3 (2))**.

2.2. Analyses des liens entre les différentes tâches d'inhibition

Afin de savoir si un lien existe entre les trois types distincts d'inhibition (motrice, cognitive, auditive) mesurés à travers trois tâches différenciées choisies (statue, stroop, cocktail), nous avons réalisé des corrélations partielles entre différents scores d'inhibition. Les mesures retenues pour ces analyses sont les suivantes :

Les variables âge scolaire (âge_scol), degré scolaire (Degré) et l'intelligence non verbale (zQInv) ont été introduites comme covariables afin de retirer la part de variance en lien avec ces mesures sur nos mesures d'inhibition. Les résultats de ces corrélations partielles figurent Tableau 8.

Tableau 8 : corrélations partielles entre les variables mesurant l'inhibition (n=51)

	Statue	I.CockPh10	I.CockPh15	IStroopGinterf_err	IStroopGinterf_TR	ECART_I.Stroop_err
Statue	1,000					
I.CockPh10	-,148	1,000				
I.CockPh15	-,076	,581**	1,000			
I.StroopGinterf_err	,209	-,092	-,139	1,000		
I.StroopGinterf_TR	,223	-,423**	-,327*	,380**	1,000	
ECART_I.Stroop_err	-,314*	,028	,198	-,537**	-,172	1,000

* : Corrélation significative au niveau 0.01 ; ** : corrélations significative au niveau 0.05.

STATUE : score de réussite épreuve Statue (inhibition motrice), I. CockPh10 : Indice cocktail phonème avec le RSB-10dB, I. CockPh15 : Indice cocktail phonème avec le RSB-15dB, I.StroopInterfG_err : Indice Global d'interférence Stroop pour les erreurs, I.StroopInterfG_TR : Indice Global d'interférence Stroop pour les temps de réponse, ECART_I.Stroop_Err : écart entre l'indice d'interférence pour les erreurs et l'indice de facilitation pour les erreurs

Après contrôle de l'âge scolaire, du degré scolaire et de l'intelligence non verbale, les analyses montrent des corrélations significatives :

- ✓ entre différentes mesures d'une même tâche :
 - les deux indices cocktail corrélaient entre eux,
 - les deux indices Stroop globaux d'interférence corrélaient entre eux, erreurs et TR

- l'indice Stroop global d'interférence d'erreurs et l'écart entre l'indice de l'effet de facilitation et celui d'interférence ECART_I.Stroop_err pour les erreurs corréleront inversement entre eux.

✓ entre différentes mesures de tâches d'inhibition différentes :

- Cocktail et Stroop : l'indice stroop global d'interférence pour les TR (I.StroopGinterf_TR) corréler négativement avec l'indice cocktail plus interférent I.cockPh10 et moins fortement avec l'indice cocktail moins interférent I.cockPh15 (HO1b-1).

Statue et Stroop : le score à la statue corréler négativement avec l'écart entre l'indice de l'effet de facilitation et celui d'interférence pour les erreurs (ECART_I.Stroop_err) (HO1b-2).

2.3. Eléments de synthèse

Le tableau 9 synthétise les résultats de l'étude 1. Le tableau 10 présenté en annexe présente le détail des résultats par rapport aux hypothèses opérationnelles.

Tableau 9. Synthèse des résultats de l'étude 1.

Hypothèses et sous hypothèses			Résultats	Remarques
H1*				
	H1.a	Il existe déjà des processus d'inhibition présents pour les enfants de 4 à 6 ans ; ces processus évoluent entre 4-5 et 5-6 ans	~	stroop : v, cocktail : v ; statue : nv
	H1.b	Il existe des liens entre les trois types d'inhibition et nous nous attendons à observer des corrélations significatives entre les mesures évaluant ces différents types d'inhibition (motrice, conflit, auditive) après contrôle des covariables, pour l'ensemble du groupe.	v	entre statue et stroop ; entre stroop et cocktail
H2*	Nos mesures de phonologie et celles d'inhibition permettent de prédire le niveau de langage entre 4 et 6 ans		v	

~ résultats partiellement ou plus ou moins validé dans les limites de l'étude

v les résultats tendent à valider l'hypothèse dans les limites de cette étude

nv les résultats ne sont pas significatifs et ne valident pas l'hypothèse

HTG hypothèse théorique générale

H hypothèse théorique

HO hypothèse opérationnelle

* cf. tableau des hypothèses opérationnelles et résultats étude 1 en annexes

3. ELEMENTS DE DISCUSSION DE L'ETUDE 1

L'étude 1 a voulu mettre en perspective le développement, chez l'enfant de 4 à 6 ans, de trois types distincts d'inhibition : comportementale (motrice), conflit non verbale et auditive de type cocktail party (« parole dans la parole »). L'inhibition motrice a été mesurée avec la tâche de la « Statue » issue d'une batterie d'évaluation des fonctions exécutives (NEPSY, ECPA). Les deux autres types d'inhibition l'ont été au moyen de deux épreuves élaborées pour ce travail : l'une d'inhibition non verbale de type conflit le Stroop animaux, l'autre d'inhibition auditive de type cocktail party. Le but était d'avoir une meilleure représentation du développement de chaque type d'inhibition chez l'enfant de 4 à 6 ans et plus spécifiquement celui de l'inhibition auditive de type cocktail party, d'une part, d'établir l'existence ou non de liens entre ces trois types d'inhibition. Pour certaines analyses, nous avons comparé deux degrés scolaires distincts entre eux D1 (4-5 ans) et D2 (5-6 ans) pour d'autres, nous avons considéré les deux degrés réunis. L'ensemble a été réalisé en vue de servir de point d'appui aux études 2, 3 et 4 mettant en relation le développement de l'inhibition et celui du langage.

3.1. Statue, inhibition motrice

Pour la Statue nous avons fait l'hypothèse que les groupes de degré 1 et de degré 2 auraient des moyennes significativement différentes pour les scores à la tâche de la Statue. Les analyses de variance ne confirment pas ce résultat. Les moyennes des scores pour les groupes, 1 et 2, ne sont pas significativement différentes après contrôle de l'âge scolaire et de l'intelligence non verbale. L'hypothèse HO1a-1 selon laquelle il existe une évolution des performances entre les deux groupes de degré scolaire différents degré 1 (4-5 ans, moyenne section de maternelle) et degré 2 (5-6 ans, grande section de maternelle) ne peut être validée ici.

L'absence de significativité à cette épreuve dans notre étude peut cependant être liée à un possible effet plafond déjà observable dans le groupe D1 de moyenne section (4-5 ans). Ces résultats ne nous permettent donc pas de conclure décemment à l'évolution significative de l'inhibition motrice à partir de la tâche choisie entre 4/5 et 5/6 ans. La littérature référence toutefois une évolution des performances d'inhibition motrice entre 3 et 6 ans mais pour des tâches de délai de gratification ou des go-no go. Cette question sera développée dans la discussion générale.

3.2. Stroop animaux, inhibition non verbale de type conflit (HO1a-2)

Ce test de Stroop animaux avait pour objectif de documenter le comportement des enfants de 4 à 6 ans dans ce type de tâche, en termes de précision et de temps de réponse, et de rendre compte de l'existence de processus d'inhibition et de facilitation à cet âge. Il était aussi question de comparer les performances des enfants de 4-5 (D1) et de 5-6 ans (D2) afin d'objectiver ou non une évolution des processus d'inhibition. Le but était de rendre compte

de l'évolution des performances d'inhibition/facilitation entre ces tranches d'âge notamment exploitables pour les études 2, 3 et 4 de cette thèse en mesurant finement les effets de facilitation et d'interférence. Dans ce test, l'enfant doit désigner le plus grand de deux animaux présentés à l'écran alors que la taille physique à l'écran de ceux-ci peut être congruente ou non avec cette taille sémantique (réelle) impliquant parfois un conflit entre ces deux dimensions. Dans le cas d'un conflit, l'enfant doit alors inhiber la forme non pertinente (la taille physique à l'écran), plus saillante, pour sélectionner la forme récupérée en mémoire (répertoriant la taille véritable de l'animal), en vue de répondre à la consigne du « plus grand en vrai ».

Le nombre d'erreurs et l'allongement du temps de réponse (TR), évoluant supposément dans le même sens en fonction de l'augmentation de la difficulté, devait nous permettre d'observer des profils d'erreurs et de temps assez similaires au sein de chaque groupe à savoir, une augmentation des TR et du nombre d'erreurs à mesure que la difficulté de Congruence augmentait (Interfèrent>neutre>facilitateur). En revanche, nous nous attendions à observer des effets plus marqués pour le groupe D1 (plus jeunes) avec l'augmentation de la difficulté se manifestant par des interactions entre la Congruence et le Degré pour les scores bruts, les effets de facilitation et d'interférence sur scores bruts et les indices. Les indices pondérés, notamment au niveau des effets d'interférence ou des écarts entre facilitation et interférence, devaient plus particulièrement nous permettre de montrer une évolution des processus d'inhibition entre les deux niveaux, D1 et D2, reflétant une évolution liée à l'âge.

Effet des niveaux de Congruence

Les analyses de variance multivariées ont montré un effet de la congruence pour le nombre d'erreurs au Stroop Animaux pour l'ensemble des enfants du groupe D1+D2 (4-6 ans) et pour le groupe D2 (5-6 ans) avec des effets significatifs pour l'effet global (facilitation/interfèrent) et pour l'effet d'interférence (neutre/interfèrent). En revanche, ces effets ne sont pas significatifs pour le groupe D1, de même que l'effet de facilitation, quel que soit le groupe (D1+2, D1, D2). Nous observons bien un effet de congruence pour les erreurs mais uniquement chez les plus âgés ou pour le groupe entier. Celui-ci se limite soit à l'effet de congruence globale (facilitation/interfèrent) soit à l'effet d'interférence (neutre/interfèrent) mais pas à l'effet de facilitation pour les erreurs. Les plus jeunes ne montrent pas d'effet significatif de la congruence pour les erreurs quel que soit le contraste. Ceci tend à valider l'hypothèse concernant la présence d'effets d'interférence ou plus généralement de congruence mais principalement chez les plus âgés (groupe D2) et valident les hypothèses (HO1a-2/1.1a et 1b) pour l'entièreté du groupe et pour le groupe D2. Les hypothèses concernant l'effet de facilitation (HO1a-2/1.1c) ne sont pas vérifiées ni l'effet de congruence chez les plus jeunes (HO1a-2/1.1a et 1b pour D1).

Pour la précision, les enfants du groupe entier, D(1+2) ou du groupe D2 font significativement plus d'erreurs dans la condition interférente que neutre ou interférente que facilitatrice mais pas significativement plus entre la condition neutre et la condition facilitatrice. En définitive, les enfants font davantage d'erreurs quand le degré d'interférence est élevé mais ceci est principalement vérifié pour l'effet d'interférence global ou partiel et chez les plus âgés (groupe D2/5-6 ans). L'effet de facilitation sur scores bruts (n. erreurs entre niveau neutre et facilitation) n'est pas significatif. Le score d'intelligence non verbale (covariable, matrices) impacte la résistance à l'interférence à savoir que, plus le score d'intelligence non verbale (zQInv/matrices) est élevé moins le nombre moyen d'erreurs tend à être important à mesure que l'incongruence augmente. Le manque de significativité pour le groupe D1 pourrait cependant tenir au fait qu'il existe plus de variabilité intra-groupe pour ce groupe et que le nombre d'enfants y était de surcroît moins important.

Pour la vitesse, un effet de congruence pour les TR pour le groupe entier et le groupe D2 (plus âgés) quels que soient les contrastes a pu être mesuré dans nos analyses de variance. Les temps de réponses sont significativement plus importants entre le niveau facilitation et le niveau neutre ou interférent et entre le niveau neutre et le niveau interférent ce qui valide les hypothèses HO1a-2/1(1).2a, 2b, 2c pour D1+2 et D2. Ceci n'est pas vérifié pour le groupe D1 qui ne présente un effet significatif pour les TR que pour le contraste neutre/facilitation. Ceci valide exclusivement l'hypothèse HO1a-2/1.2c pour D1 (HO1a-2/1.2a et 2b, résultats non significatifs). Les enfants du degré scolaire 1 (plus jeunes, 4/5 ans) mettent significativement plus de temps pour le niveau neutre comparativement au niveau facilitation mais pas significativement plus pour le niveau interférent par rapport au niveau neutre ou facilitation. En ce qui concerne nos covariables, plus l'âge scolaire est avancé, plus le temps de réponse tend à diminuer significativement alors que l'intelligence non verbale n'entre pas significativement en jeu pour les temps de réponses. Autrement dit, plus le niveau d'incongruence est important (neutre/facilitation, interférent/neutre) plus le temps de réponse est important pour le groupe entier ou pour les enfants du degré 2 (5-6 ans/ grande section de maternelle). En revanche, l'effet de congruence n'est significatif pour le groupe D1 pour l'effet de facilitation que lorsque le raisonnement non verbal et l'âge scolaire sont contrôlés.

En bref, nous nous attendions à observer un effet principal et des effets simples des scores (TR et erreurs) selon les niveaux de la condition *Congruence*. Ceci est globalement vérifié, pour les TR et les erreurs, pour le groupe entier (D1+D2) et pour le groupe D2, pour chacun des effets d'interférence ou de facilitation isolés hormis pour l'effet de facilitation pour les erreurs. Pour le groupe D1 l'effet de congruence n'est pas vérifié pour les erreurs et seuls les effets de congruence globale et de facilitation pour les TR sont significatifs, l'effet d'interférence (interférent/neutre) n'est pas concluant.

Le score aux matrices (QInv) (mesure de contrôle) mesurant l'intelligence non verbale, influe significativement sur le nombre moyen d'erreurs entre les différents niveaux de la condition d'interférence pris deux à deux mais l'âge n'influe pas significativement sur les écarts entre les trois niveaux de la condition interférente. Autrement dit, les enfants font moins d'erreurs au Stroop de manière générale et pour la condition interférente s'ils ont de meilleurs scores aux matrices plutôt que plus bas. L'intelligence non verbale semble donc contribuer à la prise de décision lorsqu'il faut inhiber activement une dimension par rapport à une autre.

En définitive, entre 4 et 6 ans, les enfants présentent une sensibilité à l'interférence entre deux dimensions, l'une plus automatique ou plus saillante que l'autre et que l'une doit être inhibée. Les profils de performances montrent cependant des effets différents selon le degré scolaire (4-5 ans D1/ 5-6 ans D2) lorsque l'âge et le raisonnement sont contrôlés. Ce point sera traité ensuite.

Degré (D1-D2) (HO1a-2/2)

L'effet principal du degré scolaire est significatif dans nos analyses de variances multivariées pour les scores d'erreurs et de temps de réponses. Les enfants du groupe D1 font davantage d'erreurs et mettent davantage de temps pour répondre que le groupe D2. Ceci valide les hypothèses HO1a-2/2 .1 (erreurs) et HO1a-2/2 .2 (TR).

Ceci corrobore l'idée d'une évolution des performances tant en précision qu'en vitesse pour chaque condition prise une à une à ce genre de tâche entre 4-5 et 5-6 ans.

Congruence Degré (D1-D2) (HO1a-2/3)*

Les analyses de variances multivariées visant à étudier les contrastes entre les différents niveaux de congruence et comparant les degrés scolaires D1 et D2, ne montrent aucun effet significatif de l'interaction entre le groupe et les différents contrastes que ce soit pour les scores d'erreurs ou de TR. L'interaction entre le degré et l'effet d'interférence n'est pas significative de même que celle entre le Degré et l'effet de facilitation ou encore entre le degré et effet d'incongruence global, pour la précision comme pour la vitesse. Ceci ne valide donc pas les hypothèses concernant l'interaction entre le degré et l'effet d'interférence (interférent/neutre) (HO1a-2/3 (1) .1 (erreurs), HO1a-2/3 (1) .2 (TR), HO1a-2/3 (1) .3.1 (indice StroopInt)), entre Degré et effet de facilitation (neutre/facilitation) (HO1a-2/3 (2) .1 ; HO1a-2/3 (2) .2 ; HO1a-2/3 (2).3.1 ; HO1a-2/3 (2).3.2) ou encore entre degré et effet de

d'incongruence globale (entre niveau neutre et facilitation) (HO1a-2/3 (3).1. ; HO1a-2/3 (3).2. ; HO1a-2/3 (3).3.1 ; HO1a-2/3 (3).3.2)). Les enfants du groupe D1 ne mettent significativement pas davantage de temps ou ne commettent pas davantage d'erreurs. Ils n'ont pas non plus des indices de vitesse ou de précision de congruence globale, d'interférence ou de facilitation plus importants que les enfants du groupe D2. Notons toutefois la présence, d'une tendance à la significativité pour les erreurs pour l'indice d'incongruence globale, et pour l'indice d'interférence I.StroopINT_err ($p=.058$).

Les enfants du groupe D1 et D2 présentent donc des profils similaires pour les effets de facilitation, d'interférence, de congruence globale en dépit d'un écart de performances objectivés entre D1 et D2 pour ces mesures sur scores bruts. La tendance à la significativité entre D1 (4-5 ans) et D2 (5-6) ans au niveau de l'indice global d'erreurs et de l'indice d'interférence pour les erreurs aurait pu certainement être désambiguïsée dans un sens ou l'autre (significatif versus non significatif) avec des groupes d'enfants plus importants.

Pour l'écart entre l'effet de facilitation et l'effet d'interférence pour l'indice I.stroop_err et l'indice I.stroop TR nous nous attendions aussi à observer des différences significatives entre D1 et D2. Pour les erreurs, les analyses de variance multivariées attestent d'un effet significatif de cet écart entre les indices INT/FAC (I.stroopINT_err et I.StroopFAC_err) ce qui vérifie l'hypothèse HO1a/3 (4).1. Pour les TR, la différence entre D1 et D2 n'est pas significative pour l'écart de ces indices, l'hypothèse HO1a/3 (4).2. n'est donc pas vérifiée. Les enfants du groupe D1 présentent un écart d'indices INT/FAC (écart entre l'amplitude de l'effet d'interférence et celui de facilitation) pour les erreurs, significativement inférieur à celui du groupe D2. Autrement dit, il existe une différence de profil de l'effet de facilitation et de l'effet d'interférence considéré l'un par rapport à l'autre entre les deux groupes D1 et D2, pour la précision.

Ces résultats ne vont pas dans le sens de certaines de nos prédictions puisque nous nous attendions à obtenir des écarts significatifs entre les moyennes des deux degrés scolaires distincts pour chacun des contrastes pour la vitesse et de même que pour les indices d'interférence partiel et global. Ceci aurait d'emblée attesté d'une différence développementale, entre les deux groupes D1 et D2, dans le traitement inhibiteur d'un conflit cognitif entre deux dimensions (physique/sémantique). Pour les indices globaux d'interférence, les enfants du degré 1 et du degré 2, ne se distinguent pas significativement (TR et erreurs). Pour les effets d'interférence ou de facilitation isolés ou pour l'écart entre ces deux effets (différence d'amplitude entre effet de facilitation et effet d'interférence) les résultats sont davantage distinguables avec des effets intéressants. Une tendance à la significativité est relevée pour l'indice d'interférence Stroop (I.StroopINT_Err) mais surtout, une différence significative (d'importance moyenne, état-carré $=.086$) pour l'écart entre l'effet de facilitation et l'effet d'interférence entre le Degré scolaire 1 et le degré 2 pour la précision. Ces résultats ne valident donc pas nos hypothèses HO1a-2/3 (1) 3.1, et HO1a-2/3

(1) 3.2 puisque nous nous attendions à un effet franc au niveau des indices d'interférence (erreurs et TR) alors que nous n'obtenons qu'une tendance à la significativité pour l'indice d'interférence I.stroopINT_Err comparant les enfants des degrés scolaires 1 et 2 (après contrôle de l'âge scolaire et de l'intelligence non verbale). Toutefois la significativité de l'écart entre indice de facilitation et indice interférent pour les erreurs valide l'hypothèse HO1a-2/3(4).1 même si l'hypothèse HO1a-2/3(4).2 de ce même écart mais pour la vitesse n'est pas validée.

Toutes nos hypothèses ne sont pas validées (notamment celle concernant les TR) mais nos résultats attestent d'une différence de profil significative entre degrés 1 et 2 pour le traitement de l'effet de facilitation combiné à l'effet d'interférence. Cette différence de profil entre les deux groupes est en faveur d'une évolution des traitements inhibiteurs/facilitateur en précision entre le groupe D2 (5-6 ans) et le groupe D1 (4-5 ans). En d'autres termes, il est possible d'avancer qu'entre 4/5 ans et 5/6 ans les capacités d'inhibition de type conflit non verbal s'améliore en précision lorsque l'âge et le raisonnement sont contrôlés. Ces résultats n'ont pu être objectivés pour la vitesse. Ceci corroborent les résultats observés dans la littérature concernant ce type d'inhibition (ex. : Gerstadt & al, 1994 ; Simpson & Riggs, 2005).

En outre, pour le degré 1, les effets de congruence pour la précision (facilitation et interférence, interférence globale) n'étaient pas significatifs mais un effet pour le contraste neutre/facilitation était significatif pour la vitesse. À ce niveau de développement, le niveau neutre pourrait déjà représenter une forte incongruité puisque deux animaux de taille réelle différente sont présentés à l'écran avec une taille physique équivalente sur les images. Il se peut que la taille physique équivalente à l'écran s'oppose à la valeur sémantique de la taille réelle des animaux. Pour le groupe D2 en revanche, l'effet de Congruence était significatif pour les erreurs et les TR quels que soient les contrastes hormis pour le contraste erreurs neutre/facilitation. Il est donc possible que la différence de profil observé entre le groupe D1 et le groupe D2 s'explique par des traitements de la congruence ne portant pas nécessairement de manière optimale sur les mêmes niveaux de congruence. Les enfants du groupe D1 présenteraient déjà des difficultés dans la gestion du niveau neutre, les enfants du groupe D2 présenteraient quant à eux une gestion de la congruence taille physique/taille sémantique déjà plus similaire à celle observée chez l'adulte, l'effet d'incongruence ne se marquant pas au niveau du niveau neutre. Il est aussi possible de considérer cette différence de profil facilitation/interférence entre D1 et D2 comme deux aspects d'un couple activation/inhibition qui s'ajusterait avec l'âge et dont nous verrions les prémices ou la différenciation pour le groupe D2 comparativement au groupe D1 pour l'adéquation. Il s'agirait à ce stade d'un décrochage au niveau des processus inhibiteurs/activateurs entre les deux degrés scolaires. Celui-ci se manifesterait par une gestion plus efficace du couplage facilitation /interférence pour le groupe D2.

En définitive, ces résultats objectivent une différence qualitative dans les profils d'évolution des erreurs entre le groupe de degré scolaire 1 (4-5 ans) et le groupe de degré scolaire 2 pour le couple effet de facilitation/effet d'interférence. Ceci témoigne d'une évolution spécifique au moins du couplage facilitation/interférence sinon d'une évolution et d'un décrochage des processus d'inhibition entre les deux groupes. Une évolution des processus facilitation/interférence est objectivable pour la précision entre moyenne section de maternelle (D1- 4-5 ans) et grande section de maternelle (D2-5-6 ans) après contrôle de l'âge scolaire et de l'intelligence non verbale. Ceci ne tend à reproduire que partiellement les effets observés dans la littérature montrant une sensibilité à l'interférence entre taille physique et taille sémantique puisque ceci ne s'observe ici qu'en comparant indice d'inhibition et de facilitation entre les deux groupes. Nous pouvons toutefois conclure à l'existence d'une évolution de l'inhibition de type conflit entre moyenne section de maternelle (D1- 4-5 ans) et grande section de maternelle (D2, 5-6 ans) principalement notable au niveau de la précision des réponses.

Covariables HO1a-2/4

L'âge scolaire (âge_scolaire) et l'intelligence non verbale (zQInv) ont été introduits comme co-variables dans nos analyses et ont donné lieu à quelques effets significatifs avec nos variables test montrant leur influence significative sur les scores. Un effet de la variable zQInv sur l'effet de congruence pour les scores d'erreurs quel que soit le contraste ainsi que pour l'interaction avec l'indice global Stroop pour les erreurs (I.StroopInterfG_err) a ainsi pu être objectivé. Ceci tend à montrer l'influence de l'intelligence non verbale sur l'effet de congruence. Plus l'intelligence non verbale est élevée plus l'enfant serait en mesure d'inhiber la dimension non pertinente plus automatique, plus saillante, au profit de la dimension pertinente, moins automatique, moins saillante sans que l'âge n'entre significativement en jeu. Toutefois, ceci n'est vrai que pour le groupe entier ou le groupe D2.

L'ensemble est en faveur d'une influence du raisonnement non verbal, aptitude cognitive générale non verbale (QInv/matrices), mais pas de l'âge en tant que tel, sur les capacités à gérer l'interférence entre plusieurs informations.

3.3. Tâche cocktail party, ségrégation auditive/ inhibition auditive (HO1a-3)

Dans la tâche cocktail party, l'enfant doit inhiber des bruits concurrents de paroles afin de pouvoir percevoir la cible (un pseudomot bisyllabique de basse fréquence syllabique). La variable Congruence dans cette tâche correspond à l'intensité du niveau de bruit interférent présentée avec 3 niveaux de difficulté croissante (sans bruit, RSB-15, rsb-10). Les performances sont mesurées à travers les indices phonémiques pondérés cocktail

(précédemment décrits). Dans cette partie, il s'agissait de mesurer d'abord les effets d'un masquage informationnel (à 4 locuteurs) du cocktail party selon ces 3 niveaux de difficultés et ensuite de comparer les performances d'enfants au sein de deux degrés scolaires (variable Degré : D1 et D2) correspondant à la tranche d'âge 4/5 et 5/6 ans. Deux covariables ont été considérées : l'âge scolaire (âge_scol) et le raisonnement non verbal (zQinv). Les mesures étudiées ici sont les scores phonémiques (phonèmes correctement répétés) ou les indices phonémiques (I.CockPh). Des analyses de variances multivariées avec ces paramètres ont été réalisées.

Effet de la condition CongruenceCock (HO1a-3/1)

Les résultats, pour le groupe entier (D1+D2), concernant les scores phonémiques, attestent d'un effet significatif de la congruence cocktail et ceci, quel que soit le contraste étudié. Ceci valide les hypothèses HO1a-3/1 (1) (a) (b) (c). Les résultats obtenus montrent que, plus le bruit parasite augmente (sans bruit<rsb-15<rsb-10), plus les scores phonémiques (scPh) diminuent et que ceci est significatif quel que soit l'écart considéré entre les niveaux de congruence. Contrairement à la tâche Stroop (où un effet de Facilitation est décrit dans la littérature), pour la tâche cocktail, il n'y a pas d'effet de facilitation mais un effet d'interférence plus important à mesure que l'intensité du bruit concurrent augmente. Les effets mesurés dans les analyses de variances sont par ailleurs fortement significatifs et importants ($\eta^2 > .6$). La covariable zQinv est significative pour le groupe D2 pour les deux contrastes 0/-15 et 0/-10. En d'autres termes, le score phonémique décroît à mesure que l'intensité du bruit interférent de paroles augmente ce qui va dans le sens de ce qui est observé chez le jeune adulte dans les travaux de Grataloup (2007) notamment.

Pour les indices cocktail, l'effet de congruence est également significatif comme attendu. Ceci valide l'hypothèse HO1a-3/1 (2) avec une supériorité de l'indice cock_rsb-10 (I.CockPh10) comparativement à l'indice cocktail phonémique avec le rsb-15 (I.CockPh15) pour l'ensemble des groupes (D1+D2). Le rsb-10 entraîne, comme attendu, une diminution plus importante des performances comparativement au rsb -15, ce qui se note au niveau d'une augmentation des indices.

Degré (HO1a-3/2)

L'effet principal du degré est significatif. Ceci valide l'hypothèse (HO1a-3/2 (1)a : scPh D1 < scPh D2). Le groupe D2 présente donc des scores phonémiques globaux significativement supérieurs au groupe D1. Pour les effets intersujets pour chacun des niveaux de la congruence Cocktail, l'effet du groupe est significatif pour les niveaux cock-15 et cock-10 mais non significatif pour le niveau cock0. Ceci valide les hypothèses HO1a-3/2 (1) b2, HO1a-3/2 (1) b3 mais pas l'hypothèse HO1a-3/2 (1)b1. Les scores phonémiques sont donc significativement différents entre D1 et D2 pour le niveau cock-15 et le niveau cock-10 mais

pas significativement différents pour le niveau cock0. Autrement dit, les groupes D1 et D2 ne diffèrent pas significativement dans leur capacité à répéter des pseudomots lorsqu'il n'y a pas de bruit interférent perturbant la cible (cock 0) puisque leur score ne se distingue pas dans cette condition mais le groupe D2 présente de meilleurs scores que D1 lorsque la cible à répéter est présentée avec du bruit interférent de parole (avec un rsb à -15 et avec un rsb à -10dB). Le groupe D1 et le groupe D2 semblent donc avoir des capacités équivalentes en phonologie, attestée par leurs compétences de répétition dans des conditions optimales (sans bruit perturbateur) similaires, mais le groupe D1 peine davantage que le groupe D2 lorsque la cible est présentée avec bruit interférent. Nous avons fait l'hypothèse que les performances des enfants du groupe D1 seraient inférieures quel que soit la présentation des pseudomots à répéter en supposant que, déjà sans bruit (cock0), les capacités phonologiques entre les deux groupes n'étaient pas les mêmes et qu'à mesure que le bruit concurrent augmentait, les performances des plus jeunes(D1) auraient été inférieures à celles du groupe D2 puisque disposant de moins de ressources inhibitrices. Nos résultats ne nous permettent pas d'objectiver une différence entre les deux degrés scolaires dans la répétition de pseudomots présentés de manière optimale (sans bruit) (écart non significatif) en revanche les enfants du degré 2 performent mieux que les enfants du degré 1 lorsque la cible est présentée avec du bruit concurrent. Une interprétation possible de ces résultats est, qu'à capacité phonologique équivalente, les groupes D1 et D2 diffèrent dans leur capacité d'inhibition ce qui se manifeste par une chute des performances davantage prononcée pour les enfants de moyenne section de maternelle, de 4-5 ans, comparativement aux enfants de grande section de maternelle, de 5-6 ans lorsque le message verbal est accompagné de bruit interférent de paroles.

Entre 4 et 5 ans les compétences d'inhibition auditive augmente ce qui permet aux enfants, de capacités phonologiques équivalentes de mieux percevoir le langage dans des situations dégradées de type cocktail party avec masquage informationnel (lorsque le raisonnement est contrôlé et l'âge scolaire sont contrôlés). Grâce à leurs meilleures capacités d'inhibition, les enfants du groupe de grande section de maternelle, de 5-6 ans, répètent mieux les pseudomots que ceux du groupe de moyenne section de 4-5 ans, à mesure que le niveau de bruit parasite augmente.

*Congruence*Degré (HO1a-3/3)*

L'étude des contrastes montre que le groupe D1 présente des scores d'erreurs significativement supérieurs à ceux du groupe D2 quel que soit le contraste (cock0/cock10, cock0/cock-15, cock-15/cock-10) alors que le niveau sans bruit est équivalent pour les deux groupes. Ceci vérifie les hypothèses HO1a-3/3 (1) a, HO1a-3/3 (1) b, HO1a-3/3 (1)c selon lesquelles les effets de congruence cocktail sont plus importants pour D1 que pour D2. Dans le bruit, les enfants du groupe D1 présentent plus de difficultés que le groupe D2 à niveau équivalent sans bruit.

Indices Cocktail

Il s'agit ici de scores de réussite (scPh) pondérés par le score sans bruit (plus haut des scores) et non plus de scores d'erreurs comme pour le stroop.

Nos résultats montrent que les moyennes des scores des indices du degré 1 sont significativement supérieures à celles des scores pour le degré 2 ce qui vérifie l'hypothèse HO1a-3/2 (2). Tout indice confondu le groupe D1 montre des performances moindres comparativement au groupe D2 pour répéter des pseudomots en situation de bruit interférent. Une progression est à noter entre D2 et D1 au niveau performances d'inhibition auditive. La supériorité des indices pour D1 comparativement à D2 atteste de l'évolution des compétences d'inhibition auditive entre D1 et D2. L'effet d'interférence auditive est donc modulé en fonction des capacités d'inhibition qui s'améliorent entre 4-5 ans (groupe D1) et 5-6 ans (groupe D2). Aucun effet significatif de l'âge scolaire et de l'intelligence non verbale (zQInv) n'est ici retrouvé.

En définitive, ces résultats tendent à montrer un développement substantiel des processus d'inhibition auditive des enfants entre 4-5 ans et 5-6 ans.

En outre, l'interaction entre les indices de congruence Cocktail et le Degré n'est pas significative. Compte tenu des résultats de Grataloup (2007), nous ne nous attendions pas à obtenir d'interaction entre les deux groupes pour ces indices puisque nous supposons une diminution linéaire du nombre de réponses correctes à mesure que le bruit augmenterait pour chacun des groupes (HO1a-3/3 (2)). Les enfants du degré 1 ont des scores moyens pour les indices cocktail plus importants que ceux du degré 2 (effet significatif du degré scolaire) (HO1a-3/2 (1) et (2)) mais des profils d'indices similaires (absence d'interaction significative entre degré et condition_indices cock) (HO1a-3/3 (2)) même quand l'effet de l'âge scolaire ou le raisonnement non verbal sont contrôlés.

En d'autres termes, les valeurs des indices sont plus importantes pour les indices relatifs au bruit le plus interférent (rsb-10dB) comparativement au bruit moins interférent (rsb-15) avec une variabilité plus importante pour les indices relatifs au bruit le plus interférent (rsb-10) /moins interférent (rsb-15). Elles sont aussi plus importantes pour les indices relatifs aux enfants du degré scolaire le moins avancé (D1) comparativement à ceux du groupe le plus avancé (D2) avec une variabilité plus importante pour les indices relatifs au bruit le plus interférent (rsb-10) /moins interférent (rsb-15). Plus l'enfant est jeune (degré scolaire (D1/ 4-5 ans comparativement à D2, 5-6 ans) et plus l'impact du bruit concurrent interférent (rsb10/rsb15) est important et plus la valeur de l'indice croît et la variabilité augmente. Enfin, les différences de performances de répétitions sont attribuables à la dégradation progressive du message concurrent qui impacte davantage les plus jeunes alors qu'en condition optimale (sans bruit) les deux groupes sont tout aussi performants. De plus, les enfants du degré 2 (5-6 ans) répètent significativement mieux que ceux du degré 1 (4-5 ans)

lorsqu'il y a du bruit concurrent au message cible. Les indices cocktail, servant à mesurer l'effet d'inhibition auditive, sont majoritairement moins importants chez les enfants de niveau 2 (5-6 ans) comparativement à ceux de niveau 1 ce qui tend à montrer que les enfants de niveau 2, comparativement à ceux de niveau 1, déploient davantage d'inhibition leur permettant de mieux répéter un message lorsqu'il est présenté dans une condition interférente. Ce dernier aspect est en faveur d'une progression des compétences d'inhibition auditive entre les deux niveaux de classe (« 4-5 ans » moyenne section de maternelle et « 5-6 ans » grande section de maternelle). Ceci tend à valider notre hypothèse selon laquelle il existe une évolution des performances en inhibition auditive entre 4 et 6 ans.

Covariables (HO1a-3/3 (4))

Les résultats pour nos covariables ne sont pas significatifs. Les analyses de variance n'ont pas significativement mis en avant l'influence de l'âge scolaire ou des scores z/degré aux matrices (zQInv). Nous n'avons pas d'hypothèses fortes quant à l'influence de ces covariables sur les mesures cocktail. Il n'est donc pas possible d'objectiver un effet de l'âge scolaire ou de l'intelligence non verbale sur les performances à la tâche cocktail ni dans les différences entre les deux degrés scolaires.

Conclusion cocktail

Nos résultats montrent une relation linéaire des performances de répétition à mesure que le ratio signal-bruit (RSB) augmente avec un effet très significatif de la congruence cocktail même lorsque l'âge scolaire et le raisonnement sont contrôlés. Le cocktail le plus interférent (rsb-10) entraîne proportionnellement moins de bonnes réponses. Pour les indices cocktail pondérés, l'effet de congruence est également présent : le RSB -10 (bruit présenté 10dB en dessous de celui de la cible) est plus interférent que le RSB -15 (bruit présenté à -15dB en dessous de la cible). Les performances tendent donc à décroître à mesure que le bruit concurrent de parole augmente à l'instar des travaux de Grataloup (2007).

En outre, des différences significatives peuvent être mesurées entre D1 et D2 pour les scores bruts pour les conditions avec bruit parasite (RSB -15 ou RSB -10) alors que la différence entre les deux groupes n'est pas significative pour la condition sans bruit. Le groupe d'enfants les plus jeunes (4-5 ans) et le groupe des plus âgés (5-6 ans) ne se distinguent donc pas dans leur capacité à répéter des pseudomots sans bruit mais bel et bien dans des conditions d'écoutes dégradées où les plus jeunes sont plus gênés. Les performances phonologiques apparaissent donc équivalentes (performances équivalentes en condition sans bruit) mais sont plus faibles pour les plus jeunes dès lors qu'ils sont dans des conditions d'écoute dégradées en raison de plus faibles capacités d'inhibition. De la

même manière, les contrastes étudiés dans nos analyses de variance, témoignent d'effets de congruence cocktail plus importants pour D1 comparativement à D2. Dans le bruit, les enfants du groupe D1, de 4-5 ans, présentent plus de difficultés que le groupe D2, de 5-6 ans, à niveau équivalent sans bruit. De la même manière que pour le Stroop, nous avons calculé des indices de congruence (écart cock-10/cock-15, cock-10/cock0, cock-15/cock0) pondérés par la condition sans bruit dans le but de calculer une mesure d'inhibition auditive plus qu'une mesure de phonologie. Les indices Cocktail sont également significativement différents entre le groupe D2 et le groupe D1. Le groupe D2, 5-6 ans, présente de meilleures capacités de répétition dans le bruit que le groupe D1, 4-5 ans, lorsque l'âge scolaire et le raisonnement sont contrôlés. Le groupe des enfants plus âgés de 5-6 ans parvient mieux à inhiber les bruits concurrents de parole que les enfants de 4-5 ans même quand leurs scores sont pondérés par leurs compétences phonologiques en condition optimale (sans bruit) et sont contrôlés par leur âge scolaire et leur niveau de raisonnement non verbal. L'absence d'interaction significative entre le degré et les indices témoigne en outre du fait que les enfants plus jeunes ont des performances d'inhibition auditive plus faibles mais un profil équivalent à leurs pairs un peu plus âgés (5-6 ans). Ceci coïncide avec la diminution linéaire du nombre de réponses correctes à mesure que le bruit parasite augmente comme nous en avons fait l'hypothèse sur base de travaux sur le sujet (Grataloup, 2007).

Ces résultats vont dans le sens d'une évolution des performances d'inhibition auditive entre 4-5 et 5-6 ans, qui, à niveau de phonologie équivalent (performance équivalente pour RSB 0), permet de mieux percevoir et répéter un message cible dans des conditions d'écoute dégradée de type cocktail party présentant un fort masquage informationnel (lorsque l'âge et le raisonnement sont contrôlés).

3.4. Liens entre les 3 types d'inhibition (H1.b)

Après contrôle de l'influence de l'âge, du degré scolaire et de l'intelligence non verbale, entre différentes mesures d'inhibition les analyses montrent l'existence de corrélations significatives entre les mesures d'une même tâche entre elles mais surtout entre mesures de deux tâches relatives à des processus supposés distincts d'inhibition.

Comme cela était prévisible, il existe en effet, des corrélations significatives entre mesures d'une même tâche : les deux indices d'interférence cocktail corrélaient entre eux (I.cockPh-15 et I.cockPh-10) et les trois indices Stroop corrélaient entre eux (IstroopGInterf_err et _TR ; IstroopGInterf_err et ECARTIndStroop_err). Ces interactions reflètent un processus similaires au sein d'une même tâche.

De manière plus intéressante, l'indice Stroop pour la vitesse (IStroopGinterf_TR) corréla négativement avec les indices Cocktail (I.cockPh10 et I.cockPh15) d'une part, l'écart entre les deux indices interférence/facilitation (Ecart_I.Stroop) au Stroop corréla négativement

avec la statue d'autre part. Notons qu'il s'agit systématiquement de corrélations négatives mais que cela tient au mode de calcul des indices selon les tâches. Certains évaluent en effet le temps de réponse ou les erreurs qui tendent à augmenter avec la difficulté alors que d'autres évaluent un score de réussite ou un indice de réponses correctes. Il est donc normal que ces indices évoluent dans des sens opposés ce qui donne lieu à des corrélations négatives. Quoi qu'il en soit, ces résultats valident les hypothèses HO1b-1 et HO1b-2 selon lesquelles, entre 4 et 6 ans, un lien entre inhibition cognitive et motrice ainsi qu'entre inhibition cognitive et auditive sont attestés après contrôle de l'âge, du degré scolaire et de l'intelligence non verbale.

Ceci valide notre hypothèse HO1b-2 puisque nos résultats suggèrent un lien entre inhibition motrice et inhibition cognitive de type conflit. Toutefois, ceci ne s'inscrit pas dans ce qui est classiquement rapporté dans la littérature concernant l'absence de lien entre inhibition motrice et inhibition cognitive.

En ce qui a trait à notre hypothèse sur le lien entre inhibition auditive et inhibition cognitive de type conflit, nous validons l'hypothèse HO1b-1 puisque nous avons mesuré une corrélation en faveur de l'existence d'un lien entre inhibition auditive et inhibition cognitive de type conflit. La littérature n'avait jusqu'à présent pas étudié l'existence d'un possible rapport entre ces processus. Ceci suggère que les enfants, plus habiles à inhiber un conflit cognitif de type Stroop, sont également ceux qui présentent de meilleures capacités d'inhibition auditive et inversement pour ceux qui présentent une moindre aptitude. Sur base de nos résultats, ces deux processus d'inhibition conflit et d'inhibition auditive varient donc parallèlement. Ceci suggère l'existence d'un processus cognitif commun à l'inhibition de type cocktail et à l'inhibition de type conflit. Inhiber des bruits concurrents de paroles, pour rendre un message verbal plus clair (cocktail, ou inhiber une dimension plus automatique ou plus saillante qu'une autre, variant dans des sens opposés pour répondre à une consigne (Stroop), revient en définitive, dans les deux cas à inhiber des stimuli non pertinents par rapport au but fixé. Il s'agit donc dans les deux cas d'un conflit cognitif l'un non verbal, l'autre verbal.

Ces résultats amènent aussi à repenser le statut de l'inhibition auditive. Selon les modalités de cotation, sur base d'un même matériel, il est possible de mesurer des choses différentes. Prendre en considération les effets de l'interférence, en pondérant avec le niveau sans interférence, permet comme nous l'avons déjà fait remarquer de lever les ambiguïtés quant à des variations potentielles qui seraient liées aux performances de base en phonologie (répétition de pseudomots sans bruit parasite) et donc de calculer véritablement un effet d'inhibition. Dans ces conditions de cotation, les tâches classiquement référencées pour mesurer la ségrégation auditive permettent aussi de mesurer des mécanismes de haut niveau liés à de l'inhibition conflit. L'inhibition auditive est un processus au confluent de processus perceptifs et de processus cognitifs où des mécanismes de rétrocontrôles

cognitivo-physiologiques, top down, viennent très probablement influencer pour moduler le signal en vue de répondre activement à un but.

Dans la limite de cette étude, ceci vient donc alimenter le débat suggérant l'existence de liens, dont la nature reste à définir, entre inhibition motrice et inhibition cognitive d'une part, entre inhibition cognitive et verbale d'autre part chez l'enfant de 4 et 6 ans. Ceci pourrait s'inscrire dans le cadre d'un modèle tel que celui proposé par Diamond (2013) dans lequel les processus d'inhibition pourraient se co-construire progressivement et venir sous-tendre ultérieurement différents types d'inhibition davantage spécifiés (motrice, conflit).

Par extension, un enfant davantage capable d'inhiber des informations non pertinentes, qu'elles soient visuelles, cognitives ou auditives, pourrait davantage s'adapter à des situations de la vie quotidienne et avoir un avantage pour construire son langage et sa pensée lorsqu'il est jeune. Hypothèse qui sera dans une moindre mesure investiguée dans les études suivantes traitant du lien entre inhibition sous différentes formes et langage.

Le manque de significativité des résultats de la littérature entre les différents types d'inhibition, pourrait s'expliquer par une considération différente portée au contrôle de la variabilité de l'âge, du degré scolaire ou de l'intelligence non verbale au sein des groupes ou encore aux mesures utilisées pour appréhender les processus d'inhibition dans les études. En effet, un certain nombre d'études considèrent des scores bruts (erreurs, réponses correctes ou temps de réponse) ou des indices ne pondérant pas suffisamment par le temps de réaction de base de l'enfant ou par sa propension à faire des erreurs dans la tâche en dehors de toute difficulté liée à l'interférence. Nous avons ici veillé à contrôler ces points en travaillant de manière préférentielle sur des indices pondérés.

3.5. Conclusion étude 1

L'étude 1 nous permet de conclure au fait qu'il existe des processus d'inhibition présents pour les enfants de 4-6 ans mesurables à travers l'existence d'effet d'interférence pour les tâches dans lesquelles cet effet est mesurable (Stroop et Cocktail). Une évolution des performances d'inhibition verbale entre 4-5 et 5-6 ans est mesurable et plus évidente que pour l'inhibition non verbale de type conflit, pour laquelle cette évolution tend davantage à une différence de profil entre les effets de facilitation et d'interférence entre les deux groupes. A ce stade de développement, la condition que nous avons considéré comme neutre, apparaît déjà comme un conflit cognitif à traiter pour les plus jeunes amenant probablement à une translation des effets.

Le développement de l'inhibition motrice n'a pu être objectivé au sein de ces tranches d'âge ceci, très probablement en raison d'un effet plafond déjà présent chez les plus jeunes (groupe D1) pour la tâche proposée (STATUE).

Enfin, cette étude objective des liens entre les trois types d'inhibition mesurés entre 4 et 6 ans lorsque l'âge scolaire et le raisonnement non verbal sont contrôlés. Un lien est présent entre inhibition cognitive et inhibition motrice d'une part, un lien entre inhibition cognitive de type conflit non verbal et inhibition verbale de type cocktail party d'autre part. Ceci s'inscrit dans l'idée d'un co-développement de ces mécanismes. En rapport avec cette thèse surtout, ceci conduit à penser qu'une tâche de ségrégation auditive de type cocktail party, selon l'angle de vue et la procédure utilisée, sollicitent des mécanismes d'inhibition cognitive de haut niveau de type conflit et peut être considérée comme une tâche d'inhibition de haut niveau partageant très probablement des fondements communs avec une tâche de type Stroop Animal comme celle que nous avons proposée.

Étude 2. Liens entre les prédictors « phonologiques » et d'inhibition et l'acquisition typique du langage oral, chez l'enfant de 4 à 6 ans (étude transversale)

Dans cette étude, nous cherchons à savoir, pour l'enfant de 4 à 6 ans, quelles sont les variables en lien avec le langage et, plus précisément, quelles sont les variables influençant le niveau de développement du langage.

Nous faisons l'hypothèse que l'âge scolaire et le niveau d'intelligence non verbale ont un lien avec le langage et que ces variables influencent pour une grosse partie le langage.

Comme la littérature le suggère, nous nous attendons aussi à ce que les variables phonologiques au sens large référencées dans la littérature comme prédictors du langage (mémoire à court terme, mémoire de travail, jugement de rimes et de paires phonologiquement proches) aient un lien avec le langage et influencent le niveau de langage, entre 4 et 6 ans.

Enfin, et ce qui fait principalement l'objet de cette thèse, nous nous demandons s'il existe des liens entre l'inhibition et le langage, pour quelle forme d'inhibition s'ils existent, et quelle est l'influence de ces différentes formes d'inhibition, sur le niveau de langage oral.

1. METHODOLOGIE

1.1. Participants

Les enfants de l'étude 2, comme mentionnés précédemment, sont également ceux de l'étude 1.

Pour mémoire, la population finale d'enfants ne présente pas de trouble auditif, de trouble du langage ou autres troubles connus.

Dans cette étude, la totalité des enfants est considérée tous degrés scolaires confondus. Les enfants ont été recrutés dans deux niveaux scolaires distincts (moyenne section de maternelle, équivalent 1PH, et grande section de maternelle, équivalent 2PH). Dix-neuf enfants sont issus de moyenne section de maternelle et sont âgés de 4 à 5 ans et 1 mois (moyenne = 54.21 mois ; é.t. = 2.74 ; étendue : 49-61 mois) composé de 7 garçons et 12 filles. Trente-deux enfants sont issus de grande section de maternelle et sont âgés de 5 ans et 2 mois à 6 ans et 2 mois (moyenne = 68.09 mois ; é.t. = 3.315 ; étendue : 62-74 mois)

composée de 20 garçons et 12 filles ; $n = 32$. Le groupe final se compose de cinquante-et-un enfants, enfants âgés de 4 à 6 ans et 2 mois (moyenne = 62.92 mois ; $\text{é.t.} = 7.45$; étendue : 49-74 mois) comprenant 27 garçons et 24 filles.

1.2. Procédure

Chaque enfant a été vu individuellement par une expérimentatrice. L'ordre des tests était prédéterminé et la passation répartie sur trois séances d'environ 45 minutes. Le recrutement s'est fait dans 2 écoles du bassin annécien (France). Les passations se sont déroulées dans un local mis à disposition dans les écoles. Tous les parents des enfants vus ont préalablement complété un formulaire de consentement relatif à la participation à cette étude. Cette étude a été approuvée par le comité d'éthique de l'université de Genève. Les passations ont été réalisées correctement en fonction des standards définis dans la procédure générale. Les épreuves de métaphonologie et de mémoire ont dû être davantage explicitées aux plus jeunes avant d'être administrées (tâches assez peu courantes pour ce niveau de classe d'âge/4 -5 ans) ; une fois la tâche comprise, les enfants ont réalisé les épreuves le plus adéquatement possible selon leur compétence.

1.3. Épreuves et statut des variables

Des épreuves de langage, inhibition, mémoire, métaphonologie et de contrôle ont été administrées. Les épreuves sont présentées de manière détaillée dans la méthodologie générale.

Les variables de l'étude 2 et leur statut sont les suivants :

- Mesure de langage, variables dépendantes :
 - ✓ les moyennes des scores de langage selon les mesures aux épreuves de langage isolément pour appréhender l'influence des variables indépendantes et de contrôle sur les différents aspects de langage que sont le lexique réceptif et expressif, la morphosyntaxe expressive et réceptive. Les mesures suivantes ont été considérées : *lex_Réc*, *lex_Exp*, *ms_Réc*, *ms_Exp(cpl)* (complétion), *ms_Exp(rép)* (répétition de phrase). Les épreuves sont décrites dans la procédure générale.
 - ✓ Le facteur composite de langage : FCL. Une analyse factorielle préliminaire a permis de dégager un facteur composite commun pour les 5 mesures de langage détaillées précédemment. Celle-ci est décrite dans la rubrique analyse qui suit ce chapitre.

- Mesures de contrôle :
 - ✓ l'âge scolaire (âge_scol) et les scores z d'intelligence non verbale (zQInv)
- Mesures métaphonologiques, variables indépendantes :
 - ✓ Moyenne des scores-z des mesures d'empan endroit (MPCT), jugement de paires proches (Paires), jugement de rimes (Rimes) : MétaPh
 - ✓ score à l'empan envers : Mdt
- Mesures d'inhibition, variables indépendantes :
 - ✓ le score à la statue : Statue
 - ✓ l'indice cocktail phonémique avec le RSB de -10 dB : l.CockPh10,
 - ✓ les indices Stroop
 - l'indice global d'interférence pour les TR : l.stroopG_TR
 - l'indice interférence pour les erreurs : l.StroopINT_err

NOTE : l'analyse factorielle préalable réalisée sur les différents scores d'inhibition n'a pas permis d'extraire significativement de facteur commun d'inhibition sur base des différentes épreuves d'inhibition présentées. Les épreuves d'inhibition sont donc traitées séparément.

L'ensemble des épreuves est synthétisé dans le Tableau 11 avec les mesures s'y référant.

Tableau 11. Épreuves et mesures de l'étude 2.

Statut	Domaines	Sous domaines	Épreuves	Mesures
Variables dépendantes (VD)	Langage	LEXIQUE (lex)	EVIP (réceptif)	lex_Réc
			NEEL (expressif/dénomination)	lex_Exp
		MORPHO-SYNTAXE (ms)	ECOSSE (réceptif/désignation)	ms_Réc
			ELO (expressif/complétion de phrases)	ms_Exp (cpl)
			ISADYL (expressif/répétition de phrases)	ms_Exp (rép)
		Composite	Facteur composite de langage oral (analyse factorielle avec épreuves : EVIP, NEEL, ECOSSE, ELO, ISADYL)	FCLO

Statut	Domaines	Sous domaines	Épreuves	Mesures
Variables indépendantes (VI)	Inhibition	Résistance à l'interférence externe et régulation du comportement	Statue	STATUE
		Inhibition de réponses prépondérantes de type conflit non verbal	Stroop animaux	- Indice Global d'interférence (erreurs) : I.StroopG_err - Indice d'interférence (erreurs) : I.StroopInt_err - Écart entre les indices d'interférence et de facilitation pour les erreurs : ECART. Stroop_err
		Inhibition auditive	« cocktail »	Indice cocktail phonémique avec rsb - 10 dB : I.CockPh-10
	Phonologie	Métaphonologie et mémoire phonologique à court terme (MPCT)	Rimes, Paires Empan endroit de chiffres (MPCT)	Moyenne des scores- z des tâches phonologiques : MétaPh
		Mémoire de travail <i>matériel verbal</i>	Empan envers de chiffres	Mdt
Variables contrôle	Contrôle	Intelligence non verbale	« matrices »	zQinv
		Âge	Âge scolaire	âge_scol
		Audition	Audiogramme	Éliminatoire si problème
		Données anamnestiques	Questionnaire	Éliminatoire si problème

VD : variable dépendante, VI : variable indépendante

1.4. Questions de recherches et hypothèses

Nos hypothèses sont les suivantes :

H2 : nous nous attendons à ce que nos mesures de phonologie et celles d'inhibition permettent de prédire le niveau de langage entre 4 et 6 ans

HO2.a. Nous nous attendons à ce que nos variables indépendantes « phonologiques » (c'est-à-dire celles classiquement répertoriées dans la littérature comme prédicteurs du langage, de mémoire à court terme phonologique, rime, discrimination et mémoire de travail) à savoir, le score composite MétaPh et le score Mdt expliquent une part de variance des mesures de langage (FCLO, ms_Réc, ms_Exp(cpl), ms_Exp(rép), lex_réc, lex_exp) dans les analyses de régression hiérarchique.

HO2.b. Nous nous attendons aussi à ce que nos variables indépendantes d'inhibition motrice, cognitive et auditive (Statue, I.StroopINT_err, Ecart.I.Stroop_err, I.CockPh10)

expliquent une part de variance des mesures de langage (FCLO, ms_Réc, ms_Exp(cpl), ms_Exp(rép), lex_réc, lex_exp) dans les analyses de régression hiérarchique.

2. RESULTATS ETUDE 2

2.1. Introduction

Nous avons, dans un premier temps, réalisé une analyse factorielle sur les épreuves de langage en vue d'avoir une mesure représentant autant que possible le niveau de langage dans sa globalité. Celle-ci est présentée au point 2.2 suivie :

- D'une analyse descriptive des mesures (point 2.3).
- D'une analyse de corrélations partielles (contrôle de l'âge scolaire et de l'intelligence non verbale) entre les différentes variables dépendantes (langage) et indépendantes (« phonologiques » et d'« inhibition ») visant à étudier l'existence de liens entre les variables dépendantes et indépendantes. Notons que les analyses préliminaires de corrélations réalisées entre les variables langagières et les variables âge_scolaire et zQInv ont montré l'existence de corrélations entre ces mesures ce qui a amené à traiter l'âge_scolaire et la mesure zQInv comme covariables dans les analyses de corrélations et de régressions de cette étude.
- D'analyses de régression réalisées en vue d'établir quelles variables permettent de prédire le niveau de langage.

Notons que pour les mêmes raisons que dans l'étude 1, les corrections de Bonferroni n'ont pas été appliquées pour ajuster les seuils de significativité.

2.2. Analyses préliminaires

2.2.1. Analyses factorielles préalables

L'analyse factorielle initiale a permis de dégager un facteur commun unique de langage oral (FCLO) expliquant significativement à lui seul 75,31 % de la variance cumulée à partir des différentes épreuves de langage présentées. Il s'agit d'un bon indice avec une bonne qualité d'échantillonnage (indice de Kaiser-Mehler-Olkin = .820, test de sphéricité de Bartlett : $\chi^2 = 90.869$; ddl : 10 ; $p < .000$), ce qui nous permet d'envisager ce facteur comme mesure composite de langage fiable. Ce facteur a donc été introduit dans nos analyses pour représenter une mesure globale de langage.

2.2.2. Analyses descriptives

Quelques enfants ont atteint le score maximal pour les tâches de jugement de rimes, de jugement de paires phonologiquement proches, de la statue ou n'ont fait aucune erreur

pour l'épreuve de Stroop dans l'une ou l'autre condition. Comme mentionné dans l'étude 1, le score de la statue indique une moyenne de 25.18 avec un écart type de 5.59. La note maximale de ce test est 30. Un possible effet plafond est donc possible. Quelques enfants ont par ailleurs atteint le score plancher pour l'épreuve Mdt (empan envers).

Quelques valeurs aberrantes ont été ramenées aux valeurs extrêmes de leur distribution (« winsorisation »). L'aplatissement (kurtosis) et l'asymétrie (skewness) des distributions ont été vérifiés et rendent compte de la normalité de celles-ci, ce qui nous permet d'effectuer des analyses paramétriques dans la suite de nos analyses.

Le Tableau 12 présente les moyennes et écarts types pour les mesures brutes, scores composites et indices relatifs aux principales mesures pour le groupe étudié.

Tableau 12. Moyennes, écart types, pour les mesures relatives à l'étude 2.

(n=51)	Moyenne	Ecart type	Minimum	Maximum
ms_Réc	78,04	6,35	62,00	89,00
ms_Exp (cpl)	18,00	3,57	10,00	24,00
ms_Exp (rép)	25,41	3,14	19,00	30,00
Lex_Exp	89,55	9,40	67,00	112,00
Lex_Réc	68,35	16,68	38,00	102,00
PAIRES	21,24	4,06	11,00	28,00
RIMES	14,73	3,44	9,00	20,00
Mdt	3,98	1,49	0,00	8,00
MPCT	5,31	1,27	3,00	9,00
Statue	25,18	5,59	9,00	30,00
I.StroopINT_err	1,32	1,60	-0,75	8,00
Ecart_I.Stroop_Err	-,0989	3,21147	-9,36	8,50
I.CockPh10	0,16	0,09	0,03	0,42

lex_Réc : lexique réceptif, lex_Exp : lexique expressif, ms_Réc : morphosyntaxe réceptive, ms_Exp(Rép) : morphosyntaxe expressive en répétition de phrases, ms_Exp(Cpl) : morphosyntaxe expressive en complétion de phrases ; PAIRES : jugement de paires phonologiquement proches, RIMES : jugement de rimes, Mdt : empan envers de chiffres, MPCT : empan endroit de chiffres, Statue : test de la Statue/ inhibition motrice, I.StroopINT_err : indice Stroop d'interférence pour les erreurs, Ecart_I.Stroop_Err : écart entre l'indice d'interférence et l'indice de facilitation au Stroop pour les erreurs, I.CockPh10 : indice d'interférence cocktail avec un RSB de-10dB.

2.2.3. Corrélations

Une analyse préalable de corrélations a été réalisée entre nos mesures de langage, l'âge scolaire et le raisonnement non verbal (zQInv). Celles-ci ont montré des corrélations significatives entre mesures de langage et mesures d'âge et de raisonnement. Les mesures, âge scolaire (âge_scol) et raisonnement non verbal (zQInv), ont donc été introduites comme covariables dans les analyses de corrélations ultérieures et dans les analyses de variances (point 2.3.)

Les corrélations réalisées entre nos variables langagières et nos variables test (« phonologiques » et d'inhibition) en contrôlant par l'âge scolaire et les scores z d'intelligence non verbale par degré scolaire (zQI) montrent des corrélations significatives (Tableau 13) entre :

1. les différentes mesures de langage entre elles
2. les mesures de langage et les variables phonologiques
3. les mesures de langage et les variables d'inhibition
4. les mesures phonologiques et les variables d'inhibition
5. les variables d'inhibition entre elles

Tableau 13. Corrélations partielles (contrôle âge scolaire et zQInv) entre variables langagières, variables « phonologiques » et variables d'inhibition pour l'étude 2.

(n= 51)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1 FCLO	1											
2 ms_Réc	,691**	1										
3 ms_Exp(cpl)	,970**	,594**	1									
4 ms_Exp(rép)	,611**	,392**	,568**	1								
5 lex_Exp	,768**	,481**	,651**	,384**	1							
6 lex_Réc	,634**	,368**	,522**	,311*	,508**	1						
7 MétaPh	,399**	,400**	,340*	,424**	,287*	,292*	1					
8 Mdt	,468**	,437**	,460**	0,167	,310*	,282*	,466**	1				
9 Statue	-0,009	-0,181	0,007	0,122	-0,076	0,123	0,055	0,05	1			
10 I.StroopINT_err	0,253	0,253	0,21	-0,088	,342*	0,193	0,117	0,118	-,287*	1		
11 Ecart_I.Stroop_Err	0,276	,371**	0,203	0,004	,312*	,286*	0,238	0,119	-,322*	,704**	1	
12 I.CockPh10	-,326*	-0,046	-,330*	0,031	-,303*	-,382**	-0,202	0,199	-0,111	-0,135	-0,08	1

(*) corrélation singificative au niveau 0.01 ; (**) corrélation singificative au niveau 0.05

Variable de contrôle : âge scolaire et raisonnement non verbal (zQInv)

FCLO : facteur composite de langage oral ; lex_Réc : lexique réceptif, lex_Exp : lexique expressif, ms_Réc : morphosyntaxe réceptive, ms_Exp(Rép) : morphosyntaxe expressive en répétition de phrases, ms_Exp(Cpl) : morphosyntaxe expressive en complétion de phrases ; PAIRES : jugement de paires phonologiquement proches, RIMES : jugement de rimes, Mdt : empan envers de chiffres, MPCT : empan endroit de chiffres, Statue : test de la Statue/ inhibition motrice, I.StroopINT_err : indice Stroop d'interférence pour les erreurs, Ecart_I.Stroop_Err : écart entre l'indice d'interférence et l'indice de facilitation au Stroop pour les erreurs, I.CockPh10 : indice d'interférence cocktail avec un RSB de-10dB.

▪ Lien entre les mesures de langage entre elles

Comme attendu, les variables langagières FCLO, ms_Réc, ms_Exp (cpl), ms_Exp (rép), Lex_Réc) et Lex_Exp corrént toutes significativement entre elles une à une avec un coefficient fort ($r > .50$) pour toutes les corrélations entre la variable FCLO et les autres mesures de langage.

- Corrélations entre variables langagières et variables métaphonologiques et Mdt

MétaPh

La variable « MétaPh », de phonologie au sens large, corrèle moyennement et significativement avec toutes les variables langagières (FCLO, ms_Réc, ms_Exp(cpl), lex_Exp).

Mdt

La variable « Mdt », de mémoire de travail (sur matériel verbal) corrèle significativement avec un coefficient de taille moyenne avec les variables langagières : FCLO, ms_Réc, ms_Exp(cpl), lex_Réc, lex_Exp ; la corrélation n'est pas significative avec la mesure de répétition de phrases (ms_Exp(rép)).

- Corrélations entre les variables d'inhibition et les variables langagières

Statue

Aucune corrélation significative entre la variable Statue, d'inhibition motrice, et les variables langagières n'a été retrouvée.

Stroop

Des corrélations significatives modérées sont notées entre l'indice I. StroopINT_err et la mesure de lexique expressif (lex_Exp), et entre l'Ecart I.Stroop_err et les scores lexicaux (réceptif et expressif), (lex_Réc, lex_exp) ainsi que plus fortement significative pour le score de morphosyntaxe (ms_Réc : $r = .371$; $p = .009$).

Cocktail

La variable I.CockPh10 corrèle significativement négativement avec le facteur composite de langage (FCLO), la morphosyntaxe expressive en complétion de phrases (ms_Exp(cpl), avec le lexique expressif (Lex_Exp) et enfin, et plus fortement, avec le lexique réceptif (Lex_Réc, $r = .382$; $p = .007$)

- Corrélations entre les variables « phonologiques » et les variables d'inhibition

La variable MétaPh corrèle significativement et fortement avec l'empan envers (Mdt : $r = .466$; $p = .001$) mais ne corrèle significativement avec aucune des mesures d'inhibition.

La variable Mdt ne corrèle significativement avec aucune mesure d'inhibition.

- Corrélations entre les variables d'inhibition entre elles

Enfin, dans cette étude, la tâche d'inhibition motrice « Statue » corrèle significativement négativement avec les deux mesures Stroop de précision ((I.StroopINT_err et Ecart_I.Stroop_Err) mais pas avec la mesure d'inhibition auditive (I.CockPh10). Les deux mesures Stroop corrélaient entre elles significativement et fortement. La mesure d'inhibition auditive ne corrèle en revanche pas significativement avec les autres types d'inhibition avec les mesures de contrôle utilisées dans cette étude.

L'ensemble de ces points amène à introduire les différentes mesures tests corrélant avec les mesures de langage dans les analyses de régression de la partie suivante afin de mesurer leur influence sur le langage.

2.3. Analyses de régression

Un ensemble d'analyses de régression linéaires multiples pas-à-pas en trois temps a été réalisé. Les variables dépendantes successives correspondent à chacune de nos variables langagières prises une à une : FCLO, ms_Rec, ms_Exp (cpl), ms_Exp (rép), Lex_Réc) et Lex_Exp. L'âge scolaire a été introduit comme première variable forcée et la mesure d'intelligence non verbale (zQInv) comme seconde dans chacune des analyses. Les variables MétaPh, Mdt, I.StroopINT-err, Ecart I.Stroop_err, IcockPh10 ont été introduites pas-à-pas pour les variables dépendantes précitées lorsqu'elles corrélaient avec celles-ci.

FCLO

La première analyse montre que 20.2 % de variance du facteur composite de langage sont expliqués par la variable Mdt, $F(1,47) = 13,205$; $p = .001$. Après retrait de la mesure Mdt, la seconde analyse montre que 14.6 % de la variance restante est expliquée par la métaphonologie (MétaPh), $F(1,47) = 8.875$; $p = .005$. Enfin, après retrait de la variable MétaPh pour la troisième analyse, 12.6% de la variance restante le sont par l'inhibition auditive (I.CockPh10), $F(1,47) = 5.572$; $p = .022$. Les variables âge_scolaire et zQInv ne sont pas significatives dans ces modèles. Les paramètres des modèles figurent dans le Tableau 14.

ms_Réc

La variance de la morphosyntaxe réceptive (ms_réc) est expliquée à 36.3 % au total. Le raisonnement non verbal (sczQInv) explique 6 %, $F(1,48) = 4.541$; $p = .038$, suivi de la variable mémoire de travail (Mdt) avec 17.2 %, $F(1,47) = 11.065$; $p = .002$ et de la variable Ecart_IStroop_err avec 9.3 %, $F(1,46) = 6.722$; $p = .013$ (voir Tableau 14).

ms_Exp(cpl)

27 % de variance de la morphosyntaxe expressive en complétion de phrases sont expliqués par : l'empan envers (Mdt) à 19.6 %, $F(1,47) = 12.626$; $p = .001$. Après retrait de cette variable, 10,7 % sont expliqués dans une seconde analyse par la métaphonologie (MétaPh), $F(1,47) = 6.139$; $p = .017$, puis dans une troisième analyse (après retrait du score MétaPh), par l'inhibition auditive avec 10.1 % de variance additionnelle restante expliquée ($F(1,47) = 5.753$; $p = .020$). (voir Tableau 14).

ms_Exp(rép)

Le score de méta/phonologie (MétaPh) explique 17.2 %, $F(1,47) = 10.326$; $p = .002$, de variance de la répétition de phrases : ms_Exp(rép). L'âge scolaire et la variable zQInv ne sont pas significatifs dans ce modèle (voir Tableau 14).

lex_Réc

Une première analyse montre que l'indice d'inhibition auditive (I.CockPh10) explique 13.5 % de variance du score lexical en réception (Lex_réc), $F(1,47) = 8.052$; $p = .007$. Une deuxième analyse (après retrait de la variable I.CockPh10) permet d'expliquer 7.9 % supplémentaires avec la variable méta/phonologie (MétaPh), $F(1,47) = 4.366$; $p = .042$. Une troisième analyse (après retrait de la variable MétaPh) montre que 7.6 % sont expliqués par l'inhibition cognitive (Ecart_I.Stroop_err), $F(1,47) = 4.176$; $p = .047$. Enfin, après retrait de la variable Ecart_I.Stroop_err, la quatrième analyse montre que 7.4 % de variance résiduelle sont expliqués par la variable Mdt $F(1,46) = 3.019$; $p = .049$ (voir Tableau 14).

L'âge scolaire et l'intelligence non verbale (zQInv) ne sont pas significatifs dans ces modèles.

lex_Exp

L'indice d'inhibition cognitive (I.StroopINT_err) explique 11.5 % de variance de la variable dépendante lexique expressif (Lex_exp), $F(1,47) = 6.206$; $p = .016$, 7.3 % supplémentaires sont expliqués par la variable empan envers (Mdt), $F(1,46) = 4.202$; $p = .046$ (voir Tableau 14) dans une première analyse. Après retrait de ces deux variables, l'indice d'inhibition cognitive Ecart_Stroop_Err et d'inhibition auditive (I.CockPh10) expliquent respectivement 9.6 %, $F(1,47) = 5.080$; $p = .029$ et 7.7 %, $F(1,46) = 4.324$; $p = .043$, de la variance du lexique expressif dans la deuxième analyse. Enfin, avec retrait de ces deux variables supplémentaires, 8.1 % de la variance du lexique expressif sont expliqués par le score de métaphonologie (MétaPh), dans la troisième analyse, $F(1,47) = 4.231$; $p = .045$. L'âge scolaire et l'intelligence non verbale (zQInv) ne sont pas significatifs dans ces modèles. (Voir Tableau 14).

Tableau 14. Statistiques des analyses de régressions de l'étude 2.

(n=51)		variables indépendantes des modèles retenues	% de variance expliquée	B	Ecart standard	Bêta	t	sig
FCLO	analyse 1	(Constante)		-1,230	,385		-3,196	,002
		age_scolaire		,005	,038	,017	,132	,895
		zQInv		,186	,120	,195	1,555	,127
		Mdt	20.2	,299	,082	,471	3,634	,001
	analyse2	(Constante)		-,093	,318		-,293	,771
		age_scolaire		,013	,040	,043	,316	,753
		zQInv		,117	,128	,123	,918	,363
		MétaPh3	14.6	,529	,178	,413	2,979	,005
	analyse 3	(Constante)		,394	,442		,890	,378
		age_scolaire		,021	,041	,072	,517	,607
		zQInv		,194	,128	,203	1,514	,137
		I.CockPh10	12.6	-3,368	1,427	-,324	-2,361	,022
ms_Réc		(Constante)		71,282	2,459		28,983	,000
		age_scolaire		,012	,251	,006	,049	,961
		zQInv	6	1,396	,779	,218	1,793	,080
		Mdt	17.2	1,690	,530	,396	3,188	,003
		Ecart_I.Stroop_Err	9.3	,626	,241	,316	2,593	,013
ms_Exp(cpl)	analyse 1	(Constante)		13,313	1,460		9,120	,000
		age_scolaire		,036	,146	,032	,246	,807
		zQInv		,618	,455	,171	1,359	,181
		Mdt	19.6	1,111	,313	,464	3,553	,001
	analyse 2	(Constante)		17,411	1,230		14,160	,000
		age_scolaire		,080	,154	,072	,518	,607
		zQInv		,406	,495	,113	,820	,416
		MétaPh	10.7	1,704	,688	,353	2,478	,017
	analyse 3	(Constante)		19,423	1,667		11,653	,000
		age_scolaire		,092	,153	,083	,601	,551
		zQInv		,645	,483	,179	1,335	,188
		I.CockPh10	10.1	-	5,378	-,329	-2,399	,020
ms_Exp(rép)		(Constante)		25,041	1,058		23,657	,000
		age_scolaire		,050	,133	,051	,378	,707
		zQInv		-,008	,426	-,002	-,018	,986
		MétaPh	17.2	1,903	,592	,448	3,213	,002

(n=51)	variables indépendantes des modèles retenues	% de variance expliquée	B	Ecart standard	Bêta	t	sig
Lex_Réc	(Constante)		76,316	7,637		9,993	,000
	age_scolaire		,466	,703	,090	,663	,511
	zQInv		2,594	2,214	,154	1,172	,247
	I.CockPh10	13.5	-	24,641	-,382	-2,838	,007
	(Constante)		64,313	5,854		10,987	,000
	age_scolaire		,547	,733	,105	,746	,460
	zQInv		1,704	2,356	,101	,723	,473
	MétaPh	7.9	6,843	3,275	,303	2,090	,042
	(Constante)		59,400	5,735		10,357	,000
	age_scolaire		1,231	,717	,238	1,717	,093
	zQInv		1,963	2,336	,117	,840	,405
	Ecart_I.Stroop_Err	7.6	1,471	,720	,283	2,044	,047
	(Constante)		51,655	7,383		6,997	,000
	age_scolaire		,541	,738	,104	,734	,467
	zQInv		2,643	2,299	,157	1,149	,256
	Mdt	7.4	3,190	1,581	,285	2,017	,049
Lex_Exp	(Constante)		81,479	4,176		19,511	,000
	age_scolaire		-,201	,409	-,069	-,492	,625
	zQInv		1,027	1,268	,108	,810	,422
	I.StroopINT_err	11.5	1,812	,783	,308	2,316	,025
	Mdt	7.3	1,800	,878	,285	2,050	,046
	(Constante)		95,101	4,475		21,249	,000
	age_scolaire		-,084	,414	-,029	-,202	,841
	zQInv		,454	1,303	,048	,349	,729
	Ecart_I.Stroop_Err	9.6	,868	,402	,297	2,158	,036
	I.CockPh10	7.7	-	14,290	-,288	-2,080	,043
	(Constante)		91,516	3,410		26,836	,000
	age_scolaire		-,266	,427	-,091	-,623	,536
	zQInv		,436	1,373	,046	,317	,752
	MétaPh	8.1	3,924	1,908	,308	2,057	,045

Âge scolaire et raisonnement non verbal (sczQInv) : variables forcées

lex_Réc : lexique réceptif, lex_Exp : lexique expressif, ms_Réc : morphosyntaxe réceptive, ms_Exp(Rép) : morphosyntaxe expressive en répétition de phrases, ms_Exp(Cpl) : morphosyntaxe expressive en complétion de phrases, MétaPh : score z phonologie (RIMES, PAIRES, Empan endroit de chiffres/MPCT), Mdt : empan envers de chiffres, Statue : test de la Statue/ inhibition motrice, I.StroopINT_err : indice Stroop d'interférence pour les erreurs, Ecart_I.Stroop_Err : écart entre l'indice d'interférence et l'indice de facilitation au Stroop pour les erreurs, I.CockPh10 : indice d'interférence cocktail avec un RSB de-10dB.

2.4. Éléments de synthèse

Le tableau 15 synthétise les résultats de l'étude 2.

Tableau 15. Synthèse des résultats de l'étude 2

Hypothèses et sous hypothèses		Résultats	Remarques
HO2.a	Nous nous attendons à ce que nos variables « phonologiques », expliquent une part de variance des mesures de langage dans les analyses de régression hiérarchique.	v	
HO2.b	Nous nous attendons à ce que nos variables d'inhibition comportementale, cognitive et auditive (Statue, Stroop, Cocktail) expliquent une part de variance des mesures de langage dans les analyses de régression hiérarchique.	~	validée pour l'inhibition cognitive non verbale et auditive verbale (cocktail)

- ~ résultats partiellement ou plus ou moins validés
v les résultats tendent à valider l'hypothèse dans les limites de l'étude
HO hypothèse opérationnelle

3. ÉLÉMENTS DE DISCUSSION ETUDE 2

L'étude 2 vise à établir les prédicteurs du langage oral entre 4 et 6 ans et plus particulièrement à tester deux hypothèses concernant les variables tests prédictives à savoir, celle de l'influence des variables dites « phonologiques » (mémoire phonologique à court terme, mémoire de travail verbale, métaphonologie) d'une part, celle des variables d'inhibition d'autre part. L'idée générale est de déterminer l'existence d'une influence des processus d'inhibition dans le développement du langage et de savoir quelle est son influence comparativement aux prédicteurs phonologiques.

L'analyse factorielle avec les différentes mesures de langage a d'ailleurs permis d'extraire un facteur unique commun de bonne qualité, facteur langage composite (FCLO) qui a aussi été pris en considération dans les analyses subséquentes. Notons que les considérations faites dans l'étude 1 concernant la non application de la correction de Bonferroni ont également guidé cette étude.

Nous avons dans un premier temps réalisé des corrélations partielles entre les mesures de langage et les mesures test phonologiques et d'inhibition contrôlées par l'âge scolaire et le raisonnement non verbal. Puis des analyses de régression ont été réalisées une à une avec nos mesures de langage comme variable dépendante, en introduisant l'âge scolaire et le raisonnement non verbal (mesures de contrôle) en premier et second temps comme mesures forcées, et nos mesures test phonologiques (MétaPh et Mdt) et d'inhibition

(Ecart_I.Stroop, I.StroopINT_err, I.CockPh10) en troisième temps, de manière pas à pas, selon les corrélations observées par variables dépendantes.

3.1. Mesures de langage entre elles

Comme attendu, des corrélations significatives modérées à fortes, entre variables langagières entre elles, sont retrouvées après contrôle de l'âge scolaire et du raisonnement non verbal sont contrôlés. Chez l'enfant de 4 à 6 ans, toutes les mesures langagières de l'étude (facteur composite de langage FCLO, morphosyntaxe réceptive : ms_réc, morphosyntaxe expressive en complétion de phrases ou en répétition de phrases : ms_Exp (cpl) et ms_Exp(rép), lexique réceptif et expressif (dénomination) : lex_Réc, et lex_Exp) sont liées entre elles une à une, lorsque l'âge scolaire et le raisonnement non verbal sont contrôlés.

3.2. Mesures de contrôle

L'âge scolaire (variable forcée) ainsi que l'intelligence non verbale (zQInv) ne permettent pas d'expliquer significativement les variances des scores langagiers dans nos analyses de régression hormis pour la morphosyntaxe réceptive.

3.3. Variables « phonologiques »

Les analyses mettent également en évidence des corrélations significatives entre ces différentes mesures de langage et nos variables phonologiques MétaPh³⁷ et d'empan envers (Mdt), considéré ici comme une tâche reflétant le fonctionnement de l'administrateur central en mémoire de travail (rétention et traitement d'informations). Principalement, le facteur composite de langage corrèle fortement avec ces deux mesures montrant un lien entre langage et métaphonologie et entre langage et administrateur central ce qui est couramment observé dans la littérature.

De manière plus détaillée, ces deux mesures MétaPh et Mdt corréleront significativement entre elles, montrant un lien entre elles, a fortiori relayé par le traitement du matériel verbal, mais aussi des liens à différents niveaux et des effets plus ou moins marqués avec les mesures de langage prises une à une, exclusion faite de la tâche Mdt qui ne corrèle pas avec

³⁷ Le score MétaPh consiste en une moyenne des scores z des tâches de jugement de Paires phonologiquement proches et de Rimes ainsi que de la tâche d'empan de chiffres endroits

la tâche de répétition de phrase (ms_Exp(rép)). La tâche de répétition de phrases, plus que du traitement linguistique ne reflèterait ainsi qu'un traitement en mémoire phonologique à court terme alors que les autres tâches langagières pourraient nécessiter davantage de traitement en plus du stockage.

Nos deux mesures phonologiques au sens large, Mdt et MétaPh, permettent toutes deux de prédire certains scores de langage dans ces analyses, après contrôle de l'âge et du raisonnement non verbal. La variable Mdt permet de prédire 20.2 % de variance du facteur composite de langage (FCLO), 17.2 % de la compréhension et 19.6 % de l'expression morphosyntaxique (ms_exp(cpl)), 7.3 % du lexique expressif dans une première analyse. La variable combinée de mémoire à court terme phonologique et de métaphonologie (MétaPh), après retrait de l'effet de la mémoire de travail, permet également de prédire le niveau de langage du facteur langage (FCLO), et de morphosyntaxe expressive en complétion de phrases (ms_exp(cpl)). Après retrait de l'influence de l'inhibition, cette mesure permet aussi de prédire le lexique réceptif, ou encore la répétition de phrases (ms_exp(rép)) comme seul prédicteur pour cette dernière mesure (17.2 % de variance expliquée unique).

3.4. Variables d'inhibition

Différents indices du Stroop, mesurant l'inhibition cognitive, et de l'épreuve Cocktail, mesurant l'inhibition auditive, permettent d'expliquer plusieurs scores de langage. Le score à la Statue, mesurant l'inhibition motrice, ne montre pas d'influence significative sur les scores de langage.

De manière plus détaillée pour l'inhibition cognitive, avec l'écart entre les indices de facilitation et d'interférence, prédit le niveau morphosyntaxe réceptive (Ecart_IStroop_err : 9.3 % de variance expliquée) et le lexique expressif (après retrait de l'influence de l'inhibition auditive et du score MétaPh). L'indice d'interférence en précision (I.StroopINT_err) prédit quant à lui le lexique expressif (11.5% de variance expliquée).

L'inhibition auditive (I.CockPh10) permet de prédire le facteur composite de langage et la morphosyntaxe expressive (en complétion) après retrait de l'influence de la mémoire de travail (Mdt) et du score composite phonologique (MétaPh) (12.6% et 10.1% de variance résiduelle pour le FCLO et le score ms_exp(cpl) respectivement). Elle permet aussi de prédire le lexique réceptif (13.5 % de variance expliquée unique) et le lexique expressif après retrait de l'influence de l'inhibition cognitive non verbale et de la mémoire de travail (7.7 % de variance résiduelle).

Ces résultats permettent donc partiellement de valider l'hypothèse HO2.a et HO2.b. Les variables phonologiques de mémoire de travail et la combinaison de la mémoire

phonologique à court terme et de la métaphonologie permettent de prédire le niveau de développement du langage mais aussi les variables d'inhibition principalement cognitive et auditive.

Selon le domaine de langage étudié, ces prédicteurs apparaissent avoir des influences variables. Pour ce qui est de la mémoire de travail, elle semble influencer sur la morphosyntaxe réceptive, sur le lexique expressif. Pour le MétaPh, l'influence apparaît davantage être présente pour la morphosyntaxe réceptive, le lexique expressif et réceptif.

Pour ce qui est de l'inhibition, l'inhibition cognitive de type conflit non verbal, semble jouer une importance dans la compréhension morphosyntaxique et le lexique expressif et réceptif chez l'enfant tout venant, alors que l'inhibition conflit verbale semble contribuer davantage à la morphosyntaxe expressive, ainsi qu'au lexique expressif et réceptif ce qui se mesure aussi au niveau de langage global.

En définitive, dans les limites de cette étude, entre 4 et 6 ans, la mémoire de travail, les variables liées à l'hypothèse phonologique (MPCT, métaphonologie) et les capacités d'inhibition conflit, verbale et non verbale, s'avèrent être de bons prédicteurs du niveau de langage.

En ce qui concerne les variables phonologiques, ceci va globalement dans le sens de ce qui est observé dans la littérature pour les variables « phonologiques » puisque différents auteurs établissent un lien prédictif entre mesures de métaphonologie, mémoire de travail et mémoire phonologique à court terme sur le langage. Des différences de méthodologie et d'épreuves nous ont néanmoins permis, chez l'enfant à développement typique, de mettre en évidence des liens entre ces prédicteurs dits phonologiques.

Notons au niveau de la mémoire à court terme que les épreuves étaient par exemple plus spécifiées pour la Mdt et MPCT dans l'étude de Mounir (2012), distinguant les éléments de séquentialité et la capacité de stockage en rapport avec le modèle de Majérus (2012). Pour la phonologie, nous avons choisi des épreuves de métaphonologie (qui implique un traitement) et non des épreuves de sensibilité phonologique. Notre mesure MétaPh est moins différenciée car elle correspond à un score composite de mémoire phonologique à court terme et de métaphonologie. Elle ne nous permet donc pas de dissocier l'influence respective des deux habiletés. L'objectif de cette thèse est en effet moins d'étudier en détail l'influence respective de ces habiletés que de mettre en perspective leur influence globale, comparativement à celle des processus d'inhibition, sur le développement du langage compte tenu du peu de travaux sur ce sujet à cet âge de développement.

Sur le plan lexical, l'influence de la MPCT et de la conscience phonologique est largement soutenue dans la littérature notamment chez l'enfant entre 4 et 7 ans (ex. : Gathercole & Baddeley, 1989 ; Gathercole, Willis & Baddeley, 1991 ; en français : Mounir, 2012, Majérus

& al. 2006). C'est également ce que nos résultats tendent à montrer puisque la mesure MétaPh compte parmi les prédicteurs du lexique expressif et réceptif. Toutefois, son influence est moindre comparativement à celle de l'inhibition auditive pour le lexique expressif et elle n'apparaît qu'après retrait de l'influence des mesures Mdt, inhibition non verbale conflit et inhibition verbale pour le lexique expressif quand l'âge et le raisonnement sont contrôlés. L'influence combinée de la MPCT et de la métaphonologie contribue à prédire le lexique réceptif et expressif même si cette influence est moindre que celle attendue, notamment au profit des mesures d'inhibition. Le fait d'avoir une mesure composite (MétaPh) pour la mémoire phonologique à court terme et la métaphonologie peut contribuer à une diminution de la sensibilité de cette mesure. Etre capable d'identifier et de maintenir les éléments phonologiques de nouveaux mots (pseudomots avant de devenir des mots) constitue un bon prédicteur du développement lexical (Gathercole, 2006 ; Mounir, 2012). En production, le lexique semble davantage sous-tendu par la capacité à répéter une chaîne plus longue d'éléments (Mounir, 2012). De meilleurs processus de récapitulation articulatoire sont nécessaires lorsqu'on ne dispose pas d'éléments lexicaux sur lesquels s'appuyer en mémoire. La conscience phonologique regroupant la métaphonologie et la sensibilité phonologique partage, selon certains auteurs (ex. : Bowey, 1996), un facteur commun de phonologie avec la MPCT. La sensibilité phonologique implique d'identifier plus ou moins finement des composants d'ordre phonologique, ce qu'elle partage avec la métaphonologie à cela près que cette dernière suppose de faire un traitement supplémentaire sur ces aspects phonologiques. Elle implique en ce sens une part commune tant avec la mémoire phonologique à court terme (MPCT) qu'avec la mémoire de travail (Mdt) et donc une dimension attentionnelle liée au traitement. Les corrélations importantes entre notre score MétaPh et Mdt en sont certainement le reflet. En ce qui concerne la mesure de mémoire phonologique (Mdt) elle prédit le lexique réceptif et expressif. Dès lors que le seuil de mémoire phonologique à court terme est dépassé, la mémoire de travail permet de maintenir activement une information en fonction du but (ex. : D'Esposito & al., 1999). Une surcharge, liée par exemple au traitement simultané d'information auditive et d'une recherche visuelle, pourrait être impliquée en lexique réceptif et donc impliquer la mémoire de travail. Pour le lexique expressif, le surcoût de la programmation motrice, ou l'actualisation de l'information linguistique pour les mots plus complexes ou moins fréquents, pourrait nécessiter l'implication de la mémoire de travail.

Enfin, ce qui nous intéresse davantage dans cette recherche est l'implication de l'inhibition sous différentes formes. L'inhibition auditive s'avère, ici, être le premier prédicteur d'importance (13.5 % de variance expliquée en première analyse) pour le lexique réceptif avant les mesures phonologiques. Elle permet également de prédire le lexique expressif (7.7 % de variance expliquée en seconde analyse) mais après l'influence de l'inhibition conflit non verbale (Stroop animaux : 11.5 % en première analyse pour l'indice I.StroopINT_err et 9.6 % en seconde analyse pour l'indice ECART_I.Stroop_err) et celle de la

mémoire de travail déjà mentionnée. Ceci corrobore, à quelques éléments près, l'étude de Bellamga & al. (2014) montrant des liens entre inhibition de type conflit et le lexique expressif, chez l'enfant italophone de 18-24 mois. Ces résultats viennent aussi appuyer les travaux de Conboy & al. (2008) montrant des corrélations significatives entre perception des sons natifs et lexique et entre inhibition et capacité à ignorer les sons non natifs chez le jeune enfant de 13 à 24 mois ou encore celles de Newman & al. (2006). Ces derniers stipulaient, dans une étude rétrospective, que les capacités de ségrégation dans le bruit, à 12 mois, permettaient de prédire le niveau de lexique à 24 mois et le niveau général de langage entre 4 et 6 ans. Selon les modalités d'application et de cotation les tâches de ségrégation, de type cocktail party, peuvent être considérées comme des tâches d'inhibition auditive de haut niveau (étude 1) impliquant au moins en partie des processus liés à la gestion de type conflit sur matériel linguistique. Stroop animaux comme tâche cocktail party contribuent ainsi très certainement aux phénomènes de compétitions en lien avec le lexique réceptif et expressif. De plus, mieux percevoir un pseudomot dans le bruit (qui deviendra un mot après plusieurs présentations) contribue à son identification. Etre capable de mieux rejeter ce qui n'est pas pertinent par rapport à ce qui l'est, aide certainement à mieux discerner ce à quoi peut faire référence une étiquette verbale (énoncée lorsque l'enfant doit apprendre le nom d'un nouvel objet). Cela permet d'être plus habile dans les phénomènes d'exclusion mutuelle, d'être plus pertinent à rejeter un élément qui ne correspond pas, de s'ajuster plus finement à l'interaction au cours de l'attention conjointe, de pouvoir réviser son impression en cas d'erreur. Ceci permet certainement aussi de rejeter une forme visuelle ou sonore lorsque l'association entre une forme auditive et une forme sonore est violée (mapping visuo-verbal que l'enfant peut faire dès 17 mois, Hay & al., 2011). Sur le plan expressif, il n'est pas illusoire de penser que ces mécanismes d'inhibition, de type conflit notamment, contribuent fortement aux phénomènes de compétitions en lien avec la production lexicale, les phénomènes de compétition ne s'effectuant d'ailleurs pas seulement au sein d'une modalité mais aussi lorsque plusieurs dimensions sont impliquées avec possiblement la gestion des phénomènes de rétroactions bottom-up et top down pour la programmation motrice notamment.

En ce qui concerne la compréhension morphosyntaxique, notre score de mémoire de travail (empan envers) permet de prédire majoritairement la compréhension morphosyntaxique (associé au score d'inhibition conflit non verbale). Dans la limite de notre étude, nous pouvons ici avancer que la mémoire de travail et l'inhibition conflit non verbale, deux composantes du modèle des fonctions exécutives de Diamond (2013), apparaissent impliquées dans les traitements de compréhension morphosyntaxique. Ceci réaffirme l'idée que, d'une part, la rétention et le traitement d'informations linguistiques sont nécessaires dans ces tâches de compréhension morphosyntaxiques complexes mais aussi qu'elles font appel à des processus d'inhibition conflit de type non verbal. Il est aussi fort probable que la mémoire de travail qui maintient et met à jour les informations, participe en effet activement à ce processus. Selon l'éloignement des éléments à considérer ensemble, il faut

être à même de réactiver et mettre à jour les informations pour pouvoir les traiter de manière concomitante efficacement. Oublier le sujet en début de phrase donnera probablement lieu à une difficulté de compréhension. La mémoire de travail, selon les modèles de Majerus (2012) ou Baddeley (2000) assure de surcroît le lien avec les informations stockées en mémoire. Elle permet les va-et-vient permettant les ajustements en fonction de ces informations sémantiques, visuelles ou encore linguistiques en tout genre. Les informations fréquentes sont suractivées et disponibles pour la mémoire de travail. Il faudra alors soit les considérer car elles correspondent à la situation soit détecter l'erreur (cf. : Circuit de détection d'erreurs, Lachaux, 2011 ; SAS de Norman & Shallice, 1980) et inhiber la dimension non pertinente pour pouvoir répondre aux attentes, à la cible. On voit donc bien comment mémoire de travail et inhibition peuvent jouer un rôle actif dans la prise de décision face à un énoncé linguistique ambigu. Un certain nombre de travaux (Weighall, 2008 ; Novick & al. ; 2005, Truesdell & al., 1999) se sont intéressés à la compréhension des phrases ambiguës et certains auteurs ont suggéré que la difficulté de compréhension de ces phrases chez l'enfant (principalement avant 8 ans) provenait d'une immaturité des fonctions exécutives ne permettant pas de prendre en considération les éléments référentiels et les travaux manquent pour éprouver cette hypothèse. Nous ne nous sommes pas intéressés à un type de phrase en particulier puisque nous souhaitons avoir un regard vaste, de l'implication de l'inhibition, sur les différentes dimensions du langage. Nos résultats viennent toutefois documenter le caractère prédictif des fonctions exécutives, mémoire de travail et inhibition non verbale, dans la compréhension morphosyntaxique des phrases, notre épreuve (l'ECOSSE) proposant des tournures plus ou moins complexes. Cette épreuve comprend une cible et trois distracteurs, lorsqu'une phrase est énoncée, l'enfant doit pouvoir se diriger vers la cible, en rejetant les distracteurs, lorsqu'il en a identifié les composants sans ambiguïté. En cas de difficultés de compréhension (mauvaise maîtrise syntaxique par exemple), les processus doivent pouvoir rejeter au mieux le plus grand nombre de distracteurs en fonction de ce qui a été compris et, ensuite, analyser les items pour sélectionner la cible et donc inhiber des éléments plus saillants, plus automatiques de la phrase pour répondre. C'est également ce qui se produit en cas de phrases ambiguës ou imbriquées ou encore sémantiquement perturbantes. Dans la phrase « le garçon ne voit pas le monsieur bien qu'il porte des lunettes » l'enfant doit par exemple inhiber l'image réponse où un garçon tient des énormes lunettes dans la main alors que la phrase attendue est celle où le garçon ne voit pas le monsieur qui est derrière un rideau. Ici l'enfant doit inhiber la dimension visuelle saillante pour pouvoir désambigüiser la phrase et tenir compte des éléments référentiels basés sur la dimension sémantico-linguistique. Dans la phrase « le carré dans l'étoile est jaune » l'enfant doit pouvoir considérer les rapports d'inclusion (le carré est dans quelque chose) mais aussi pouvoir inhiber la relation linéaire qui voudrait que les éléments les plus proches soient associés or, c'est principalement l'erreur commise par les enfants qui choisissent l'image où l'étoile est jaune (associé linéairement) plutôt que celle où le carré est jaune.

Entre 4 et 6 ans la difficulté de compréhension morphosyntaxique peut en effet être la conséquence d'une immaturité des fonctions exécutives et principalement de la mémoire de travail et des processus d'inhibition conflit non linguistiques. Ces processus agissent de concert pour s'ajuster en continu et empêcher l'intrusion d'éléments non pertinents dans le traitement linguistique morphosyntaxique complexe. Il est aussi fort probable que la force d'association à inhiber ne soit pas la même selon les dimensions à traiter ou selon la position des éléments à considérer entre eux. Est-il plus difficile pour l'enfant d'inhiber des aspects sémantiquement, visuellement ou encore syntaxiquement plus saillants ? Pourrait-il s'agir d'une difficulté dans les systèmes de détection d'erreur ? A quel point le degré d'automatisme, sinon de fréquence, des structures stockées en mémoire intervient-il dans la prise de décision ?

En ce qui concerne la morphosyntaxe expressive, nous avons deux mesures : l'une de répétition de phrases, l'autre de complétion de phrases. Seul le score MétaPh permet de prédire la répétition de phrases (17.2 % de variance expliquée). En revanche, la seconde tâche, de complétion, est prédite en premier lieu par l'empan envers (Mdt) puis dans une seconde et une troisième analyse par le MétaPh puis par l'indice d'inhibition auditive. Ce résultat va dans le sens des résultats de Delage & Frauenfelder (2012) montrant que, chez l'enfant de 5 à 12 ans, les empan simples permettent de prédire la répétition de phrases alors que les empan complexes permettent de prédire des aspects plus complexes de morphosyntaxe ne s'apparentant pas seulement à de la répétition. La répétition de phrases peut en effet être très facilitée par une bonne mémoire phonologique à court terme (contenue dans notre mesure MétaPh) qui est certainement mise en exergue dans ce résultat. En revanche, pour compléter des phrases avec image comme « ici, le monstre a deux yeux mais là, il n'a qu'un ... œil » ou encore, « ici, l'ours dort et là, les ours ... *dorment* » l'enfant devra avoir recours à d'autres processus que simplement la mémoire à court terme phonologique. La forme tout juste énoncée précédemment dans le modèle (yeux ; dort) ou la forme la plus fréquente en mémoire (ex. dort) stockée comme une heuristique en mémoire devra être inhibée pour fournir une forme adaptée à la situation de complétion (œil, *dorment*). Ce type de tâche implique donc, en définitive, de retenir un modèle qu'il faudra d'ailleurs inhiber pour pouvoir s'ajuster, de rechercher une structure en mémoire et de l'adapter, d'éliminer les formes inadéquates suractivées (en mémoire ou précédemment), de planifier la production d'une phrase. La mémoire phonologique à court terme assurera le maintien du modèle, la mémoire de travail permettra les va-et-vient avec la mémoire à long terme et le traitement en cours. L'inhibition verbale permettra l'élimination du modèle d'une part (information suractivée précédemment) et des formes concurrentes non adaptées. L'ensemble permettra à l'enfant de compléter adéquatement des phrases dans des contextes divers et c'est à peu de chose près ce qu'il fait dans une situation de production, dans la vie de tous les jours, hormis le fait que le modèle n'est pas nécessairement fourni immédiatement avant sa production. Peu de travaux documentent directement ces aspects sinon ceux de Kapa & Colombo (2013) ayant montré l'influence des

fonctions exécutives, dont la flexibilité mais pas l'inhibition, chez l'enfant de 4 à 6 ans, pour l'apprentissage d'un langage artificiel et ceux de Gooch & al. (2015) sur l'influence réciproque du langage et des fonctions exécutives chez l'enfant.

Ces résultats viennent documenter le lien entre inhibition et langage chez l'enfant d'âge préscolaire. Dans la limite de notre étude, la morphosyntaxe expressive entre 4 et 6 ans dépend donc de l'action commune de la mémoire phonologique à court terme, de la mémoire de travail et de l'inhibition conflit de type linguistique.

Cette étude vient en définitive éclaircir la littérature quant à l'influence de l'inhibition auditive et cognitive, processus de haut niveau cognitif, dans la construction du langage entre 4 et 6 ans.

Comme souligné dans l'étude 1, le statut de l'inhibition cognitive de type Stroop animaux et l'inhibition auditivo-linguistique de type cocktail party comprennent, toutes deux, une part de traitement liée à la gestion de l'inhibition cognitive de type conflit où une information doit être inhibée au profit d'une autre plus saillante, plus pertinente ou encore plus automatique par rapport au but. Le Stroop animaux traite du matériel visuo-sémantique, la tâche cocktail traite principalement du matériel auditivo-phonologique. L'intervention de ces deux types d'inhibition dans le langage sera développée dans la discussion générale.

3.5. Conclusion étude 2

Cette série d'analyses a visé à mettre en évidence des liens entre performances langagières et mesures classiquement répertoriées comme prédicteurs du langage d'une part, entre performances langagières et processus d'inhibition d'autre part. En ce qui a trait aux processus d'inhibition, il était question ici d'établir l'existence potentielle de liens entre différents aspects du langage (expressif/réceptif, lexique/morphosyntaxe) et différents processus d'inhibition (régulation du comportement, inhibition auditive de type linguistique, inhibition non linguistique de type conflit).

Les analyses de régression effectuées tendent à relever l'influence de la mémoire de travail (mesurée par l'empan envers de chiffres), de la combinaison de la mémoire phonologique à court terme et de la métaphonologie ainsi que de l'inhibition cognitive de type conflit non verbal et de l'inhibition auditive de type cocktail, sur le niveau de langage quand l'âge et le raisonnement sont contrôlés. L'influence des mesures phonologiques est régulièrement retrouvée dans la littérature. L'influence significative de l'inhibition conflit non linguistique et linguistique, entre 4 et 6 ans, vient en revanche implémenter la littérature quant à de nouveaux facteurs d'influence à prendre en considération dans le développement du langage à cet âge. L'action de ces différents prédicteurs phonologiques et de l'inhibition varie, par ailleurs, selon la dimension du langage étudié. La morphosyntaxe en

compréhension (réceptive) est prédite par la mémoire de travail et l'écart d'indice Stroop, la morphosyntaxe expressive (complétion de phrases) par la mémoire de travail, le MétaPh (MPCT et métaphonologie) et par l'inhibition auditive, la morphosyntaxe expressive en répétition de phrases par le score composite MétaPh (MPCT+Métaphonologie), le lexique en compréhension par l'indice cocktail, le MétaPh, l'écart d'indice Stroop_err, la mémoire de travail, le lexique expressif par l'inhibition conflit stroop (I.Stroop_err), la mémoire de travail, l'inhibition conflit non verbal (l'écart d'indice Stroop), l'inhibition auditive et le MétaPh (MPCT et métaphonologie).

Étude 3. Liens entre les prédicteurs, « phonologiques » et l'inhibition, mesurés entre 4 et 6 ans, et le développement typique ultérieur du langage oral (étude 3A) et écrit (étude 3B). (Étude longitudinale)

1. METHODOLOGIE

1.1. Problématique pour l'étude 3

Afin de mieux appréhender la construction du langage oral et écrit il est nécessaire d'affiner la connaissance des prédicteurs de ces compétences. Un certain nombre de compétences a déjà été mis en avant dans la littérature mais peu de travaux ont investigué l'influence des processus d'inhibition, a fortiori dans une étude longitudinale.

Les études 3A et 3B visent donc à cerner les variables préscolaires (entre 4 et 6 ans) susceptibles d'influencer le développement du langage oral et des mécanismes de déchiffrage en lecture (langage écrit) en début d'école élémentaire (entre 6 et 8 ans). Plus particulièrement, il est ici question d'évaluer l'influence des processus d'inhibition (sous différentes formes) et de diverses compétences réputées prédictives dans la littérature, sur le niveau ultérieur de langage oral et écrit (2 ans plus tard).

Cette étude consiste donc à évaluer les performances langagières des enfants vus dans les études 1 et 2 (temps 1/T1) deux ans après l'évaluation initiale (temps 2/T2). Le but est de savoir quels sont les processus cognitifs et linguistiques qui permettent le mieux de prédire les scores de langage oral et de langage écrit évalués deux ans plus tard.

Concrètement, nous voulons évaluer les liens entre le langage mesuré en T2 et les performances en T1 au niveau des processus d'inhibition, de métaphonologie, de mémoire (à court terme verbale et de travail), de langage. Nous voulons également objectiver les liens entre le développement de la lecture et ces mêmes processus (inhibition, métaphonologie, mémoire).

1.2. Participants de l'étude 3

Trente-huit enfants, francophones monolingues de l'étude 1 (temps 1) ont participé à cette étude deux ans après l'étude initiale.

Comme dans les études 1 et 2, les enfants ont été recrutés dans deux écoles, d'Annecy et d'Annecy-le-Vieux (France). Un nouveau consentement a été soumis aux parents pour le temps 2 (deux années plus tard). Seul un enfant pour lequel nous avons obtenu le consentement n'a pas été retenu en raison d'importantes difficultés scolaires, notamment pour l'apprentissage de l'écrit.

Les enfants étaient cette fois en CP (3P HARMOS, 1^{ère} année de scolarisation obligatoire et d'apprentissage de l'écrit) et CE1 (4P HARMOS, 2^{ème} année de scolarisation obligatoire et d'apprentissage de l'écrit). Ils ne présentent pas de trouble auditif, de trouble du langage ou d'autres troubles connus.

Au temps 2, la population est donc composée de trente-huit enfants âgés de 6 ; 2 ans à 7 ; 7 ans (moyenne = 84.34 mois ; é.t. = 5.8 ; étendue : 74 - 93 mois ; 23 garçons et 15 filles) répartis sur la classe de CP (n = 14) et sur la classe de CE1 (n = 24).

1.3. Procédure étude 3

La procédure pour le temps 1 a été détaillée dans les études 1 et 2. La procédure est similaire pour le temps 2. Les enfants ont été évalués individuellement, à l'école, après autorisation des parents et accord avec le Rectorat de l'éducation nationale, les directions, les enseignants. Le protocole de passation a été accepté par la Commission d'Éthique de la FAPSE. Les passations se sont déroulées sur deux séances individuelles par enfant d'environ 45 minutes à 1 heure en vue de compléter des épreuves de langage oral et de langage écrit mesurées au temps 2. Les tâches sont décrites en détail dans la procédure générale (cf. paragraphe EPREUVES LANGAGIERES) et sont synthétisées dans le paragraphe suivant.

1.4. Épreuves aux différents temps

Pour le temps 1 nous avons retenu les mêmes épreuves que dans l'étude 2 (cf. Tableau 11) à savoir :

- **Pour le langage** : des épreuves de morphosyntaxe en réception (Ms_Réc, épreuve : ECOSSE) et en expression (Ms_Exp (cpl), épreuve : complétion de phrases ELO ; Ms_Exp (rép), épreuve : répétition de phrases ISADYL) et des épreuves de lexique en réception (Lex_Réc, épreuve : EVIP) et en production (Lex_Exp, épreuve : NEEL-vocabulaire expressif).
- **Pour les variables « phonologiques »** : l'empan endroit verbal (MPCT), l'empan envers verbal (Mdt), les tâches de jugement de rimes (RIMES) et de discrimination phonologique (PAIRES).

- **Pour l'inhibition** : l'épreuve de la Statue, l'épreuve du Stroop animaux, l'épreuve Cocktail Party.

Pour le temps 2, se référant à l'étude du langage oral (3A), nous avons administré les mêmes épreuves de langage oral qu'au temps 1 (cf. paragraphe précédent et Tableau 11).

Pour le temps 2, se référant au langage écrit (3B), nous avons administré des épreuves de déchiffrage en lecture issues de la batterie Odedys (cf. procédure générale pour le détail). Il s'agit de la lecture de trois listes d'items : l'une avec des mots fréquents réguliers (REG) ; la deuxième avec des mots fréquents irréguliers (IRR), la troisième, avec des pseudomots bisyllabiques. Le temps et l'adéquation des réponses sont pris en compte par liste de lecture.

1.5. Questions de recherche et hypothèses pour l'étude 3

Nos principales questions de recherche sont ici de savoir si les performances d'inhibition, de métaphonologie, de mémoire (phonologique à court terme et de travail), de langage, mesurées en T1, permettent de prédire :

- le niveau de langage oral en T2 (étude 3A)
- le niveau de langage écrit en T2 (étude 3B)

Les hypothèses sont les suivantes :

- pour l'étude 3A:

H3A-1 : les mesures combinées de langage oral en T1 (Facteur composite_T1 : FCLO_T1) permettent de prédire le niveau de langage oral en T2 (facteur composite : FCLO_T2)

H3A-2 : les performances en métaphonologie, mémoire à court terme verbale, mémoire de travail (prédicteurs « phonologiques »), à savoir les variables MétaPh et Mdt mesurées en T1, permettent de prédire le niveau de langage oral en T2 (facteur composite : FCLO_T2)

H3A-3 : les performances d'inhibition en T1, à savoir les variables STATUE (**H3A-3.a**), I.StroopINT_err (**H3A-3.b**), I.CockPh10 (**H3A-3.c**), permettent de prédire le niveau de langage oral en T2 (facteur composite : FCLO_T2)

- pour l'étude 3B :

H3B-1 : les mesures de langage oral en T1 (facteur composite : FCLO_T1) permettent de prédire le niveau de langage écrit en T2 (msczLECT_RC et msczLECT_TR)

H3B-2 : les performances en métaphonologie, mémoire à court terme verbale, mémoire de travail à savoir les variables (MétaPh et Mdt) mesurées en T1, permettent de prédire le niveau de langage écrit en T2 (mscZLECT_RC et mscZLECT_TR)

H3B-3 : les performances d'inhibition en T1, autrement dit les variables STATUE (**H3B-3.a**, inhibition motrice), I.StroopINT_err, I.StroopFAC_err, (**H3B-3.b**, inhibition cognitive) et I.CockMOT10 (**H3B-3. c**, inhibition auditive), permettent de prédire le niveau de langage écrit en T2 (mscZLECT_RC et mscZLECT_TR)

2. ANALYSES PRELIMINAIRES ET RESULTATS DE L'ETUDE 3 (3A ET 3B)

2.1. Introduction

Différentes étapes constituent cette partie. En premier lieu, nous avons réalisé une série d'analyses préliminaires comprenant une réduction du nombre de variables (moyennage de scores z ou analyse factorielle) en T1 et en T2 suivies d'analyses descriptives et d'analyses de corrélations. En second lieu, des analyses de régression ont été réalisées en vue de tester l'influence de nos variables prédictives, mesurées en T1, de langage, métaphonologie, mémoire et inhibition sur nos variables dépendantes de langage oral en T2 pour l'étude 3A et de langage écrit en T2 pour l'étude 3B.

Comme pour les études 1 et 2, nous n'avons pas appliqué la correction de Bonferroni pour ajuster les seuils de significativité (cf. considérations dans l'étude 1).

2.2. Analyses préliminaires

2.2.1. Réduction du nombre de variables

Afin de réduire le nombre de variables pour certaines analyses et avoir une vision globale sur le langage, un facteur composite de langage oral a été calculé à partir des différentes tâches de langage oral (Ms_Réc, Ms_Exp (cpl), Ms_Exp (rép), Lex_Réc, lex_Exp) pour le temps 1 et pour le temps 2.

L'analyse factorielle exploratoire a permis d'extraire un facteur unique pour chacun des deux temps expérimentaux. Les facteurs « composites » de langage représentent en T1 (**FCLO_T1**) 59.59 % et en T2 (**FCLO_T2**) 43.40 % de variance expliquée avec des KMO respectifs corrects (KMO_T1 = 0.79 ; $p < .001$; KMO_T2 = 0.720 ; $p = .005$) montrant que l'échantillon est acceptable pour pratiquer une analyse factorielle. La variable **FCLO_T1** sera donc considérée comme variable indépendante dans nos analyses pour l'étude 3A et l'étude 3B. La variable **FCLO_T2** sera donc considérée comme variable dépendante dans l'étude 3A.

Pour l'étude 3B, après calcul des scores-z pour chacune des mesures de lecture (TR et RC) pour chacune des trois listes de mots (réguliers, irréguliers, pseudomots), deux moyennes ont été calculées : l'une pour la précision des réponses (sczLect_RC), l'autre pour la vitesse de lecture (sczLect_TR).

Sur base des moyennes des scores-z des épreuves Paires, Rimes et métaphonologie, le MétaPh a été considéré comme variable en lien avec la phonologie.

2.2.2. Analyse de corrélations préliminaires

Afin d'évaluer l'influence de l'âge scolaire et du raisonnement non verbal (zQInv en T1), des corrélations ont été réalisées entre ces deux variables et nos variables de langage en T2, nos variables « phonologiques » et nos variables d'inhibition. Les analyses montrent des corrélations significatives qui invitent à considérer le raisonnement non verbal ainsi que l'âge scolaire comme variables de contrôle pour les analyses ultérieures.

2.2.3. Statut des variables

À l'issue des analyses préliminaires, les variables et mesures suivantes ont été considérées :

- les variables dépendantes sont :
 - pour l'étude 3A : le facteur composite de langage oral en T2 (FCLO_T2),
 - pour l'étude 3B : les moyennes des scores z de langage écrit pour l'adéquation (sczLect_RC) et pour les temps de réponse (sczLect_TR) pour les trois listes de mots confondues (réguliers, irréguliers et pseudomots),
 -
- les variables indépendantes (étude 3A et 3B) :
 - a) de langage en T1 : FCLO_T1,
 - b) phonologiques au sens large :
 - métaphonologie : MétaPh (moyenne des scores-z Rime, Paires et MPCT)
 - mémoire de travail (Mdt), matériel verbal (empan envers de chiffres)
 - c) d'inhibition :
 - score à la tâche Statue (STATUE),
 - indices d'interférence STROOP : I.StroopINT_err pour l'étude 3A, indice de facilitation et d'interférence pour la précision (I.StroopFAC_err I.StroopINT_err) pour l'étude 3B
 - indices d'interférence COCKTAIL (étude 3A : I.CockPh10 ; étude 3B I.CockMOT10)
- Les variables de contrôle sont :

- Pour l'étude 3A : l'âge scolaire (âge_scol) et le raisonnement non verbal (zQInv) mesurés en T1
- Pour l'étude 3B : la durée d'apprentissage du langage écrit pour l'enfant en T2, le raisonnement non verbal mesuré en T1 (zQInv)

Le Tableau 16 résume les épreuves et variables utilisées au temps 1 et au temps 2.

Tableau 16. Synthèse des épreuves et variables utilisées aux temps 1 et au temps 2 pour l'étude 3.

Domaines			Intitulé	Variables	T1 n=38	T2 n=38	Etude concernée
Langage oral (VI et VD)	Morphosyntaxe (ms)	réception	ECOSSE	ms_Réc	(✓)		
		expression	ELO	ms_Exp (cpl)	(✓)		
	lexique	expression	ISADYL	ms_Exp (rép)	(✓)		
		réception	EVIP	lex_Réc	(✓)		
		expression	NEEL-voc	lex_Exp	(✓)		
score composite factoriel de langage oral			FCLO		✓	✓	3A
Langage écrit /lecture (VD)	mots réguliers		ODEDYS/ LECT	sczLECT_RC		✓	3B
	mots irréguliers			sczLECT_TR		✓	
	pseudomots						
Phonologie (VI)	mémoire phonologique à court terme : empan endroit		MPCT		(✓)		
	jugement de paires proches		Paires		(✓)		
	jugement de rimes		Rimes		(✓)		
	Score composite de phonologie		MétaPh		✓		3A, 3B
Mémoire de travail/mise à jour (VI)	empan envers		empan envers	Mdt	✓		3A, 3B
Inhibition (VI)	comportementale		Statue	Statue	✓		3A, 3B
	conflit	Stroop	I.StroopINT_err		✓	✓	3A, 3B
			I.Stroop_Fac_err		✓		3B
	auditive	Cocktail	I.cockPh10		✓	✓	3A
			IcockMot10		✓		3B
Mesures de contrôle (VC)	raisonnement non verbal			zQInv	✓		3A, 3B
	âge	Âge scolaire	Âge_scolaire		✓		3A
	durée d'apprentissage du langage écrit		D.appgeLE			✓	3B

VD : variable dépendante, VI : variable indépendante, VC : variable de contrôle, zQInv : score-z raisonnement non verbal, FCLO : facteur composite de langage oral, sczLECT_RC : score- de précision de lecture, sczLECT_TR, score-z de vitesse de lecture, Mdt : mémoire de travail (empan envers de chiffres), MPCT : mémoire phonologique à court terme (empan endroit de chiffres), Statue : test de la Statue/ inhibition motrice, I.StroopINT_err : indice Stroop d'interférence pour les erreurs, I.Stroop_Fac_err : indice de « facilitation » pour les erreurs au Stroop, I.CockPh10 : indice d'interférence phonémique cocktail avec un RSB de-10dB, I.CockMot10 : indice d'interférence cocktail pour le mot en globalité avec un RSB de-10dB.

2.3. Résultats des analyses descriptives étude 3

Le Tableau 17 résume les différentes moyennes, écarts-types, pour l'ensemble des mesures utilisées dans les analyses ultérieures. Notons qu'un des sujets présentait des scores de langage en T2 faibles mais que ceux-ci n'étaient pas pathologiques en regard des normes établies pour les tests cliniques. Ce sujet n'a donc pas été exclu car il répondait à nos critères de recrutement. Quelques mesures présentaient des valeurs aberrantes qui ont été ramenées aux niveaux des valeurs extrêmes acceptables en fonction des distributions (winsorisation). L'ensemble des mesures présente des valeurs d'aplatissement et de symétrie répondant aux critères de normalité permettant l'utilisation de tests paramétriques sur ces mesures.

Tableau 17. Moyennes, écarts-types, valeurs minimales et maximales des scores ou mesures nécessaires ou retenues pour les analyses des études 3A et 3B.

n=38		Moyenne	Ecart- type	Minimum	Maximum
	âge en T1	63,26	7,61	50,00	74,00
	âge en T2	84,34	5,80	74,00	93,00
	Qlnv	18,29	3,90	12,00	26,00
T1	Ms_Réc_T1	78,66	6,01	66,00	89,00
	Ms_Exp (cpl)_T1	18,32	3,75	10,00	24,00
	Ms_Exp (rép)_T1	25,55	3,15	19,00	30,00
	Lex_Réc_T1	68,74	17,87	38,00	102,00
	Lex_Exp_T1	90,24	8,95	67,00	106,00
	PAIRES	21,74	4,26	11,00	28,00
	RIMES	14,87	3,64	9,00	20,00
	MPCT	5,42	1,29	4,00	9,00
	Mdt	4,18	1,23	2,00	6,00
	STATUE	25,87	5,44	9,00	30,00
	I.StroopInt_err	1,38	1,39	-0,75	4,00
	I.StroopFac_err	0,59	0,89	-0,50	2,00
	IcockMot10	0,42	0,23	-0,50	0,78
	I.CockPh10	0,17	0,09	0,03	0,34
T2	Ms_Réc_T2	85,00	3,07	78,00	91,00
	Ms_Exp (cpl)	21,68	2,83	15,00	29,00
	Ms_Exp (rép)	28,71	1,35	26,00	30,00
	Lex_Réc_T2	98,55	15,81	60,00	127,00
	Lex_Exp_T2	102,29	6,20	90,00	114,00
	RC_lect irr	6,24	2,99	0,00	10,00
	TR_lect irr	40,58	41,97	6,00	179,00
	RC_lect Reg	7,74	2,45	3,00	10,00
	TR_lect Reg	33,29	33,31	5,00	116,00
	RC_lect Pseudo	7,00	2,18	2,00	10,00
	TR_lect Pseudo	35,24	28,98	7,00	104,00

T1 : temps 1 (4-6 ans), T2 : temps 2 (6-8 ans), Qlnv : score de raisonnement non verbal, lex_Réc : lexique réceptif, lex_Exp : lexique expressif, ms_Réc : morphosyntaxe réceptive, ms_Exp(Rép) : morphosyntaxe expressive en répétition de phrases, ms_Exp(Cpl) : morphosyntaxe expressive en complétion de phrases ;sczLECT_RC : score- de précision de lecture, sczLECT_TR : score-z de vitesse de lecture, Mdt : mémoire de travail (empan envers de chiffres), MPCT : mémoire phonologique à court terme (empan endroit de chiffres), Statue : test de la Statue/ inhibition motrice, I.StroopInt_err : indice Stroop d'interférence pour les erreurs, I.Stroop_Fac_err : indice de « facilitation » pour les erreurs au Stroop, I.CockPh10 : indice d'interférence phonémique cocktail avec un RSB de-10dB, I.CockMot10 : indice d'interférence cocktail pour le mot en globalité avec un RSB de-10dB, RC_lect irr : nombre de réponses correctes pour la liste de mots irréguliers, RC_lect rég : nombre de réponses correctes pour la liste de mots réguliers, RC_lect pseudo : nombre de réponses correctes pour la liste de pseudomots, TR_lect irr : vitesse de lecture (en secondes) pour la liste de mots irréguliers, TR_lect rég : vitesse de lecture (en secondes) la liste de mots réguliers, TR_lect pseudo : vitesse de lecture (en secondes) pour la liste de pseudomots.

2.4. Résultats analyses de l'étude 3A

2.4.1. Analyses préliminaires : corrélations partielles entre langage oral en T2 et mesures test en T1

Des analyses de corrélations partielles entre le facteur composite de langage, les variables de métaphonologie, de mémoire, d'inhibition mesurées en T1 (FCLO_T1, MétaPh, Mdt, Statue, I.StroopINT_err, I.CockPh10) et les variables langagières mesurées en T2 (FCLO_T2) ont été réalisées afin d'envisager les liens entre les différentes variables du temps 1 et celles de langage au temps 2. Ces corrélations ont été contrôlées par l'âge scolaire et le raisonnement non verbal (ZQInv). Les résultats sont détaillés ci-après.

- Langage en T1-langage oral en T2

Le facteur composite de langage en T1 (FCL_T1) corrèle fortement et significativement avec le facteur composite de langage oral en T2 (FCLO_T2), $r(38) = .712$; $p < .001$. montrant un fort lien entre les mesures de langage mesurées entre 4 et 6 ans et celles mesurées deux ans plus tard.

- Mesures « phonologiques » en T1-langage oral en T2

La mesure MétaPh mesurée en T1 corrèle significativement avec le facteur composite de langage en T2 (FCLO_T2) de même que le score d'empan envers (Mdt).

- Inhibition en T1 et langage oral en T2

Seule la mesure d'inhibition auditive Cocktail mesurée en T1 (I.cockPh10) corrèle avec le langage en T2 (FCLO_T2) à hauteur des scores MétaPh et Mdt mais négativement ($r(38) = -.340$; $p = .043$).

- Tableau de corrélations

Les résultats précédents sont détaillés dans le Tableau 18.

Tableau 18. Principales corrélations (partielles), entre les mesures tests en T1 et celles de langage en T2 (étude 3A).

<i>n</i> =38	FCLO_T2	FCLO_T1	MétaPh	Mdt	Statue	I.StroopINT_err	I.CockPh10
FCLO_T2	1,000						
FCLO_T1	,712**	1,000					
MétaPh	,378*	,431**	1,000				
Mdt	,393*	,575**	,562**	1,000			
Statue	,087	-,076	-,013	-,155	1,000		
I.StroopINT_err	-,020	,207	,118	,107	-,232	1,000	
I.CockPh10	-,340*	-,435**	-,264	-,200	-,117	-,160	1,000

* corrélation significative à 0.01, ** : corrélation significative à 0.05, variables corollées : âge scolaire et raisonnement non verbal (z QI nv). T1 : temps 1 (4-6 ans), T2 : temps 2 (6-8 ans), FCLO_T1 : facteur composite de langage oral en T1, FCLO_T2 : facteur composite de langage oral en T2, MétaPh : score-z de phonologie (moyenne des épreuves RIMES, PAIRES, empan endroit de chiffres), Mdt : score de mémoire de travail (empan envers de chiffres), Statue : score au test de la Statue (inhibition motrice), I.StroopINT_err : indice d'interférence au Stroop Animaux pour les erreurs, I.CockPh10 : indice d'interférence phonémique cocktail avec un RSB de-10dB.

En définitive, il existe des corrélations significatives entre le langage mesuré à 6-8 ans et les variables mesurées à 4-6 ans de langage, de mémoire de travail, de métaphonologie et MPCT combiné, d'inhibition auditive.

Les analyses de régression suivantes visent à étudier le type de lien entre ces mesures et notamment à objectiver l'hypothèse d'un lien prédictif entre celles-ci.

2.4.2. Régressions multiples : étude des prédicteurs du langage oral en T2

Un ensemble d'analyses de régression linéaire multiple, en trois temps, ont été réalisées. La variable dépendante correspond au facteur composite de langage oral en T2 (FCLO_T2). L'âge scolaire a été introduit comme première variable forcée et la mesure d'intelligence non verbale (zQInv) comme seconde. Les variables test FCLO_T1, MétaPh, Mdt, I.cockPh10, ont été introduites comme troisième avec une méthode pas-à-pas. Les analyses réalisées successivement visent à extraire le poids des plus imposantes variables prédictives au fur et à mesure afin de savoir si les autres mesures test expliquent aussi une part de la variance résiduelle. Les résultats sont présentés ci-après et le tableau 19 détaille les statistiques des modèles présentés.

Première analyse : ensemble des variables test (FCLO_T1, MétaPh, Mdt, I.cockPh10)

Le modèle explique 59.5 % de variance du facteur FCLO_T2. L'âge scolaire n'est pas significatif dans ce modèle. En revanche, le raisonnement non verbal (zQInv) explique 17.6 % de la variance, $F(1,35) = 7.496$; $p = .010$, et le langage en T1 (FCLO_T1) explique 41.7 % supplémentaires, $F(1,34) = 35.005$; $p < .000$.

Deuxième analyse : retrait de la variable FCLO_T1

Dans ce modèle, 12.7 % de la variance restante du facteur composite de langage oral en T2 sont expliqués par l’empan envers (Mdt), $F(1,34) = 6.211$; $p = .018$.

Troisième analyse : retrait des variables FCLO_T1 et Mdt

La variance restante (après retrait des variables influentes FCLO_T1 et Mdt et du raisonnement) du langage en T2 (FCLO_T2) est prédite à 11.7 % par la métaphonologie, $F(1,34) = 5.660$; $p = .023$.

Quatrième analyse : retrait des variables FCLO_T1, Mdt et MétaPh

L’inhibition auditive à 4-6 ans (I.CockPh10) prédit, quant à elle, 9.5 % de la variance restante du langage à 6-8 ans, $F(1,34) = 4.442$; $p = .043$.

Tableau 19. Statistiques des analyses de régression de l’étude 3A.

N=38	VI	modèle	% de variance expliquée	B	Ecart standard	Bêta	t	Sig.
analyse 1	1) âge scolaire,	(Constante)		,293	,233		1,256	,218
	2) zQInv,	Âge scolaire		-,038	,028	-,154	-1,362	,182
	3) FCLO_T1, Mdt, MétaPh, I.CockPh10	zQInv	17.6	,143	,101	,169	1,426	,163
		FCLO_T1	41.7%	,634	,107	,716	5,916	,000
analyse 2	1) âge scolaire,	(Constante)		-,801	,445		-1,798	,081
	2) zQInv,	Âge scolaire		-,039	,039	-,158	-1,010	,320
	3) Mdt, MétaPh, I.CockPh10	zQInv	17.6	,364	,123	,429	2,968	,005
		Mdt	12.7	,263	,106	,385	2,492	,018
analyse 3	1) âge scolaire,	(Constante)		,222	,313		,707	,484
	2) zQInv,	Âge scolaire		-,029	,038	-,116	-,764	,450
	3) MétaPh, I.CockPh10	zQInv	17.6	,280	,128	,330	2,190	,035
		MétaPh	11.7	,415	,174	,374	2,379	,023
analyse 4	1) âge scolaire,	(Constante)		,860	,503		1,711	,096
	2) zQInv,	Âge scolaire		-,039	,041	-,159	-,970	,339
	3) I.CockPh10	zQInv	17.6	,361	,126	,425	2,878	,007
		I.CockPh10	9.5	-3,356	1,592	-,342	-2,108	,043

Variable dépendante : facteur composite de langage oral en T2 (FCLO_T2)

Variables forcées : âge scolaire et raisonnement non verbal (z-score QInv)

T1 : temps 1 (4-6 ans), T2 : temps 2 (6-8 ans), FCLO_T1 : facteur composite de langage oral en T1, MétaPh : score-z de phonologie (moyenne des épreuves RIMES, PAIRES, empan endroit de chiffres), Mdt : score de mémoire de travail (empan envers de chiffres), Statue : score au test de la Statue (inhibition motrice), I.StroopINT_err : indice d’interférence au Stroop Animaux pour les erreurs, I.CockPh10 : indice d’interférence phonémique cocktail avec un RSB de -10dB.

2.4.3. Éléments de synthèse de l'étude 3A

Le tableau suivant synthétise les résultats de l'étude 3A.

Tableau 20. Synthèse des résultats de l'étude 3A

Hypothèses et sous hypothèses			Résultats
Le langage oral à 6-8 ans est prédit par les compétences aux mesures phonologiques, Mdt et aux mesures d'inhibition mesurées 2 ans plus tôt			v
H3A-1	Les mesures combinées de langage oral en T1 (Facteur composite_T1 : FCLO_T1) permettent de prédire le niveau de langage oral en T2 (facteur composite : FCLO_T2)		v
H3A-2	Les performances des variables MétaPh et Mdt mesurées en T1, permettent de prédire le niveau de langage oral en T2 (facteur composite : FCLO_T2)		v
H3A-3	Les performances d'inhibition en T1 contribuent à prédire le niveau de LO en T2		~
	H3A-3.a	Les performances d'inhibition comportementale (STATUE) en T1, contribuent à prédire le niveau de langage oral en T2	nv
	H3A-3.b	Les performances d'inhibition cognitive non verbale (Stroop) en T1, contribuent à prédire le niveau de langage oral en T2	nv
	H3A-3.c	Les performances d'inhibition auditive (Cocktail) en T1, contribuent à prédire le niveau de langage oral en T2	v

~	partiellement ou plus ou moins validé dans les limites de l'étude
v	les résultats tendent à valider l'hypothèse dans les limites de cette étude
nv	les résultats ne sont pas significatifs et ne valident pas l'hypothèse
HTG	hypothèse théorique générale
H	hypothèse théorique propre à une étude particulière
HO	hypothèse opérationnelle
FCLO	Facteur composite de langage oral
DT-A	développement typique apparié en âge
DT-L	développement typique apparié en langage
TDL	groupe avec trouble du développement du langage oral
MétaPh	score composite des mesures phonologiques
Mdt	empan envers de chiffres/ mémoire de travail

2.5. Résultats de l'étude 3B

2.5.1. Corrélations (partielles) entre mesures de langage écrit en T2 et mesures test en T1

Nous cherchons ici à savoir s'il existe des liens de corrélations entre les mesures test en T1 (langage, métaphonologie, mémoire de travail, inhibition) et les mesures de lecture (précision et vitesse) en T2. Après contrôle de la durée d'apprentissage du langage écrit et du raisonnement non verbal mesuré en T1 (zQInv), les résultats montrent :

- Une corrélation négative significative entre les deux mesures de langage écrit vitesse et précision en T2, $r(38) = -.484$; $p = .003$.
- Des corrélations significatives positives entre le score de précision de lecture (sczLECT_RC) mesuré en T2 et trois des variables test mesurées en T1 : le score de

métatphonologie (MétaPh), celui de mémoire de travail (Mdt), un des indices d'inhibition cognitive (I.StroopFAC_err).

- Des corrélations négatives significatives entre le score de vitesse de lecture (sczLECT_TR) mesuré en T2 et deux des variables en T1 : le score composite de langage oral en T1 (FCLO_T1), l'indice d'inhibition auditive (I.CockMOT10) avec une corrélation forte pour ce dernier, $r(38) = -.501$; $p = .002$.

Le tableau 21 résume les principales corrélations partialisées entre les mesures de lecture en T2 et les mesures tests en T1.

Tableau 21. Corrélations partielles entre mesures de lecture en T2 et mesures test en T1.

	sczLect_RC	sczLect_TR
sczLECT_RC	1,000	-,484**
sczLECT_TR	-,484**	1,000
FCLO_T1	,279	-,378*
MétaPh	,599**	-,214
Mdt	,589**	-,276
Statue	,022	,210
I.StroopINT_err	-,077	-,218
I.StroopFAC_err	,342*	-,185
I.cockMot10	,224	-,501**

Variable de contrôle : raisonnement non verbal (zQInv) et durée d'apprentissage du langage écrit (D_appgeLE)

** . La corrélation est significative au niveau 0.01. ; * . La corrélation est significative au niveau 0.05.

T1 : temps 1 (4-6 ans), T2 : temps 2 (6-8 ans), FCLO_T1 : facteur composite de langage oral en T1, MétaPh : score-z de phonologie (moyenne des épreuves RIMES, PAIRES, empan endroit de chiffres), Mdt : score de mémoire de travail (empan envers de chiffres), Statue : score au test de la Statue (inhibition motrice), I.StroopINT_err : indice d'interférence au Stroop Animaux pour les erreurs, I.Stroop_Fac_err : indice de « facilitation » pour les erreurs au Stroop (interférence faible), I.CockMot10 : indice d'interférence cocktail pour les cibles en globalité («pseudo mot ») avec un RSB de-10dB, sczLect_RC : adéquation en lecture pour les trois listes réunies, sczLect_TR : vitesse de lecture pour les trois listes réunies.

2.5.2. Régressions multiples étude 3B

Afin de savoir quels sont les prédicteurs, mesurés entre 4 et 6 ans, de la lecture mesurée deux ans plus tard, des analyses de régression ont été réalisées. Les scores de précision de lecture (sczLECT_RC) d'une part et de vitesse de lecture (sczLECT_TR) d'autre part ont chacun été considérés un à un comme variable dépendante. Ces analyses ont été réalisées en trois temps avec en premier et en deuxième les variables contrôle : 1) durée d'apprentissage de l'écrit (D_appgeLE), 2) raisonnement non verbal en T1 (zQInv), introduites comme variables forcées. Dans un troisième temps, les variables indépendantes test, mesurées en T1 avec une méthode pas-à-pas, à savoir :

- pour la VD précision de lecture (sczLECT_RC) : le score de métatphonologie (MétaPh) et de mémoire de travail (Mdt) en T1, ainsi que l'indice de précision de facilitation au Stroop en T1 (I.StroopFAC_err)

- pour la VD vitesse de lecture (sczLECT_TR) : le facteur composite de langage oral en T1, l'indice d'inhibition auditive en T1 (I.CockMot10).

- précision de lecture (sczLEC_RC)

Le modèle explique 86.5 % de variance du score de précision de lecture (sczLec_RC) avec 69.4 % prédit par la durée d'apprentissage de la lecture, $F(1,35) = 81.230$; $p < .000$, 19.4 % prédit par le score de métaphonologie (MétaPh), $F(1,34) = 19.06$; $p < .000$, 10.7 % par l'empan envers (Mdt), $F(1,33) = 8.029$; $p = .008$, 1.9 % prédit par le score de facilitation au Stroop (I.StroopFAC_err), $F(1,32) = 4.576$; $p = .040$. Le raisonnement non verbal n'est pas significatif dans le modèle. Le tableau 22 détaille les statistiques du modèle.

- Vitesse de lecture (sczLEC_TR)

Le modèle explique 85.3 % de variance du score sczLec_TR avec 75.8 % prédit par la durée d'apprentissage de la lecture, $F(1,35) = 109.999$; $p < .000$, 11.1 % par l'indice d'inhibition auditive (I.cockMOT10), $F(1,34) = 11.388$; $p = .002$, et 3.4 % par le score composite de langage FCLO_T1 ($F(1,33) = 7.709$; $p = .009$). Le raisonnement non verbal n'est pas significatif dans le modèle (voir Tableau 22).

Tableau 22. Statistiques des analyses de régression de l'étude 3B.

mesures prédictives	% de variance expliquée	B	Ecart standard	Bêta	t	Sig.
(Constante)		-1,772	,263		-6,751	,000
zQInv		,033	,066	,036	,504	,618
D_appgeLE	69.4	,096	,014	,574	6,831	,000
sczMETA3	19.4	,356	,106	,295	3,373	,002
Mdt	10.7	,163	,071	,218	2,280	,029
I.StroopFAC_err	1.9	,146	,069	,142	2,104	,043
(Constante)		1,844	,221		8,339	,000
zQInv		,084	,075	,085	1,119	,271
D_appgeLE	75.8	-,134	,015	-,760	-8,774	,000
I.CockMOT10	11.1	-1,052	,286	-,250	-3,684	,001
FCLO_T1	3.4	-,263	,095	-,258	-2,776	,009

n=38 ; sczLECT : score de précision de lecture ; sczLECT_TR : score de vitesse de lecture

VD : variable dépendante, sczLec_RC : adéquation en lecture pour les trois listes réunies, sczLec_TR : vitesse de lecture pour les trois listes réunies. T1 : temps 1 (4-6 ans), T2 : temps 2 (6-8 ans). FCLO_T1 : facteur composite de langage oral en T1, MétaPh : score-z de phonologie (moyenne des épreuves RIMES, PAIRES, empan endroit de chiffres), Mdt : score de mémoire de travail (empan envers de chiffres), D_appgeLE : durée d'apprentissage du langage écrit, I.CockMot10 : indice d'interférence cocktail pour les cibles en globalité («pseudo mot ») avec un RSB de-10dB.

2.5.3. Éléments de synthèse de l'étude 3B

Le tableau 23 synthétise les résultats de l'étude 3B.

Tableau 23. Synthèse des résultats de l'étude 3B.

Hypothèses et sous hypothèses		Résultats	Remarques
L'entrée dans le langage écrit (déchiffrage en lecture) à 6-8 ans est prédite par les compétences aux mesures phonologiques et aux mesures d'inhibition mesurées 2 ans plus tôt			
H3B-1	les mesures de langage oral en T1 (facteur composite : FCLO_T1) permettent de prédire le niveau de langage écrit en T2 (msczLECT_RC et msczLECT_TR)	v	faible (3,4 % VE et seulement pour la vitesse exclusivement pas pour le déchiffrage
H3B-2	les performances en métaphonologie, mémoire à court terme verbale, mémoire de travail à savoir les variables (MétaPh et Mdt) mesurées en T1, permettent de prédire le niveau de langage écrit en T2 (msczLECT_RC et msczLECT_TR)	v	uniquement pour la précision
H3B-3	Les performances d'inhibition en T1 permettent de prédire le niveau de langage écrit en T2 (msczLECT_RC et msczLECT_TR)	~	
	H3B-3a.	Les performances d'inhibition motrice (STATUE) en T1 contribuent à prédire le niveau de langage écrit en T2	nv
	H3B-3.b	Les performances d'inhibition cognitive non verbale (I.StroopINT_err et/ou I.StroopFAC_err) contribuent à prédire le niveau de langage écrit en T2	v
	H3B-3.c	Les performances d'inhibition auditive (I.CockMOT10) en T1 permettent de prédire le niveau de langage écrit en T2	v

~	partiellement ou plus ou moins validé dans les limites de l'étude
v	les résultats tendent à valider l'hypothèse dans les limites de cette étude
nv	les résultats ne sont pas significatifs et ne valident pas l'hypothèse
HTG	hypothèse théorique générale
H	hypothèse théorique propre à une étude particulière
HO	hypothèse opérationnelle
FCLO	Facteur composite de langage oral
DT-A	développement typique apparié en âge
DT-L	développement typique apparié en langage
TDL	groupe avec trouble du développement du langage oral
MétaPh	score composite des mesures phonologiques
Mdt	empan envers de chiffres/ mémoire de travail

3. ÉLÉMENTS DE DISCUSSION DES ETUDES 3A ET 3B

3.1. Discussion étude 3A

Dans une visée longitudinale, les performances de langage oral d'enfants de 6-8 ans (temps 2) ont été mises en perspective par rapport à leurs performances mesurées deux ans plus tôt (préscolaire, 4-6 ans) de langage oral, de mémoire phonologique et de travail, d'inhibition (cognitive, motrice, auditive) (temps 1) (études 1 et 2). Le but était de savoir quels processus, cognitifs et linguistiques, permettaient le mieux de prédire le niveau de langage oral et de déchiffrage en lecture deux ans plus tard.

Concrètement pour l'étude 3 A, nous avons voulu évaluer les liens entre le langage mesuré en T2 et les performances en T1 au niveau des processus d'inhibition, de métaphonologie, de mémoire (à court terme verbale et de travail), de langage. Un facteur composite de langage a été calculé sur base des différentes mesures de langage administrées en T1 et en T2. L'âge scolaire et le raisonnement non verbal ont été introduits comme mesures de

contrôle dans nos analyses de corrélations et de régression. Les mesures établies, en T1, phonologiques (Mdt, MétaPh) et d'inhibition (motrice : STATUE, conflit non verbal : I.StroopINT_err ; conflit auditif : I.CockPh10), constituent nos variables test.

Les résultats des corrélations partielles, contrôlées par l'âge scolaire et le raisonnement non verbal, dévoilent l'existence de liens entre différentes mesures test en T1 et le facteur composite de langage oral en T2. En outre, chacune des mesures significatives dans nos analyses de corrélations établissant un lien avec le langage oral en T2 permet aussi de prédire significativement le langage oral en T2 dans les analyses de régressions, réalisées en plusieurs étapes.

3.1.1. Liens langage oral en T1 et langage oral en T2 (H3A-1)

Dans un premier temps, en ce qui concerne le langage en T1, une corrélation forte et hautement significative est établie entre le facteur composite de langage oral, en T1, et le facteur composite de langage oral, en T2. Selon l'hypothèse **H3A-1**, nous nous attendions à trouver des liens prédictifs entre les facteurs langagiers en T1 et T2. Ceci est vérifié puisque le facteur composite de langage en T1 permet d'expliquer une part significative de variance importante du facteur composite de langage en T2 (41.7 %) après le raisonnement non verbal (zQInv) introduit comme variable de contrôle. Dans les limites de notre étude, le langage oral entre 6 et 8 ans peut donc majoritairement être prédit par le niveau global de langage oral et par le raisonnement non verbal (variable de contrôle), mesurés entre 4 et 6 ans (préscolaire). Ceci permet de confirmer la littérature quant à l'incidence du niveau de langage en préscolaire sur les performances langagières à l'entrée dans les apprentissages formels, entre 6 et 8 ans. Différents travaux témoignent aussi de l'incidence positive d'un bon niveau de langage oral pour la suite des apprentissages (ex. Catts & al., 2012 ; Scarborough, 1990) et notamment, de son influence sur l'apprentissage du langage écrit. L'étude 3B étudie ce lien pour le décodage en lecture. En somme, un bon langage oral et un bon raisonnement non verbal entre 4-6 ans (en préscolaire) constituent des éléments prédictifs du langage oral, deux ans plus tard, lors de l'entrée dans l'enseignement formel.

3.1.2. Liens entre mémoire de travail et métaphonologie en T1 et langage oral en T2 (H3A-2)

Après contrôle de l'âge scolaire et du raisonnement non verbal, il existe comme nous l'avons vu, des corrélations significatives entre les mesures phonologiques (MétaPh : moyenne des scores z d'empan endroit, de jugement de similitude de paires phonologiquement proches, jugement de Rimes) ou de mémoire de travail (empan verbal envers) et le facteur composite de langage oral en T2. Les analyses de régression subséquentes mettent de surcroît en évidence que ces deux variables permettent d'expliquer une part additionnelle de variance du facteur composite de langage oral en T2

(FCLO_T2), après retrait de l'influence du langage oral (FCLO_T1) et contrôle du raisonnement non verbal (zQInv) mesurés en T1.

L'empan envers, reflet du fonctionnement de l'administrateur central en mémoire de travail, explique 12.7 % de variance résiduelle du facteur langagier en T2, et la métaphonologie, 11.7 % supplémentaires de la variance résiduelle. Ceci permet de valider l'hypothèse **H3A-2** selon laquelle, le niveau de langage oral, à 6-8 ans, peut être prédit par la mémoire de travail et les variables en lien avec le traitement métaphonologique et la mémoire phonologique à court terme, mesurés deux ans plus tôt. Rappelons que la mesure MétaPh, calculée ici, correspond à la moyenne des scores z relatifs au jugement de rimes, au jugement de paires phonologiquement proches (ex. pa/pa → pareil, ba/pa → pas pareil) et d'un empan endroit de chiffres (MPCT). Dans les limites de notre étude, présenter de bons scores d'empan verbal envers de chiffres et a fortiori un bon fonctionnement de l'administrateur central, ou de bons scores en métaphonologie (tâche de jugement de similarité de rimes et de phonèmes) et d'empan endroit (mémoire phonologique à court terme), entre 4 et 6 ans constitue un indicateur positif d'un bon développement langagier lors de l'entrée dans les apprentissages formels (deux ans plus tard). Une bonne maîtrise du système phonologique et du traitement des sons (catégorisation, segmentation, jugement, rétention, manipulation des syllabes et des sons), entre 4 et 6 ans, apparaît donc être un bon atout pour le développement ultérieur du langage oral. Les résultats de cette étude s'inscrivent dans la lignée de bons nombre de travaux sur l'implication de ces variables que nous avons nommés « phonologiques » sur le développement du langage. Ils corroborent en effet le grand nombre de travaux relatifs aux liens entre métaphonologie, mémoire phonologique à court terme ou encore mémoire de travail et le langage oral. Pour ce qui a trait à la langue française, Mounir (2012) avait montré un lien prédictif de la conscience phonologique sur le lexique réceptif ou encore des habiletés phonologiques sur le lexique expressif, entre 4-5 ans, à l'image des travaux de Gathercole & Baddeley (1989) par exemple dans les pays anglo-saxons. Delage & Frauenfelder (2012) avaient quant à eux mis en évidence un lien entre les empan simples et complexes et les tâches de complexité syntaxique, chez l'enfant de 5 à 12 ans. Plus spécifiquement les empan simples prédisaient, dans leur étude, la répétition de phrases alors que les empan complexes (empan envers, counting span) et, a fortiori, le fonctionnement de l'administrateur central, prédisaient les tâches de compréhension et de production des phrases syntaxiques complexes. Ce dernier point suggère donc l'implication de l'administrateur central dans le traitement syntaxique en compréhension comme en production, dès lors que les processus ne reflètent pas exclusivement un traitement automatique. Les travaux de Majérus et collaborateurs (ex. Majérus, Poncelet, Greffe & Van der Linden, 2006 ; Leclerc & Majerus, 2010) ont quant à eux davantage spécifié que la mémoire à court terme verbale comprenait la rétention d'information sur l'item, en lien avec les connaissances langagières, et la rétention de l'ordre sériel, laquelle était davantage en lien avec le niveau de vocabulaire à 6-7 ans ou qui prédisait, à 4 ans, le niveau lexical à 5 ans (lorsque le lexique initial est contrôlé).

3.1.3. Liens processus d'inhibition en T1 et langage oral en T2 (H3A-3)

Nous nous attendions à observer différentes corrélations et des liens prédictifs (**H3A-3**) entre les mesures d'inhibition, Stroop et cocktail en T1, et les mesures de langage en T2, ainsi qu'entre la mesure d'inhibition motrice en T1 et le langage en T2. Ceci est partiellement vérifié.

L'indice d'inhibition comportementale et celui d'inhibition cognitive, mesurés en T1, ne sont pas significativement corrélés au score langagier, en T2, et n'ont donc pas été introduits dans les analyses de régression ultérieures. Seul l'indice d'inhibition auditive (I.cockPh10), mesuré en T1, corrèle significativement avec le score composite de langage oral en T2, après contrôle de l'âge scolaire et du raisonnement non verbal et ceci, à hauteur des corrélations mesurées pour les scores META (MétaPh) et empan envers (Mdt). Le score d'inhibition auditive (I.cockPh10), en T1, varie inversement et proportionnellement³⁸ au score composite de langage en T2. De plus, les analyses de régression réalisées ont permis de mettre en évidence un lien prédictif entre le score d'inhibition auditive (I.cockPh10), mesuré en T1, et les performances langagières globales en T2. L'inhibition auditive permet ainsi de prédire une part supplémentaire (9.5 %) de la variance résiduelle du langage en T2 après retrait des variables phonologiques (MétaPh et Mdt) et contrôle de l'influence des variables de contrôle (principalement le raisonnement non verbal car l'âge scolaire n'est pas significatif). Autrement dit, meilleure est l'inhibition auditive (diminution de l'indice), entre 4 et 6 ans, meilleures apparaissent aussi être les performances langagières deux ans plus tard (entre 6-8 ans). Ces résultats valident l'hypothèse **H3A-3.c** selon laquelle l'inhibition auditive, mesurée à 4-6 ans, permet de prédire le niveau langagier deux ans plus tard.

Les hypothèses **H3A-3.a**, concernant l'influence de l'inhibition motrice, et **H3A-3.b**, relative à l'inhibition cognitive, ne sont quant à elles pas validées. L'inhibition motrice et l'inhibition cognitive, ne corrélaient ici pas avec le langage et ces mesures n'ont pas été introduites dans les analyses de régression. Nous avons fait l'hypothèse de l'influence de l'inhibition motrice pour ne pas avoir d'hypothèse nulle mais les travaux de la littérature n'ont, jusqu'à présent, pas établi d'évidence quant à l'influence d'une telle variable sur le langage. Le fait que cette mesure plafonne déjà dans le groupe des plus jeunes, ne permet cependant pas de conclure fermement quant à l'influence ou non de cette forme d'inhibition. Notre étude n'a pas contribué à mettre en évidence l'influence de cette forme d'inhibition grâce à la tâche proposée. L'influence du contrôle comportemental (cf. : modèle de Diamond, 2013) n'est donc, à notre connaissance, pas établi dans le développement du langage. Notons que l'influence du langage, comme médiateur et régulateur du comportement est à ce jour

³⁸ Inversement en raison du calcul de cet indice

davantage connue (Pettersson & al., 2015 ; Kuhn & al., 2014). En ce qui concerne l'inhibiton cognitive non verbale de type conflit, mesurée dans une tâche de Stroop animaux) à 4-6 ans, nous ne sommes pas parvenus à mettre en évidence son caractère prédictif sur le langage oral deux ans plus tard. Ceci n'est pas conforme à nos prédictions et ne s'inscrit pas dans les derniers travaux de la littérature concernant l'influence de ce type d'inhibition sur le langage comme variable prédictrice.

Plusieurs éléments peuvent expliquer ces résultats. Le fait d'une part que le facteur langagier en T2 est un facteur composite et que l'inhibition conflit non verbale ne joue pas nécessairement le même rôle quel que soit le versant de langage étudié (lexique versus morphosyntaxe, expression versus réception), d'autre part, que ce facteur était un peu faible (43.40 % de variance expliquée des mesures de langage). Nos mesures d'inhibition ont été mesurées, entre 4 et 6 ans, il est possible que le développement ultérieur de l'inhibition cognitive permettent de prédire le niveau langagier mais ceci aurait nécessité de mesurer à nouveau, au temps 2 de l'étude, ces variables, ce que nous n'avons pas fait. De la même manière, il est possible que des influences soient mesurables entre 0 et 4 ans, ce qui n'était pas notre tranche d'âge de référence puisque le choix s'était porté pour cette thèse dans la transition entre le préscolaire et le scolaire. L'influence de l'inhibiton non verbale conflit avait cependant été mise en évidence dans notre étude 2 montrant un lien prédictif au même temps. Gooch & al. (2015), dans leur étude longitudinale, avaient de la même manière pu montrer que des liens, présents à un temps donné, n'étaient pas forcément objectivables dans une visée longitudinale.

L'influence de l'inhibition auditive de type cocktail, mesurée entre 4 et 6 ans, est en revanche avérée et permet de prédire les performances de langage oral, deux ans plus tard. Meilleure est l'inhibition auditive à 4-6 ans, meilleur apparaît être le niveau de langage oral à 6-8 ans même quand l'âge et le raisonnement non verbal sont contrôlés. La tâche cocktail sera discutée dans la discussion finale.

3.1.4. Conclusions étude 3A

Dans les limites de notre étude, le langage oral à 6-8 ans est prédit deux ans plus tôt (à 4-6 ans) par le raisonnement non verbal (17.6 % de variance expliquée) puis par les performances de langage oral, l'empan envers de chiffres (reflétant la mise à jour verbale), par les variables phonologiques/ métaphonologie (jugement de PAIRES phonologiquement proches, jugement de RIMES, empan endroit verbal : MPCT) et enfin, par l'inhibition auditive. L'inhibition, sous toutes ses formes, ne permet pas d'anticiper les performances langagières, seule l'inhibition auditive à 4-6 ans, parmi les trois types d'inhibition étudiés, permet de prédire significativement le langage oral deux ans plus tard (à 6-8 ans) dans une perspective longitudinale et dans le cadre du développement typique.

3.2. Éléments de discussion étude 3B

De manière analogue à l'étude 3A et toujours dans une visée longitudinale, les performances de déchiffrage en lecture à 6-8 ans (temps 2) ont été mises en parallèle avec les performances, mesurées deux ans plus tôt (préscolaire, 4-6 ans) de langage oral, de mémoire phonologique et de travail, d'inhibition (cognitive, motrice, auditive) (temps 1) (études 1 et 2). Le but était de savoir quels processus cognitifs et linguistiques permettaient le mieux de prédire le niveau de déchiffrage en lecture deux ans plus tard.

Concrètement pour l'étude 3 B, les liens entre déchiffrage en lecture, mesuré en T2, et performances en T1 au niveau des processus d'inhibition, de métaphonologie, de mémoire (à court terme verbale et de travail), de langage ont été étudiés. Un facteur composite de langage a été calculé sur base des différentes mesures de langage administrées en T1 et en T2. La durée d'apprentissage du langage écrit formel et le raisonnement non verbal ont été introduits comme mesures de contrôle dans nos analyses de corrélations et de régression. Les mesures établies en T1, phonologiques (Mdt, MétaPh) et d'inhibition (motrice : STATUE, conflit non verbal : I.StroopINT_err ; conflit auditif : I.CockPh10), constituaient nos variables test. Le déchiffrage en lecture a été établi sur base de deux scores l'un de précision (RC), l'autre de vitesse (TR) pour la lecture de mots réguliers, irréguliers et de pseudomots. Pour ce dernier point, les enfants de 6-7 ans commençaient l'apprentissage de l'écrit (niveau CP équivalent 3PHarmos), et étaient encore principalement dans l'analyse des conversions graphophonologiques de base avec un stock orthographique encore très pauvre. Il n'était pas très pertinent de scinder nos trois listes de mots (réguliers, irréguliers, pseudomots) et nous avons préféré juger de la précision et de la vitesse de manière globale. Une analyse sur les types de mots (réguliers, irréguliers, pseudomots) pourrait apporter des éléments complémentaires pour les degrés scolaires supérieurs.

Les analyses de corrélations réalisées, après contrôle de l'âge scolaire et du raisonnement non verbal (zQInv), montrent des corrélations significatives avec nos mesures tests

phonologiques et nos mesures d'inhibition, exclusivement auditive. Les mesures phonologiques en T1 corrélaient significativement avec la précision mais pas avec la vitesse de lecture en T2 tandis que le langage oral et l'inhibition auditive en T1 corrélaient avec la vitesse de lecture en T2. De plus, les analyses de régressions linéaires multiples, en plusieurs temps, avec méthode pas à pas, témoignent du fait que les scores de précision et de vitesse de lecture en T2 peuvent respectivement être prédits à 86.5 % et à 85.3% par nos variables de contrôle et nos variables indépendantes mesurées en T1.

Plus spécifiquement, lorsque le raisonnement non verbal et la durée d'apprentissage du langage écrit sont contrôlés, les analyses de corrélations mettent en évidence que la précision de lecture (nombre de réponses correctes) en T2 (6-8 ans) 1) varie de manière inversement proportionnelle à la précision de lecture en T2, 2) varie proportionnellement aux performances, mesurées en T1 (à 4-6 ans), de métaphonologie et de mémoire phonologique à court terme combinées (MétaPh), de mémoire de travail (Mdt) et de l'indice de précision de facilitation au Stroop (I.StroopFac_err). La précision de lecture ne corréle pas significativement, en revanche, avec le langage en T1, ni avec l'inhibition motrice ou auditive. Autrement dit, les scores de métaphonologie et d'empan endroit combinés ainsi que d'empan envers en T1 évoluent proportionnellement à la précision de lecture en T2, lorsque l'âge scolaire et le raisonnement non verbal (zQInv) sont contrôlés. La vitesse de lecture à 6-8 ans (T2) varie, quant à elle, inversement aux performances, à 4-6 ans (T1), de langage oral et plus fortement aux scores d'inhibition auditive ($r = -.501^{**}$). Aucune corrélation significative n'a pu être objectivée entre vitesse de lecture en T2 et les scores, à 4-6 ans (T1), de métaphonologie, mémoire de travail ou encore d'inhibition motrice ou cognitive.

Ces mesures ont ensuite été introduites dans des analyses de régression pas à pas en plusieurs étapes en fonction de leur pertinence selon la variable dépendante considérée, vitesse ou précision de lecture avec pour mesures de contrôle dans nos analyses, la durée d'apprentissage, et le raisonnement non verbal. La durée d'apprentissage de l'écrit, mesure de contrôle forcée, permet de prédire la plus grosse partie de la précision et de la vitesse de lecture comme attendu (respectivement : 69.4 % et 75.9 %), alors que le raisonnement non verbal, deuxième variable de contrôle, n'est pas significative dans nos analyses. Ceci va dans le sens de nos prédictions et de la logique de l'apprentissage du langage écrit. Les enfants performant davantage avec l'augmentation de la durée et de l'exposition au langage écrit ainsi que du raffinement de son apprentissage. Il est donc logique d'observer ce résultat. Pour ce qui est du raisonnement non verbal, nous n'avions pas d'hypothèse forte mais avons préféré contrôler son influence potentielle sur le langage écrit. Son influence n'est pas vérifiée dans notre étude. Le raisonnement non verbal, mesuré entre 4 et 6 ans, ne permet pas de prédire l'entrée dans le décodage en lecture pendant les deux premières années selon les résultats de cette étude. L'influence du raisonnement, dans la littérature,

est davantage mise en évidence dans les capacités de compréhension de lecture, ce que nous n'avons pas testé ici, plutôt que dans le décodage (ex. Catts & al., 2012).

Les scores de lecture en T2 sont par ailleurs prédits, pour la précision et pour la vitesse de lecture, par nos mesures test, phonologiques et d'inhibition, de manière différenciée. Reprenons spécifiquement ces données en fonctions de nos hypothèses.

3.2.1. Influence du langage oral à 4-6 ans sur la lecture en T2 (H3B-1)

Nous avons postulé une Influence du langage oral, à 4-6 ans, sur la lecture en T2. Ceci est vérifié pour la vitesse de lecture uniquement mais pas pour la précision. Ceci vérifie l'hypothèse **H3B-1** selon laquelle le niveau de langage en préscolaire permet de prédire l'entrée dans la lecture mais cela se note exclusivement en vitesse de lecture. Cette influence est aussi plus faible que celle de l'inhibition auditive (langage : 3.4 % de variance expliquées de la vitesse ; inhibition auditive : 11.1 % de variance expliquée ; la durée d'apprentissage du langage écrit : 75.8 %). Le fait d'avoir un facteur composite, tel que celui calculé par analyse factorielle pour diminuer le nombre de mesures de langage (contraintes statistiques), pourrait expliquer ces résultats. Un tel facteur entraîne en effet une perte d'informations fines puisqu'agglomérant différents paramètres du langage le rendant hétérogène (morphosyntaxe et lexique, réceptif et expressif). Certains travaux ne sont d'ailleurs pas sans montrer l'influence de liens plus particuliers entre lexique expressif et langage écrit par exemple plutôt qu'entre lexique réceptif et lecture. Il s'agit probablement d'un élément de réponse expliquant pourquoi le niveau de langage oral, mesuré à 4-6 ans, s'exprime peu (pour la vitesse) ou pas (pour la précision) significativement comparativement à d'autres mesures. Détailler les scores de langage et possiblement avoir des épreuves recrutant et mesurant le temps de réponse en langage oral et en attention (dénomination rapide automatisé, fluence verbale, go-no go) pourraient dans ce cas être une voie pour contrer ce point dans l'optique de recherches subséquentes. Une autre explication pourrait être que l'amalgame des trois listes de lecture (mots réguliers, irréguliers et pseudomots) en un score global (de précision ou de vitesse), pourrait, de la même manière que pour le facteur composite de langage oral, rendre hétérogène la mesure et ne pas permettre d'identifier précisément les facteurs explicatifs en occultant de possibles liens entre lexique orthographique et lexique général. Enfin, une dernière explication serait qu'à cette période de l'apprentissage, les enfants déchiffrent essentiellement et n'établissent pas nécessairement et d'emblée de liens avec ce qu'ils lisent, notamment pour les plus jeunes (classe de CP/niveau 1) en raison du coût important de ce mécanisme et de la situation de double tâche dans laquelle ils se trouvent. Ce dernier point n'est pas sans rappeler les travaux de Ouellette et Beer (2010) par exemple montrant l'influence du langage oral, plus précisément du lexique (définition), sur la lecture de mots irréguliers en première année d'apprentissage formel alors que l'étendue du lexique prédit

dans leur étude la compréhension et la lecture tant de pseudomots que de mots irréguliers au cycle.

En définitive, le niveau global de langage oral à 4-6 ans permet de prédire en partie la vitesse de lecture à 6-8 ans.

3.2.2. Influence des variables « métaphonologiques » et de la mémoire de travail (H3B-2)

Les mesures dites « phonologiques » à 4-6 ans contribuent, elles aussi, à prévoir l'entrée dans le langage écrit mais principalement pour la précision de lecture. Ainsi, la mémoire de travail (mesurée ici par une épreuve d'empan envers de chiffres) et le score composite, MétaPh (jugement de paires phonologiquement proches et de rimes, MPCT), mesuré à 4-6 ans permettent-ils de prédire la précision de lecture deux ans plus tard. Respectivement, 10.7 % et 3.7 % de variance de la vitesse sont expliquées dans le modèle après l'influence forte de la durée d'apprentissage du langage écrit (69.4 % de variance expliquée). L'influence de ces mesures « phonologiques » n'est pas retrouvée pour la vitesse de lecture, où la mesure combinée de métaphonologie et celle de mémoire de travail n'interviennent pas significativement. Ceci valide l'hypothèse **H3B-2** selon laquelle les mesures phonologiques contribuent à prédire l'entrée dans l'écrit toutefois, cette influence est circonscrite à la précision mais pas à la vitesse de lecture. Ceci corrobore ce qui est usuellement référencé dans les travaux de la littérature. Les facteurs, en lien avec l'hypothèse phonologique (phono et métaphonologique), apparaissent ainsi davantage en lien avec la précision de lecture (ex. : Elbro & Scarborough, 2004) alors que les performances en dénomination rapide automatisée augure davantage de la fluidité de lecture. Ces résultats confirment aussi le pouvoir explicatif de facteurs méta/phonologiques (ex. Gathercole & Baddeley, 1993 ; Poncelet, 1999) au début de l'apprentissage de la lecture (ex. : Blachman & al., 1994) et de la mémoire phonologique à court terme ou de la mémoire de travail verbale (ex. : Demont & Botzung, 2003 ; De Jong, 2006 ; Messer, Henry & Nash, 2016) sur les performances en déchiffrage.

En conclusion et dans les limites de notre étude, une meilleure mémoire de travail et de meilleures capacités méta/phonologiques en préscolaire (4-6 ans) sont un atout pour lire avec davantage de précision et pour apprendre les conversions graphophonologiques lors de l'entrée en primaire (6-8 ans) dans un système phonographémique.

3.2.3. Influence des variables d'inhibition (H3B-3)

Conformément à ce que nous avons prédit, deux mesures d'inhibition mesurées en préscolaire (4-6 ans) permettent de prédire les scores de lecture deux ans plus tard. D'une part, l'inhibition « cognitive » non verbale de type conflit (I.StroopFAC_err) explique une petite part de la variance de la précision de lecture (1.9 %) mesuré deux ans plus tôt (après la durée d'apprentissage, 69.4 %, la métaphonologie, 10.7 % et la mémoire de travail, 3.7 %). D'autre part, l'inhibition auditive (I.CockMOT10), entre 4 et 6 ans, prédit la vitesse de lecture (11.1 %) deux ans plus tard, comme premier prédicteur après la durée d'apprentissage parmi l'ensemble de nos mesures test.

Ces résultats contribuent à valider en partie l'hypothèse **H3B-3** selon laquelle l'inhibition, sous différentes formes, contribue à prévoir l'entrée dans la lecture à 6-8 ans. Toutefois, seul le point **(b)**, relatif à l'inhibition cognitive (Stroop Animaux), et le point **(c)** relatif à l'inhibition auditive (Cocktail) sont validés. La mesure d'inhibition motrice (STATUE) n'a quant à elle pas été introduite dans les analyses de régression puisque non significative dans les corrélations préliminaires. Nous n'avons donc pas d'évidence significative quant à l'implication de l'inhibition motrice (STATUE) et ne pouvons valider l'hypothèse **H3B-3.a** en raison d'un choix inapproprié pour l'épreuve ne permettant pas de conclure (effet plafond).

Ces résultats vont dans le sens de ce qui a pu être rapporté dans la littérature quant à l'implication de compétences liées aux fonctions exécutives dans le décodage (Booth, Boyle & Kelly, 2010) et plus spécifiquement de l'implication de l'inhibition dans le décodage (Blair & Razza, 2007). Néanmoins l'influence de l'inhibition non verbale/Stroop animaux reste assez mince (1.9 % de variance résiduelle expliquée). Messer, Henry & Nash (2016), quant à eux, n'avaient pas retrouvé d'influence de l'inhibition non verbale sur le décodage alors qu'ils en avaient trouvé une pour l'inhibition auditive. Les participants de leur étude avaient toutefois entre 10 et 11 ans alors que dans la nôtre, les participants sont bien plus jeunes. Dans les limites de notre étude, cela renforce l'idée que l'inhibition cognitive, de type conflit visuo-sémantique, intervient dans la précision de lecture pendant les premières années d'apprentissage explicite. Cette influence pourraient être moindre ou inexistante ultérieurement. Il est en effet possible que d'autres facteurs, une fois le décodage automatisé et un stock orthographique minimal en place, influencent davantage la lecture chez l'enfant plus âgé. Le lexique ou la morphosyntaxe pourraient ainsi permettre d'anticiper le décodage notamment en situation textuelle (ex. Ouellette & Beer, 2010) ou les représentations sémantiques être globalement plus efficaces. Rappelons dans ce sens que notre étude 1 montre un effet de l'indice I.StroopFAC_err uniquement pour le groupe de 5-6 ans mais pas celui de 4-5 ans laissant supposer la mise en place progressive de processus d'inhibition cognitive à partir de 5 ans avec une différence de profil entre les groupes de 4-5 ans et 5-6 ans. Nous avons convenu dans cette première étude, chez les plus jeunes, qu'avoir deux images présentées sur un écran d'ordinateur à la même taille, peut déjà représenter une difficulté quand il faut choisir le plus grand animal dans la réalité

(sémantiquement) soit en raison d'une immaturité de la forme sémantique, soit en raison de la prégnance des informations visuelles à l'écran. Dans l'un ou l'autre cas, la sélection de l'indice pertinent en est affectée.

En outre, dans notre étude, les performances préscolaires d'inhibition auditive, mesurées par des indices d'inhibition dans une tâche cocktail party optimisée, contribuent à prédire la vitesse de décodage lors de l'apprentissage de la lecture (entre 6-8 ans) quand la durée d'apprentissage de la lecture et le raisonnement non verbal (non significatif) sont contrôlés. Ces résultats vont cette fois dans la direction des travaux de Messer, Henry & Nash (2016) chez le préadolescent. De plus, à l'image des travaux sur l'effet cocktail party et de la reconstruction du message, et dans le cadre particulier de la dyslexie chez le jeune adulte, menés par Grataloup (2007), les résultats obtenus suggèrent ici le rôle prédictif de l'inhibition auditive, de type cocktail, en préscolaire sur la vitesse de décodage pendant les premières années d'apprentissage explicite de la lecture. Cette influence est aussi la plus importante parmi nos prédicteurs significatifs (FCLO_T1). Les enfants plus performants en inhibition auditive, entre 4 et 6 ans (plus habiles à discriminer une information verbale pertinente en fonction d'une tâche donnée) auront tendance à être plus rapides en lecture deux ans plus tard.

Scinder les types de mots (pseudomots, mots réguliers, mots irréguliers) et étudier spécifiquement l'influence de l'inhibition conflit de type verbal et non verbal, en fonction de la fréquence des mots et des graphèmes, des voisins orthographiques par exemple et ceci à partir de la fin de la première année d'apprentissage (nous avons ici testé en milieu d'année, ce qui est un peu juste pour l'entrée dans l'écrit), permettrait de documenter davantage les effets de l'inhibition. Le lien avec la compréhension écrite serait également à documenter. Il est fort probable que les effets de l'inhibition soient différents selon la fréquence des mots et le nombre de voisins orthographiques. Un mot, ou une graphie, plus fréquent/e nécessite certainement une inhibition plus importante lorsqu'il/elle entre en conflit avec un/une autre dans la lecture. Pour des voisins orthographiques, si l'un est rare et l'autre fréquent, certains réseaux suractivés doivent être inhibés, ceux du mot fréquent, afin de pouvoir énoncer le mot cible, moins fréquent, l'ensemble impliquant de répondre à un conflit. Une inhibition inefficace ne permet ainsi pas un filtrage adapté et laisse passer l'information la plus fréquente lors de la lecture de mots isolés. Dans une phrase ou un texte, les influences sémantiques, par exemple, peuvent influencer la lecture des mots. Toutes ces influences, et le jeu d'activation-inhibition qui se joue, sont importantes à considérer tant dans le développement du déchiffrage écrit que probablement dans les pathologies du développement de la lecture.

A 4-6 ans, la capacité à inhiber des informations verbales et cognitives non pertinentes pour en extraire les informations pertinentes contribuent donc à l'entrée dans l'écrit à 6-8 ans. L'inhibition conflit, mesurée à 4-6 ans, non verbale semble influencer minimalement la

précision de lecture, alors que l'inhibition verbale cocktail, à 4-5 ans, apparaît augurer majoritairement la vitesse de lecture 2 ans plus tard, lorsque la durée d'apprentissage et le raisonnement non verbal sont contrôlés. Ce dernier point laissant penser qu'ils gèrent mieux, plus rapidement, les compétitions entre informations.

Enfin, en extrapolant un peu, un lien que nous n'avons pas étudié directement ici mais qu'il semblerait intéressant d'étudier est celui du recouvrement entre les troubles du développement du langage oral et ceux du langage écrit. Ce point sera développé dans la discussion finale.

3.2.4. Conclusions de l'étude 3B

En définitive, la durée d'apprentissage explicite de la lecture (de type syllabique pour les enfants de cette étude) est un facteur prépondérant (plus de 70 % de variance expliquée) rendant compte de la précision comme de la vitesse du décodage. Le raisonnement non verbal ne semble pas entrer en jeu dans ces processus élémentaires de déchiffrage lors de l'entrée dans la lecture dans un système phonologique.

De plus, les enfants tendent à être plus précis en décodage, entre 6 et 8 ans, lorsqu'ils présentent de bonnes performances, en préscolaire, de mémoire phonologique et de métaphonologie combinées et de mémoire de travail et plus modestement lorsqu'ils sont performants en inhibition cognitive de type conflit non verbal (en précision). Ils tendent aussi à être plus rapides en décodage s'ils ont un bon niveau de langage global mais surtout s'ils ont une bonne inhibition conflit de type verbal entre 4 et 6 ans lorsque l'âge, le raisonnement et la durée d'apprentissage sont contrôlés.

L'implication de l'inhibition cognitive et auditive, dans le cadre de notre étude, va dans le sens de l'implication de mécanismes généraux, pas exclusivement linguistiques, dans l'acquisition typique du langage écrit. La présence d'un facteur commun général de type inhibition conflit (verbale et non verbale) pouvant expliquer le recouvrement de pathologies du développement du langage oral et du langage écrit dans le cadre de déficits multiples est questionnée.

Étude 4. Prédicteurs des troubles du développement du langage oral (TDL) chez l'enfant de 4 à 8 ans (étude transversale)

1. METHODOLOGIE

1.1. Méthode, problématique et hypothèses théoriques

Cette étude vise à examiner les prédicteurs des troubles spécifiques du langage oral (TDL) en vue de savoir si certaines variables permettent de prédire les troubles spécifiques du développement du langage oral et de différencier le groupe d'enfants à développement pathologique du langage (TDL) des enfants à développement typique du langage. Il est donc question d'identifier les variables (entre 4 et 8 ans) susceptibles d'influencer le développement du langage oral et de le rendre qualitativement et/ou quantitativement problématique. Pour ce faire, nous appliquerons une procédure très similaire à celle de l'étude 2, et étudierons le développement du langage oral à la lumière des autres variables couramment connues dans la littérature pour prédire le langage oral. En outre, nous voulons plus particulièrement savoir si les processus d'inhibition (sous différentes formes) influent sur le développement du langage oral dans la population TDL. La question est en définitive de savoir si des difficultés au niveau des processus d'inhibition pourraient expliquer un développement dysharmonieux du langage oral apparenté à un TDL linguistique se différenciant du développement typique. Une autre question importante est ici de savoir dans quelle mesure les TDL peuvent s'expliquer par l'existence de difficultés cognitives centrales non spécifiquement linguistiques.

Cette étude consiste donc à comparer les performances langagières de trois groupes d'enfants, l'un présentant un TDL linguistique, les deux autres présentant un développement typique (DT) du langage oral mais appariés au groupe TDL soit en âge (DT-A), soit en niveau linguistique (mais plus jeunes, DT-L).

Concrètement, nous voulons évaluer les liens entre le langage oral et les performances des processus d'inhibition, de métaphonologie et de mémoire (à court terme verbale et de travail).

Nos principales questions de recherche sont donc de savoir si les performances d'inhibition, de métaphonologie et de mémoire (à court terme verbale et de travail), permettent de prédire le niveau de langage oral et de différencier le groupe TDL des deux autres groupes d'enfants.

Nous faisons les hypothèses théoriques suivantes pour l'étude 4 :

H4-0. Le niveau de langage contribue à définir la typicalité (DT versus TDL) des groupes de développement du langage et inversement

H4-1. Les performances aux mesures *phonologiques* (mesures de mémoire de travail/mise à jour, et mémoire phonologique à court terme ainsi que de métaphonologie) permettent de prédire le niveau de langage ou le groupe de langage (avec trouble du langage : TDL versus à développement typique : DTL et DTA)

H4-2. *L'inhibition* est impliquée dans le développement du langage et permet de prédire le niveau de langage ou le groupe de langage (avec trouble du langage : TDL versus à développement typique : DTL et DTA)

1.2. Participants de l'étude 4

La population finale pour cette étude se compose de quarante-huit enfants, francophones monolingues répartis en trois groupes : un groupe avec TDL (TDL), deux groupes avec développement typique (DT) du langage, l'un apparié en âge (DT-A), l'autre apparié en niveau linguistique (DT-L). Étant donné la difficulté d'appariement sur ce dernier critère (les plus jeunes enfants testés présentaient des scores langagiers souvent bien supérieurs aux scores des enfants avec TDL plus âgés), nous avons choisi de faire nos appariements sur le niveau de compréhension morphosyntaxique des enfants qui permettait de les appairer. Les appariements ont visé à respecter le mieux possible le sexe et le niveau de raisonnement non verbal des participants.

Notons que la population d'enfants avec TDL comprenait initialement vingt-trois enfants mais certains ont dû être exclus pour les raisons suivantes : deux participants avec TDL présentaient des scores langagiers en réception trop faibles et nous n'avons pas trouvé de participants plus jeunes avec scores équivalents ; trois enfants avec TDL présentaient aussi des troubles trop massifs en expression et étaient inintelligibles, ce qui rendait impossible la transcription de leurs productions ; un enfant avec TDL qui, bien que ne s'exprimant qu'en français, était exposé à une autre langue ou à des productions déformées en français (mère hispanophone) ; un enfant qui, malgré les consignes de recrutement, présentait des signes importants de dyspraxie verbale ce qui ne permettait pas d'évaluer correctement les processus phonologiques de sortie.

Les enfants des groupes contrôle ont été recrutés dans deux écoles, d'Annecy et d'Annecy-le-Vieux (France), sous le consentement des parents. Ils ne présentaient pas de trouble auditif, de trouble du langage ou autres troubles connus.

Les enfants avec TDL sont principalement issus du recrutement auprès des logopédistes indépendants de Suisse ou de France. Ces enfants étaient en traitement au moment du recrutement. Ils devaient avoir des performances inférieures à -1.65 écart-type de la moyenne à au moins deux tests de langage testant des compétences différentes, et ne pas présenter de signe d'exclusion pour la dysphasie (i.e. absence de troubles cognitifs, d'atteinte sensorielle ou des organes phonatoires, absence de lésion, malformations ou dysfonctions neurologiques, absence de carence éducative, absence de trouble envahissant du développement). De plus, les difficultés devaient se retrouver principalement au niveau linguistique (morphosyntaxe, phonologie, lexique) mais pas au niveau pragmatique ou praxique. Un compte rendu des passations a été remis à chaque famille et à chaque logopédiste selon accord des parents.

L'ensemble des enfants ne devaient, par ailleurs, pas avoir présenté d'otites ou avoir eu des drains transtympaniques dans les six derniers mois avant la passation.

La population finale est donc composée de quarante-huit enfants répartis en trois groupes présentant les caractéristiques suivantes :

- **Groupe TDL** : 16 enfants avec TDL linguistique âgés de 65 mois (8.7 é.t.) en moyenne (5 ; 4 ans), comprenant 7 garçons et 9 filles.
- **Groupe DT-A** : 16 enfants appariés en âge, âgés de 63 mois (7.9 é.t.) en moyenne (5 ; 2 ans), comprenant 9 garçons et 7 filles.
- **Groupe DT-L** : 16 enfants appariés en niveau de compréhension, âgés de 59 mois (7.1 é.t.) en moyenne (4 ; 9 ans) comprenant 4 garçons et 12 filles.

1.3. Procédure étude 4

La procédure est similaire à celle de l'étude 2. Les enfants des groupes DT ont été vus individuellement à l'école après autorisation des parents. Les passations se sont déroulées en trois séances individuelles par enfant d'environ une heure en vue de compléter des épreuves de langage oral. De manière analogue, les enfants du groupe TDL ont été vus individuellement chez eux, au cabinet de la logopédiste, à l'école ou dans les bureaux de l'université de Genève, selon le souhait des parents. Ils ont complété les épreuves sur 3 à 4 séances de 30 minutes à 1 heure selon l'attention de l'enfant et ses difficultés à réaliser les tâches. Contrairement à la population DT, les enfants avec TDL montraient globalement plus d'appréhension face aux épreuves et à la réussite à celles-ci. Un temps a toujours été pris pour expliquer à l'enfant ce qui allait être fait, lui expliciter les consignes, le rassurer, lui fournir autant de renforcements verbaux positifs pour le mettre dans les meilleures dispositions possibles. Un temps a également été pris avec les parents pour leur

communiquer ce qui allait être et avait été fait. Chaque enfant a reçu un renforçateur à la fin de chaque séance (ex. jouets, set d'autocollants, coloriages). Après dépouillement, les parents et logopédistes du groupe TDL ont reçu un compte rendu individuel des résultats de l'enfant, les expérimentateurs restaient joignables pour toute question.

1.4. Synthèse des épreuves étude 4

Les tâches sont décrites en détail dans la procédure générale (cf. paragraphe EPREUVES LANGAGIERES) et sont strictement les mêmes que dans l'étude 2.

- Pour le langage, les enfants ont réalisé les épreuves suivantes : morphosyntaxe en réception (Ms_Réc, épreuve : ECOSSE) et en expression (Ms_Exp (cpl), épreuve : complétion de phrases ELO ; Ms_Exp (rép), épreuve : répétition de phrases ISADYL) et des épreuves de lexique en réception (Lex_Rec, épreuve : EVIP) et en production (Lex_Exp, épreuve : NEEL-vocabulaire expressif). Une analyse factorielle préliminaire a permis d'extraire un facteur unique de langage sur base des cinq épreuves précédemment citées. Ce facteur composite explique 63.76 % de variance des épreuves (avec KMO = .802 ; $p < .001$) et est considéré dans les analyses suivantes comme un facteur composite de langage global : FCLO_4).
- Les enfants ont également accompli les tâches d'empan endroit (MPCT), empan envers (Mdt), de rimes et de jugement (RIMES), de paires phonologiquement proches (PAIRES).
- Pour les tâches d'inhibition, les enfants ont effectué les épreuves d'inhibition motrice (STATUE), auditive (COCKTAIL), et de conflit non verbal (STROOP). Pour ces deux dernières épreuves, un calcul des effets d'interférence comme décrit dans la procédure générale a été réalisé pour donner les indices d'interférences Stroop et cocktail. Les mesures retenues ici sont : STATUE, I.StroopINT_err, I.CockPH10 (mesures les plus probantes ressorties dans les analyses pour les deux dernières).
- Quatre critères de contrôle ont été imposés. Deux représentent des conditions sine qua non, à savoir : seuil moyen d'audition inférieur à 20 dB HL à l'audiogramme réalisé lors de la première séance (pour des fréquences comprises entre 125 et 8000 Hz), aucun critère anamnestique d'exclusion sur base de nos critères de recrutement au questionnaire anamnestique complété par les parents. Le troisième est le score à la tâche de raisonnement non verbal (QInv) complété par chaque enfant afin de contrôler nos analyses statistiques par ce critère. Le dernier est l'âge.

Le tableau 24 synthétise les variables, leur statut, les tâches et domaines explorés.

Tableau 24. Variables, statut et épreuves pour l'étude 4.

Statut des variables	Domaines	Sous domaines/épreuves	Variables	
			simples	mesures composites, facteur, indices
dépendantes	Langage oral	morphosyntaxe (ECOSSE, ELO, ISADYL)	ms_Réc	FCLO_4
			ms_Exp (cpl)	
			ms_Exp (rép)	
		lexique (EVIP, NEEL/déno)	lex_Réc	
			lex_Exp	
indépendantes	Mémoire de travail/mise à jour	empan envers	Mdt	MétaPh
	Mémoire phonologique à court terme	empan endroit	MPCT	
	Métaphonologie	jugement de paires proches (PAIRES)	Paires	
		jugement de rimes (RIMES)	Rimes	
	Inhibition	comportementale	Statue	
		conflit (Stroop)		
indépendante ou contrôle		statut du niveau de langage	Groupe (TDL, DT-A, DT-L)	
contrôle	- Raisonnement non verbal	matrices	- Qinv	
	- Age		- âge	
contrôlées /prérequis	Audition	audiogramme tonal (125 à 8000Hz)	condition nécessaire : seuil moyen < 20dBHL	
	Antécédents	questionnaire anamnestique	condition nécessaire : critères de recrutement remplis	

FCLO_4 : facteur composite de langage oralétude 4, ms_Réc : morphosyntaxe réceptive, ms_Exp(Rép) : morphosyntaxe expressive en répétition de phrases, ms_Exp(Cpl) : morphosyntaxe expressive en complétion de phrases, lex_Réc : lexique réceptif, lex_Exp : lexique expressif, MétaPh : score-z de phonologie (moyenne des épreuves RIMES, PAIRES, empan endroit de chiffres/MPCT), MPCT : mémoire phonologique à court terme, Mdt : score de mémoire de travail (empan envers de chiffres), Statue : score au test de la Statue (inhibition motrice), I.StroopINT_err : indice d'interférence au Stroop Animaux pour les erreurs, I.CockPh10 : indice phonémique d'interférence cocktail avec un RSB de -10dB, TDL : groupe d'enfants avec trouble développemental du langage oral, DT-A : groupe d'enfants avec développement typique apparié en âge, DT-L : groupe d'enfants avec développement typique apparié en langage (compréhension morphosyntaxique).

1.5. Hypothèses opérationnelles étude 4

Après contrôle de l'âge et du raisonnement non verbal (QInv), nous prévoyons d'observer des différences de moyennes significatives dans nos analyses de variances, entre le groupe avec trouble du développement du langage (TDL) et les deux autres groupes d'enfants à développement typique (appariés en âge (DT-A) ou en langage (DT-L) pour les mesures :

- **HO4-0.1** : de langage, et ceci principalement pour le contraste DT-A/TDL

- **HO4-1.1** : phonologiques : MétaPh (score composite Rimes, Paires, MPCT) (**HO4-2a**) et de mémoire de travail (Mdt) (**HO4-2b**)
- **HO4-2.1** : d'inhibition : (STATUE) (**HO4-2.1.a**), conflit non verbal (I.StroopINT_Err) (**HO4-2.1.b**), auditive (I.CockPh10) (**HO4-2.1.c**).

Après contrôle de l'âge et du raisonnement non verbal (QInv), nous prévoyons d'observer des liens prédictifs significatifs entre :

- **HO4-0.2** : d'appariement (DT-A, DT-L, TDL) et mesures de langage (FCLO_4)
- **HO4-1.2** : mesures phonologiques, MétaPh (score composite Rimes, Paires, MPCT) (HO4-1.2a) et de mémoire de travail (Mdt) (HO4-1.2b), et langage (FCLO_4)
- **HO4-2.2** : mesures d'inhibition, (STATUE) (**HO4-2.2a**), conflit non verbal (I.StroopINT_Err) (**HO4-2.2b**), auditive (I.CockPh10) (**HO4-2.2c**), et langage (FCLO_4).

Nous nous attendons à ce que les mesures de langage (FCLO_4) (**HO4-0.3**), les mesures phonologiques (MétaPh et Mdt) (**HO4-1.3**) et d'inhibition (**HO4-2.3**), principalement de type conflit non verbal (**HO4-2.3.**) et de type auditif (**HO4-2.3.c**) et potentiellement comportemental de type (**HO4-2.3.a**) permettent de discriminer les groupes à développement typique (DT-A et DT-L)) du groupe avec trouble du langage (TDL) dans nos analyses discriminantes.

2. RESULTATS ETUDE 4

2.1. Analyses préliminaires

2.1.1. Analyses descriptives

Le tableau 25 donne les moyennes et écarts-types des variables et données principales pour chacun des trois groupes.

Tableau 25. Moyennes et écarts-types des variables et données principales pour chacun des trois groupes de l'étude 4

	Groupe DT-A, n=16		Groupe DT-L, n=16		Groupe TDL, n=16	
	Moyenne	Erreur type	Moyenne	Erreur type	Moyenne	Erreur type
QInv	17,13	4,19	15,88	2,63	15,00	4,02
âge (mois)	63,81	7,94	59,31	7,22	65,00	8,79
FCLO_4	0,72	0,66	0,37	0,53	-1,09	0,58
ms_Réc (appariement)	76,63	6,38	72,00	6,62	70,13	9,39
ms_Exp(rép)	17,19	3,87	15,38	3,10	7,88	3,18
ms_Exp(cpl)	24,88	3,12	24,06	3,73	8,69	6,77
lex_Réc	65,81	16,19	53,81	13,46	49,81	11,37
lex_Exp	89,50	8,40	82,81	8,60	56,25	14,17
rimes	14,00	0,72	13,88	3,88	13,69	3,22
paires	21,06	4,31	20,44	3,85	19,81	3,10
MPCT	5,31	1,01	4,88	0,96	4,06	0,85
Mdt	4,06	1,29	3,50	1,75	3,94	1,06
MétaPh	0,29	0,85	0,02	0,61	-0,31	0,54
statue	24,69	5,19	24,75	6,38	23,69	5,31
I.StroopINT_err	0,91	1,17	0,90	1,02	0,41	0,35
I.CockPh_10	0,17	0,10	0,18	0,12	0,25	0,08

QInv : raisonnement non verbal, FCLO_4 : facteur composite de langage oralétude 4, ms_Réc : morphosyntaxe réceptive, ms_Exp(Rép) : morphosyntaxe expressive en répétition de phrases, ms_Exp(Cpl) : morphosyntaxe expressive en complétion de phrases, lex_Réc : lexique réceptif, lex_Exp : lexique expressif, MétaPh : score-z de phonologie (moyenne des épreuves RIMES, PAIRES, empan endroit de chiffres/MPCT), MPCT : mémoire phonologique à court terme, Mdt : score de mémoire de travail (empan envers de chiffres), Statue : score au test de la Statue (inhibition motrice), I.StroopINT_err : indice d'interférence au Stroop Animaux pour les erreurs, I.CockPh10 : indice phonémique d'interférence cocktail avec un RSB de-10dB, TDL : groupe d'enfants avec trouble développemental du langage oral, DT-A : groupe d'enfants avec développement typique apparié en âge, DT-L : groupe d'enfants avec développement typique apparié en langage (compréhension morphosyntaxique).

2.1.2. Analyses de corrélations préliminaires

Les analyses préliminaires de corrélations sur les trois groupes confondus montrent des corrélations significatives entre d'une part, l'âge et le raisonnement non verbal (QInv), d'autre part, un nombre non négligeable de nos autres variables. L'âge et le raisonnement non verbal ont donc été introduits comme mesures de contrôle dans les analyses ultérieures.

2.1.3. Analyses comparatives

Après retrait de certaines données aberrantes (que nous avons ramenées au seuil des mesures acceptables des distributions /winsorisation), le contrôle de l'aplatissement et l'étendue pour chacune des variables ont montré des valeurs permettant de considérer les distributions comme normales et donc de procéder, par la suite, à des analyses paramétriques.

Dans le but de comparer le groupe avec trouble du langage (TDL) et les deux autres groupes à développement typique appariés, nous avons réalisé des analyses de variance multivariées avec :

- 1) les variables âge et raisonnement (QInv) entrées comme covariables afin de contrôler l'influence de ces paramètres sur les autres mesures
- 2) le GROUPE comme facteur fixe à 3 niveaux : DT-A, DT-L et TDL en étudiant plus spécifiquement les contrastes entre le groupe avec trouble comparativement à chacun des deux groupes à développement typique, c'est-à-dire les contrastes TDL/DT-A et TDL/DT-L
- 3) les variables indépendantes de langage (FCLO_4, ms_réc, ms_exp(cpl), ms_exp(rép), lex_réc, lex_exp), les mesures phonologiques (MétaPh, PAIRES, RIMES, MPCT, Mdt), les mesures d'inhibition (comportementale : STATUE, conflit : I.StroopINT_err, auditive : I.cockPm10)

Les résultats des effets principaux et des contrastes TDL/DT-A et TDL/DT-L sont présentés ci-après. Compte tenu du nombre important de mesures, une correction (Sidak) a été appliquée pour ajuster les seuils de significativité.

▪ Effet des covariables âge et raisonnement non verbal sur nos variables

Les analyses de variance montrent une influence de l'âge :

- sur les scores de langage : FCLO_4 $F(1,47) = 9.064$; $p = .004$, $\eta^2 = .174$; ms_réc, $F(1,47) = 12.789$; $p = .001$, $\eta^2 = .229$; sczREC, $F(1,47) = 24.884$; $p = .001$, $\eta^2 = .367$; ms_exp(cpl), $F(1,47) = 7.872$; $p = .008$, $\eta^2 = .155$; lex_réc $F(1,47) = 12.052$; $p = .001$, $\eta^2 = .219$; mais pas avec la variable répétition de phrases (ms_exp (rép), ou lexique expressif (n.s.).
- sur les mesures phonologiques : PAIRES, $F(1,47) = 6.067$; $p = .018$, η^2 partiel = .124 ; Mdt, $F(1,47) = 12.889$; $p = .001$, η^2 partiel = .231.

Elles témoignent aussi d'un effet significatif du raisonnement non verbal (QInv) sur la variable RIMES $F(1,47) = 20.825$; $p < .001$, $\eta^2 = .326$ et sur l'inhibition conflit $F(1,47) = 4.061$; $p = .050$, η^2 partiel = .086.

▪ Effet de la variable GROUPE

Une fois l'effet de l'âge et du raisonnement non verbal contrôlé, il persiste un effet significatif de la variable GROUPE sur différentes mesures au niveau :

- du langage avec les scores : FCLO_4, $F(2,43) = 53.835$; $p < .001$, $\eta^2_{\text{partiel}} = .715$; ms_réc, $F(2,47) = 4.123$; $p = .023$, $\eta^2 = .161$; ms_exp(cpl), $F(2,47) = 41.483$; $p < .000$, $\eta^2 = .659$; ms_exp(rép), $F(2,47) = 48.121$; $p < .000$, $\eta^2 = .691$, lex_réc, $F(2,47) = 7.545$; $p = .002$, $\eta^2 = .260$; lex_exp, $F(2,47) = 48.119$; $p < .000$, $\eta^2 = .691$,
- des mesures phonologiques : MPCT, $F(2,47) = 7.798$; $p < .001$, $\eta^2 = .266$; et une tendance pour le score MétaPh $F(2,47) = 2.972$; $p = .062$, $\eta^2 = .121$,
- des mesures d'inhibition : auditive I.CockPh10, $F(2,47) = 3.573$; $p = .037$, $\eta^2 = .142$, une tendance pour l'indice d'inhibition conflit I.StroopINT_Err, $F(2,47) = 3.188$; $p = .051$.

Voyons désormais où se situent les différences de moyennes selon le contraste étudié. Il est ici question de savoir si, après contrôle de l'âge et du raisonnement non verbal, il existe des différences significatives de moyennes, dans nos analyses de variance, pour chacune de nos mesures retenues, entre le groupe avec trouble du langage TDL comparativement aux deux groupes d'enfants à développement typique appariés soit en âge (DT-A) soit apparié en niveau de compréhension morphosyntaxique mais plus jeunes (DT-L).

▪ Contrastes pour les mesures de langage (après contrôle de l'âge et du QInv)

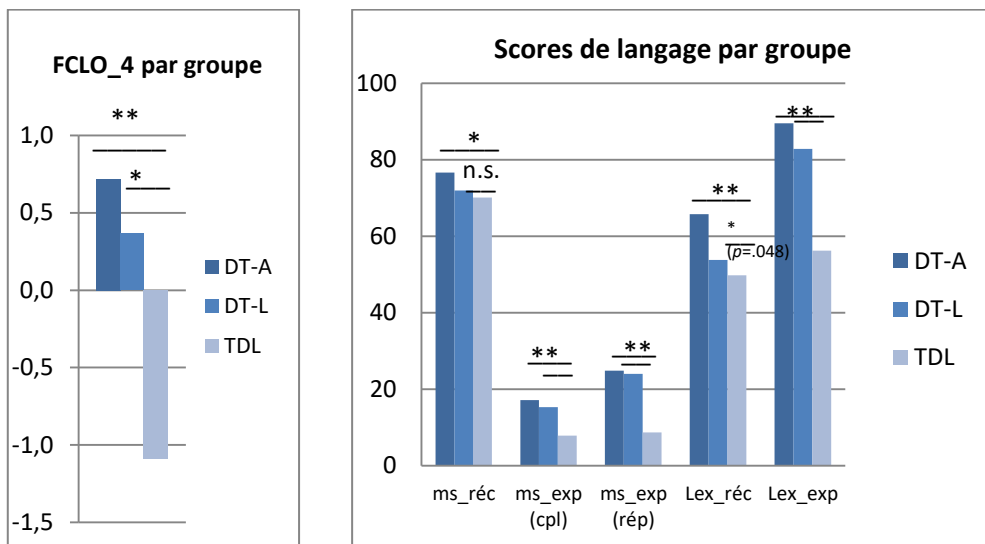
Contraste TDL/DT-A

L'analyse des contrastes, après contrôle de l'âge et du raisonnement, sont significatifs pour toutes les mesures de langage étudiées, à savoir FCLO ($p < .001$), ms_réc ($p = .007$), ms_exp(cpl) ($p < .001$), ms_exp (rép) ($p < .001$), lex_réc ($p < .001$), lex_exp ($p < .001$) (Figure 29). La dispersion autour de la moyenne est relativement similaire pour les variables FCLO_4 et ms_exp (cpl), plus importante pour le groupe DT-A pour le lexique réceptif, mais supérieure pour le groupe TDL pour la morphosyntaxe réceptivement ms_réc et presque multipliée par deux pour le groupe TDL pour le lexique expressif (TDL : 14.17 contre DT-A : 8.4).

Contraste TDL/DT-L

Le groupe avec trouble du langage (TDL) présente des moyennes plus faibles, avec une dispersion autour de la moyenne souvent plus importante, sur les mesures de langage comparativement au groupe typique apparié en langage (DT-L) quelle que soit la mesure de langage considérée hormis pour la mesure de morphosyntaxe réceptive dont la moyenne est similaire entre les deux groupes (TDL 70.13 ; DT-L : 72.00). Les scores expressifs sont largement supérieurs pour le groupe à développement typique comparativement au groupe TDL avec parfois un rapport proche de deux, voire davantage (ms_Exp (cpl) TDL : 7.88 - DT-L : 15.38 ; ms_Exp(rép) TDL : 8.69 -DT-L : 24.06 ; lex_Exp 56.25 -DT-L : 82.81). L'analyse statistique des contrastes montrent des moyennes significativement différentes entre le

groupe TDL et le groupe DT-L pour le score FCLO_4 ($p = .008$), ms_Exp (cpl) ($p < .001$), ms_Exp (rép) ($p < .001$), lex_Réc ($p < .001$), lex_Exp ($p < .001$) (Figure 29). Les moyennes pour le score de morphosyntaxe réceptive, ms_réc ($p = .067$, n.s.) ne sont pas significativement différentes pour ce contraste.

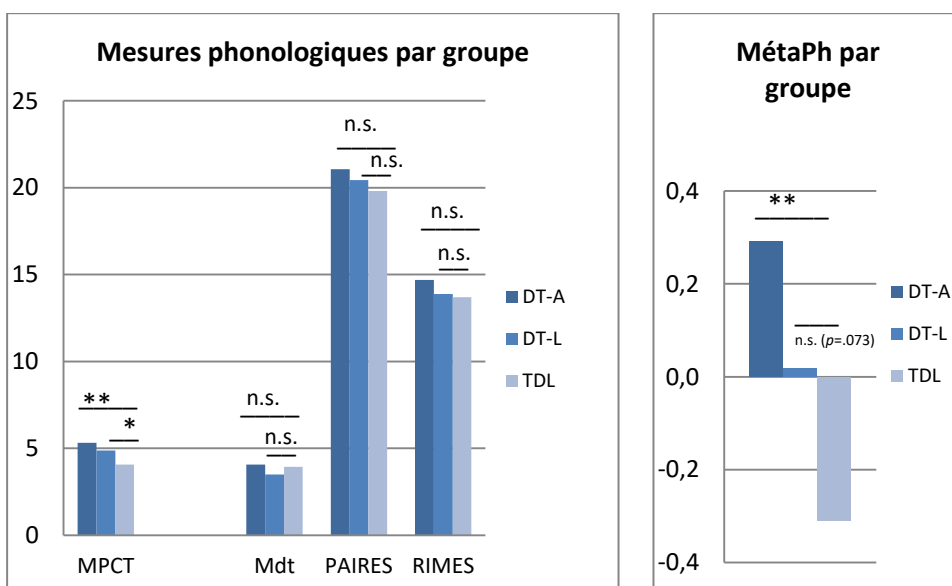


FCLO_4 : facteur composite de langage oral étude 4, ms_Réc : morphosyntaxe réceptive, ms_Exp(Rép) : morphosyntaxe expressive en répétition de phrases, ms_Exp(Cpl) : morphosyntaxe expressive en complétion de phrases, lex_Réc : lexique réceptif, lex_Exp : lexique expressif, TDL : groupe d'enfants avec trouble développemental du langage oral, DT-A : groupe d'enfants avec développement typique apparié en âge, DT-L : groupe d'enfants avec développement typique apparié en langage (compréhension morphosyntaxique).

Figure 29. Mesures de langage et facteur langagier par groupe et significativité des contrastes aux analyses de variances après contrôle de l'âge et du raisonnement non verbal (QInv).

▪ **Contrastes TDL/DT-A et TDL/DT-L pour les mesures dites « phonologiques » (MPCT, Mdt, Rimes, Paires) après contrôle de l'âge et du QInv**

L'analyse de variances pour les contrastes TDL/DT-A et TDL/DT-L permet d'objectiver des différences de moyennes significatives pour l'empan endroit de chiffres (MPCT) pour le contraste TDL/DT-A ($p < .001$) et pour le contraste TDL/DT-L ($p = .006$) ainsi que pour le score composite, MétaPh, pour le contraste TDL/DT-A ($p < .024$) et une tendance pour le contraste TDL/DT-L ($p = .073$). Les écarts de moyennes ne sont pas significatifs pour les autres mesures pour les deux contrastes. Ces résultats sont illustrés Figure 30.



MPCT : mémoire phonologique à court terme (empan endroit de chiffres), Mdt : score de mémoire de travail (empan envers de chiffres), PAIRES : jugement de paires phonologiquement proches, RIMES : jugement de rimes, MétaPh : score-z de phonologie (moyenne des épreuves RIMES, PAIRES, empan endroit de chiffres/MPCT), TDL : groupe d'enfants avec trouble développemental du langage oral, DT-A : groupe d'enfants avec développement typique apparié en âge, DT-L : groupe d'enfants avec développement typique apparié en langage (compréhension morphosyntaxique).

Figure 30. Score des mesures phonologiques et MétaPh par groupe et significativité des contrastes aux analyses de variances après contrôle de l'âge et du raisonnement non verbal (QInv).

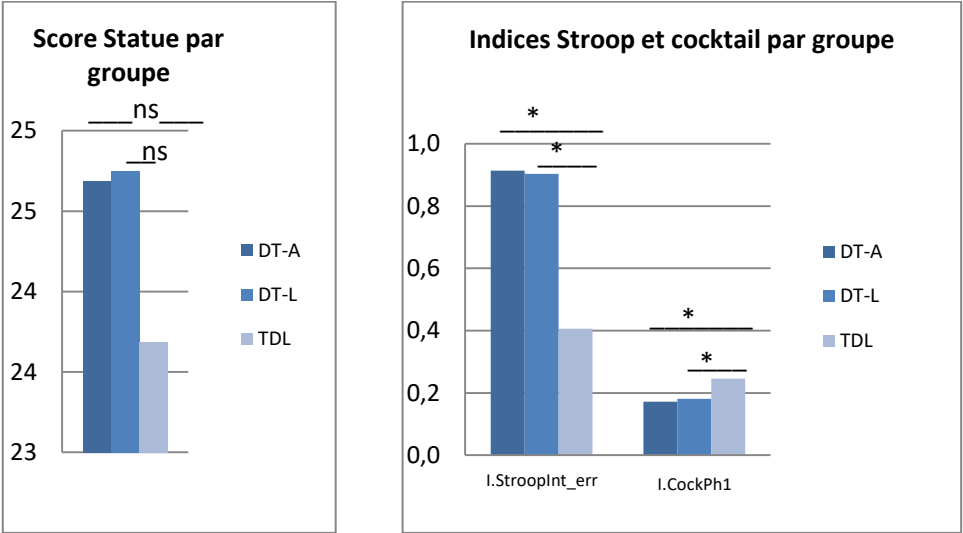
▪ Contrastes pour les mesures d'inhibition (après contrôle de l'âge et du QInv)

En ce qui concerne les mesures d'inhibition, les moyennes des scores STATUE sont relativement équivalentes pour le groupe TDL comparativement au deux groupes DT (TDL : 23.29, DT-A : 24.69, DT 24.75) et les analyses de contrastes ne sont pas significatives quel que soit le contraste étudié (TDL/DT-A ou TDL/DT-L) ($p > .05$, n.s.). Les moyennes au score STATUE ne peuvent donc être considérées comme différentes entre le groupe avec trouble du langage (TDL) et les deux autres groupes à développement typique (DT-A, DT-L) après contrôle de l'âge et du raisonnement non verbal.

Les analyses pour le score I.StroopINT_err sont quant à elles significatives pour les deux contrastes étudiés avec des moyennes significativement inférieures pour le groupe avec trouble du langage comparativement au groupe sans trouble apparié en âge DT-A ($p = .033$) et apparié en niveau linguistique DT-L ($p = .031$). Notons que les moyennes sont relativement équivalentes entre les deux groupes à développement typique (DT-A : 0.91, DT-L : 0.90) mais divisées par plus de deux, pour le groupe avec trouble du langage (TDL : 0.41). Après contrôle de l'effet de l'âge et du raisonnement, le groupe d'enfants avec

trouble du langage présente significativement de moins bonnes performances au Stroop animaux pour l'indice d'interférence en précision.

Enfin, pour l'indice cocktail, après contrôle de l'effet de l'âge et du raisonnement, l'analyse de variances montre des différences de moyennes significatives pour le contraste TDL/DT-A ($p = .027$) et pour le contraste TDL/DT-L ($p = .021$) avec une supériorité pour le groupe avec trouble du langage qui présente une moyenne des scores presque multipliée par un facteur proche de un et demi (TDL = 0.25), comparativement aux deux autres groupes, à développement typique du langage (DT-A : 0.17 et DT-L : 0.18) et dont les scores sont relativement similaires entre eux. Rappelons que le score est inversement proportionnel à la performance pour cet indice et qu'un score moindre témoigne de meilleures capacités d'inhibition auditive (Figure 31). Les moyennes des groupes à développement typique du langage (DT) sont donc significativement inférieures à celles du groupe avec trouble du langage oral TDL montrant une supériorité des performances à ce test pour les enfants à développement typique du langage.



Statue : score au test de la Statue (inhibition motrice), I.StroopINT_err : indice d'interférence au Stroop Animaux pour les erreurs, I.CockPh10 : indice phonémique d'interférence cocktail avec un RSB de-10dB, TDL : groupe d'enfants avec trouble développemental du langage oral, DT-A : groupe d'enfants avec développement typique apparié en âge, DT-L : groupe d'enfants avec développement typique apparié en langage (compréhension morphosyntaxique).

Figure 31. Score à la tâche STATUE et indices d'inhibition de type conflit non verbal (Stroop animaux) et d'inhibition auditive (Cocktail) par groupe et significativité des contrastes aux analyses de variances après contrôle de l'âge et du raisonnement non verbal (QInv).

▪ **Synthèse de nos mesures pour les contrastes étudiés**

Le tableau suivant synthétise les contrastes étudiés objectivés dans les analyses de variances dans l'étude 4.

Tableau 26. Synthèse des contrastes entre TDL/DT-A et TDL/DT-L.

		TDL/DT-A	TDL/DT-L
Mesures de langage	ms_Rec	TDL<DT-A	ns
	ms_Exp(cpl)	TDL<DT-A	TDL<DT-L
	ms_Exp(rép)	TDL<DT-A	TDL<DT-L
	lex_Réc	TDL<DT-A	TDL<DT-L
	lex_Exp	TDL<DT-A	TDL<DT-L
	FCLO_4	TDL<DT-A	TDL<DT-L
Mesures “phonologiques”	Rimes	ns	ns
	Paires	ns	ns
	MPCT	TDL<DT-A	TDL<DT-L
	Mdt	ns	ns
	MétaPh	TDL<DT-A	ns
Mesures d’inhibition	Statue	ns	ns
	I.StroopINT_err	TDL<DT-A	TDL<DT-L
	I.CockPh10	TDL>DT-L	TDL>DT-L
		i.e.inhibition auditive moins bonne pour TDL	i.e. inhibition auditive moins bonne pour TDL

FCLO_4 : facteur composite de langage oralétude 4, ms_Réc : morphosyntaxe réceptive, ms_Exp(Rép) : morphosyntaxe expressive en répétition de phrases, ms_Exp(Cpl) : morphosyntaxe expressive en complétion de phrases, lex_Réc : lexique réceptif, lex_Exp : lexique expressif, MétaPh : score-z de phonologie (moyenne des épreuves RIMES, PAIRES, empan endroit de chiffres/MPCT), MPCT : mémoire phonologique à court terme, Mdt : score de mémoire de travail (empan envers de chiffres), Statue : score au test de la Statue (inhibition motrice), I.StroopINT_err : indice d’interférence au Stroop Animaux pour les erreurs, I.CockPh10 : indice phonémique d’interférence cocktail avec un RSB de-10dB, TDL : groupe d’enfants avec trouble développemental du langage oral, DT-A : groupe d’enfants avec développement typique apparié en âge, DT-L : groupe d’enfants avec développement typique apparié en langage (compréhension morphosyntaxique). ns : non significatif.

2.2. Analyses de corrélations

Afin d’appréhender les liens entre le langage et les variables test phonologiques (MétaPh et Mdt) et les variables d’inhibition (STATUE, I. StroopINT_err, I.CockPh10), des corrélations partielles ont été réalisées en contrôlant l’âge et le raisonnement non verbal (QInv). Le tableau suivant résume ces corrélations. Différentes mesures n’ont pas été considérées dans ces analyses afin de diminuer le nombre de variables pour les analyses statistiques.

Tableau 27. Corrélations partielles entre mesures de langage et mesures tests pour les 3 groupes confondus (DT-A, DT-L, TDL) de l’étude 4.

	FCLO_4	MétaPh	Mdt	Statue	I.CockPh10	I.StroopINT_err
FCLO_4	1					
MétaPh	,468**	1				
Mdt	,215	,268	1			
Statue	,113	-,086	,116	1		
I.CockPh10	-,490**	-,221	-,082	-,062	1	
I.StroopINT_err	,354*	,047	-,118	-,035	-,319*	1

** . La corrélation est significative au niveau 0.01. ; * . La corrélation est significative au niveau 0.05. ;

variable de contrôle : âge et raisonnement non verbal (Qinv)

FCLO_4 : facteur composite de langage oralétude 4, MétaPh : score-z de phonologie (moyenne des épreuves RIMES, PAIRES, empan endroit de chiffres/MPCT), MPCT : mémoire phonologique à court terme, Mdt : score de mémoire de travail (empan envers de chiffres), Statue : score au test de la Statue (inhibition motrice), I.StroopINT_err : indice d’interférence au Stroop Animaux pour les erreurs, I.CockPh10 : indice phonémique d’interférence cocktail avec un RSB de-10dB, TDL : groupe d’enfants avec trouble développemental du langage oral, DT-A : groupe d’enfants avec développement typique apparié en âge, DT-L : groupe d’enfants avec développement typique apparié en langage (compréhension morphosyntaxique).

- Mesures de langage et mesures phonologiques (de métaphonologie et de mémoire)

Le facteur composite de langage (FCLO_T4) corrèle significativement et positivement avec la mesure composite MétaPh (de métaphonologie et mémoire phonologique à court terme) « phonologiques » après contrôle de l'âge et du raisonnement non verbal mais pas avec l'empan envers de chiffres (MdT). Le score de langage et le score composite de métaphonologie et mémoire à court terme verbale varient significativement de manière proportionnelle.

- Mesure de langages et mesures d'inhibition

Après contrôle de l'âge et du raisonnement, le facteur composite de langage (FCLO_T4) corrèle significativement avec deux des trois mesures d'inhibition. Il corrèle significativement et inversement avec l'indice d'inhibition auditive I.CockPh10 et il s'agit de la corrélation la plus importante retrouvée parmi l'ensemble de nos mesures test. Rappelons pour l'indice I.CockPh10 que meilleure est la performance, plus l'indice est faible. Il corrèle par ailleurs significativement et positivement avec l'indice d'interférence d'inhibition cognitive de type conflit I.StroopINT_err. Autrement dit, les performances globales de langage varient inversement proportionnellement au score d'inhibition auditive et proportionnellement au score d'inhibition cognitive.

- Mesures test entre elles

Une corrélation significative négative entre l'indice d'inhibition auditive (I.CocktPh10) et l'indice d'inhibition cognitive (I.StroopINT_err.) montrent que ces deux indices varient de manière inversement proportionnellement entre eux lorsque l'âge et le raisonnement sont contrôlés.

- Éléments de synthèse

Les analyses de corrélations partialisées, avec contrôle de l'âge et du raisonnement non verbal, ont permis de mesurer des corrélations significatives entre le facteur composite de langage (FCLO_4) et 1) la mesure MétaPh 2) les indices d'inhibition auditive (I.CockPH10) et d'inhibition conflit (I.StroopINT_err) d'une part, entre les ces deux derniers indices d'inhibition entre eux d'autre part.

2.3. Résultats des analyses de régression - étude 4

De manière similaire aux études précédentes, nous voulons ici savoir si nos variables test permettent de prédire le niveau de langage oral global et plus spécifiquement dans cette étude, les TDL. Toujours dans un souci de réduire le nombre de variables afin d'optimiser les analyses statistiques, nous avons ici aussi sélectionné différentes mesures nous paraissant refléter aux mieux les attentes sur le plan théorique.

Afin de savoir quels sont les meilleurs prédicteurs du langage, nous avons réalisé des analyses de régression avec le facteur composite de langage oral (FCLO_4) comme variable dépendante. Nous avons procédé en quatre temps avec, dans un premier, second et troisième temps, nos variables de contrôle à savoir, l'âge, le raisonnement non verbal (QInv) et le groupe langage (DT-A, DT-L, TDL) comme variables forcées. Enfin, les variables indépendantes ont été introduites en mode pas à pas : MétaPh, I.StoopINT_err, I.CockPh10.

Nous avons dans un premier temps réalisé ces analyses avec l'ensemble des trois groupes puis en considérant l'un des deux groupes à développement typique et le groupe TDL (DT-A/TDL, $n = 32$; DT-L/TDL, $n = 32$) afin de savoir si le groupe d'appariement constitue un facteur discriminant entre les groupes à développement typique, appariés en âge et en niveau de langage, et le groupe TDL. Les résultats sont détaillés ci-après par variables dépendantes successives.

■ Analyse pour l'ensemble des 3 groupes (DT-A, DT-L, TDL)

Le modèle explique 71.7 % de variance du facteur langage FCLO_4. Le raisonnement (QInv) explique 14.9 % de la variance, $F(1,45) = 8.230$; $p = .006$, le groupe explique 47.2 % ($F(1,44) = 60.521$; $p < .001$), l'indice d'inhibition auditive I.CockPh10, 5.8 %, $F(1,43) = 8.810$; $p = .005$, enfin, la variable phonologique scMETA 3.2 %, $F(1,42) = 5.309$; $p = .026$. L'âge n'est pas significatif dans ce modèle. Le Tableau 28 détaille les statistiques du modèle.

Tableau 28. Statistiques des modèles de régression pour le facteur langage, avec les 3 groupes, de l'étude 4.

	% de variance expliquée	B	Ecart standard	Bêta	t	Sign.
(Constante)		1,042	,681		1,531	,133
âge		,004	,012	,030	,312	,757
Qinv	14.9	,035	,026	,134	1,359	,181
GROUPE	47.2	-,695	,107	-,583	-6,514	,000
I.CockPh10	5.8	-2,241	,806	-,234	-2,780	,008
MétaPh	3.2	,306	,133	,219	2,304	,026

QInv : mesure de raisonnement non verbal, GROUPE : groupe de langage comprenant 3 niveaux (TDL, DT-A, DT-L), TDL : groupe d'enfants avec trouble développemental du langage oral, DT-A : groupe d'enfants avec développement typique apparié en âge, DT-L : groupe d'enfants avec développement typique apparié en langage (compréhension morphosyntaxique), I.CockPh10 : indice phonémique d'interférence cocktail avec un RSB de-10dB, MétaPh : score-z de phonologie (moyenne des épreuves RIMES, PAIRES, empan endroit de chiffres/MPCT), MPCT : mémoire phonologique à court terme.

La question est maintenant de savoir si notre variable dépendante de langage (FCLO_4), le groupe TDL se différencie bien des deux groupes à développement typique du langage, l'un apparié en âge (DT-A), l'autre apparié en niveau de compréhension langagière mais plus jeune (DT-L) et de savoir, pour chacun de ces contrastes, quelles mesures tests prédisent le mieux les scores de langage. De la même manière, nous avons réalisé des analyses de régression en 4 temps avec les mesures de contrôle âge, raisonnement, groupe (à 2 niveaux) comme variables forcées pour les premier, deuxième et troisième temps et les mesures indépendantes : MétaPh, I.cockPh10, I.StroopINT_err.

▪ Analyse pour les groupes TDL/DT-A

Le raisonnement (QInv) permet de prédire 20.4 % du facteur langage (FCLO_4), ($F(1,29) = 8,259$; $p = .008$, le facteur GROUPE, 54.6 %, $F(1,28) = 89.558$; $p < .001$, l'indice d'inhibition auditive, I.CockPh10, 4.5 %, $F(1,27) = 9.647$; $p = .004$ et enfin, le score MétaPh, 2 %, $F(1,26) = 4.879$; $p = .036$.

Une seconde analyse similaire a été conduite afin de savoir si, une fois l'effet du groupe de l'inhibition auditive et du MétaPh retiré, une part de variance du facteur langage pouvait encore être expliquée. L'inhibition conflit stroop explique alors 3.9 % de la variance restante du FCLO_4, $F(1,28) = 89.558$; $p < .001$.

Le tableau 28 résume les statistiques de ces analyses.

Tableau 28. Statistiques des modèles de régression du facteur langage, pour les groupes appariés en âge (DT-a/TDL) de l'étude 4.

VD : FCLO_4	varibales prédictrices	% de variance expliquée	B	Ecart standard	Bêta	t	Sig.
Groupes DT-A/TDL	(Constante)		,268	,679		,394	,697
	âge		,011	,012	,080	,870	,392
	QInv	20.4	,047	,023	,179	2,053	,050
	Groupe	54.6	-,681	,089	-,626	-7,629	,000
	I.CockPh10	4.5	-2,593	,854	-,221	-3,037	,005
	MétaPh	2	,280	,127	,193	2,209	,036
	(Constante)		-2,496	1,308		-1,908	,067
	âge		-,008	,025	-,062	-,337	,739
	Qinv		,161	,049	,608	3,278	,003
	I.StroopINT_err	3.9	,403	,186	,324	2,167	,039

Analyse 2 : retrait des variables : groupe, I.CockPh10, MétaPh
 VD : variable dépendante, QInv : mesure de raisonnement non verbal, GROUPE : groupe de langage, TDL : groupe d'enfants avec trouble développemental du langage oral, DT-A : groupe d'enfants avec développement typique apparié en âge, DT-L : groupe d'enfants avec développement typique apparié en langage (compréhension morphosyntaxique), I.CockPh10 : indice phonémique d'interférence cocktail avec un RSB de-10dB, MétaPh : score-z de phonologie (moyenne des épreuves RIMES, PAIRES, empan endroit de chiffres/MPCT), MPCT : mémoire phonologique à court terme.

■ Analyse pour les groupes TDL/DT-L

Trois analyses successives ont été menées. La première, avec l'ensemble des variables de contrôle (âge, QInv, GROUPE) et variables indépendantes (MétaPh, I.CockPh10, I.StoopINT_err). La seconde et la troisième, en retirant les variables influentes pour savoir si, une fois leur effet retiré, la variance restante du facteur langage pouvait encore être expliquée par d'autres mesures.

La première analyse explique 62,9 % de la variance du facteur langage (FCLO_4) exclusivement avec le facteur GROUPE $F(1,29) = 66,983$; $p < .001$.

La seconde analyse (avec retrait du facteur groupe) explique 13,8 % de variance résiduelle du facteur langage (FCLO_4), $F(1,28) = 5,125$; $p = .032$, avec l'indice d'inhibition auditive cocktail (I.CockPh10).

Enfin, la troisième analyse (avec retrait de l'indice cocktail) explique 13,5 % de la variance restante du facteur langage (FCLO_4), $F(1,28) = 4,969$; $p = .034$ avec le score MétaPh, 17,3 % avec l'indice d'inhibition cognitive non verbale (I. stroopINT_err), $F(1,27) = 7,984$; $p = .009$.

Le tableau 29 résume les statistiques de ces analyses.

Tableau 29. Statistiques des analyses de régression pour les groupes appariés en langage (TDL/DT-L) concernant le facteur langage.

VD : FCLO_4		variables prédictrices	% de variance expliquée	B	Ecart standard	Bêta	t	Sig.
Groupes DT-L et TDL	analyse 1	(Constante)		1,473	,743		1,982	,057
		âge		,030	,013	,276	2,357	,026
		QInv		,020	,030	,075	,674	,506
		GROUPE	62.9	-1,611	,197	-,888	-8,184	,000
	analyse 2	(Constante)		-,003	1,226		-,003	,998
		âge		-,016	,020	-,143	-,800	,430
		Qinv		,086	,049	,313	1,740	,093
		I.CockPh10	13.8	-3,311	1,462	-,374	-2,264	,032
	analyse 3	(Constante)		,022	1,099		,020	,984
		âge		-,017	,018	-,154	-,957	,347
		QInv		,029	,050	,108	,589	,561
		MétaPh	13.5	,778	,270	,496	2,886	,008
		I.StroopINT_err	17.3	,491	,174	,422	2,826	,009

VD : variable dépendante, QInv : mesure de raisonnement non verbal, GROUPE : groupe de langage, TDL : groupe d'enfants avec trouble développemental du langage oral, DT-A : groupe d'enfants avec développement typique apparié en âge, DT-L : groupe d'enfants avec développement typique apparié en langage (compréhension morphosyntaxique), I.CockPh10 : indice phonémique d'interférence cocktail avec un RSB de-10dB, I.StroopINT_err : indice d'interférence au Stroop Animaux pour les erreurs, MétaPh : score-z de phonologie (moyenne des épreuves RIMES, PAIRES, empan droit de chiffres/MPCT), MPCT : mémoire phonologique à court terme.

2.4. Résultats de l'analyse discriminante sur le facteur composite de langage (FCLO_4) selon le groupe (DT-A, DT-L, TDL)

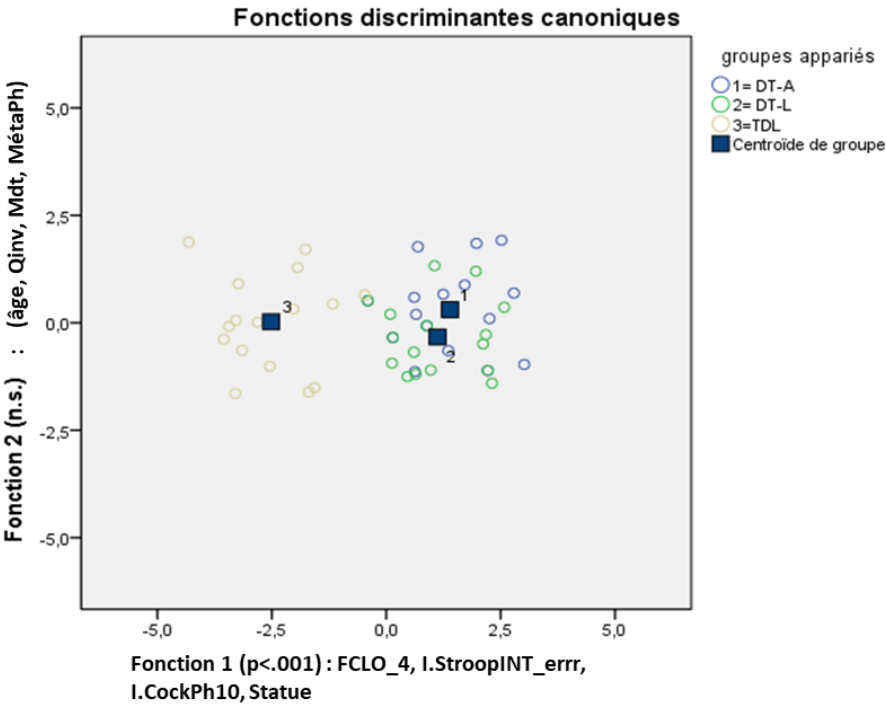
Une des questions à laquelle nous nous intéressons ici est de savoir quelles sont les différences entre les groupes de langage. Afin de donner des éléments de réponse à cette question, nous avons réalisé une analyse discriminante pour la variable GROUPE (de langage) à trois dimensions (DT-A, DT-L, TDL). Nous cherchons donc à savoir quelles sont les différences que l'on peut déterminer, à l'aide des variables mesurées, pour les trois groupes connus. Il est question de savoir quelles sont les variables qui permettent de spécifier ces groupes et de prédire, pour un individu donné, son groupe d'affectation à partir des scores aux variables sélectionnées au sein d'une fonction de représentation. Nous avons donc réalisé une analyse discriminante avec pour variable de regroupement la variable « Groupe » qui prenait trois valeurs prédéfinies selon le groupe de langage des enfants (1 : DT-A ; 2 : DT-L ; 3 : TDL). Comme variables indépendantes entrées pour cette analyse, nous avons considéré : 1) nos variables de contrôle : âge et raisonnement non verbal (QInv) ; 2) le facteur composite langage global : FCLO_4 ; 3) les variables tests suivantes : FCLO_4, MétaPh, Mdt, Statue, I.StroopInt_err, I.CockPh10, âge, raisonnement non verbal.

Les résultats de cette analyse montrent que la répartition selon le groupe langage à trois niveaux peut se faire selon une fonction significative unique expliquant 97.9 % de variance cumulée ($\chi^2(16) = 64.239$; $p < .001$; lambda de Wilks = .213). Cette fonction est réduite à quatre variables à savoir : le facteur langage (FCLO_4) et les trois mesures d'inhibition : statue, indices d'inhibition (auditive : I.CockPh10 et non verbale conflit : I.StroopINT_err). La fonction 2, calculée sur base des autres variables, n'est pas significative ($p > .05$).

La répartition des groupes (cf. Figure 32) se fait ainsi selon un axe vertical scindant le groupe TDL des deux autres groupes à développement typique (DT-A, DT-L). Les centroïdes des groupes se répartissent autour de cet axe avec du côté gauche celui du groupe avec trouble du langage (TDL) et du côté droit celui des groupes à développement typique lesquels sont relativement proches l'un de l'autre. La répartition des centroïdes sur le plan horizontal ne se distingue pas significativement.

Selon cette fonction, le pourcentage de bon classement est de 72.9 %. La répartition par groupe n'est pas équivalente : 93.8 % de bon classement dans le groupe TDL alors que le pourcentage de mauvais classement au sein des groupes à développement typique est variable (50 et 75 % respectivement pour les groupes DT_A, DT-L). Dans le groupe TDL, les 6.8 % de mauvais classement le sont au profit du groupe d'enfants plus jeune (TDL). En revanche, pour les groupes à développement typique, aucun mauvais classement ne se fait au profit du groupe avec trouble du langage, les mauvais classements restent dans la catégorie développement typique. En effet, au sein des groupes à développement typique apparié en âge (DT-A), 50 % pourraient être classés dans le groupe à développement

typique plus jeune (DT-L) quand 25 % du groupe 2 (DT-L) pourraient être classés dans le groupe plus âgé à développement typique (TD-A).



Fonction 1 (significative) représentée par les variables : facteur langage (FCLO_4) et l'indice d'inhibition auditive (I.CockPhm10), l'indice d'inhibition cognitive conflit (I.StroopINT_err), la Statue

Fonction 2 (non significative) représentée par les autres variables : MétaPh, âge, QInv, Mdt

QInv : mesure de raisonnement non verbal, TDL : groupe d'enfants avec trouble développemental du langage oral, DT-A : groupe d'enfants avec développement typique apparié en âge, DT-L : groupe d'enfants avec développement typique apparié en langage (compréhension morphosyntaxique), I.CockPh10 : indice phonémique d'interférence cocktail avec un RSB de-10dB, I.StroopINT_err : indice d'interférence au Stroop Animaux pour les erreurs, MétaPh : score-z de phonologie (moyenne des épreuves RIMES, PAIRES, empan endroit de chiffres/MPCT), MPCT : mémoire phonologique à court terme.

Figure 32. Représentation des fonctions discriminantes canoniques pour la variable GROUPE.

2.5. Éléments de synthèse de l'étude 4

Le tableau 30 présenté en annexes (annexe VI) résume les résultats de l'étude 4.

3. ELEMENTS DE DISCUSSION DE L'ETUDE 4

Dans le but de savoir quelle est la part contributive de l'inhibition, en regard des mesures phonologiques (Mdt, MPCT, métaphonologie), dans les troubles développementaux du langage oral, les performances de langage et de mesures tests (inhibition, mesures phonologiques) d'un groupe d'enfant avec trouble du langage (TDL) ont été mises en perspective avec celles de deux autres groupes d'enfants à développement typique appariés en âge et en niveau de langage. Afin d'identifier des variables susceptibles de présager des TDL, nous avons réalisé des analyses de variance multivariées pour l'ensemble de nos mesures permettant d'objectiver des différences de moyennes significatives entre nos groupes sur les différentes mesures. Nous avons ensuite réalisé des analyses de corrélations (sur les principales mesures) afin de révéler des liens potentiels entre le langage et nos mesures test (phonologiques et d'inhibition) puis des analyses de régressions (sur les principales mesures) pour rendre compte des variables permettant le mieux de prédire le niveau de langage pour l'ensemble des enfants puis selon le type d'appariement (âge ou langage). Enfin, une analyse discriminante nous a permis de révéler quel groupe de variables permettait le mieux de distinguer les enfants présentant un trouble du développement du langage des enfants qui n'en présentaient pas.

3.1. Analyse de variances

3.1.1. Variables de langage

Préalablement, au-delà des critères d'appariement (âge pour le contraste DT-A/TDL et niveau de compréhension morphosyntaxique pour le contraste DT-L/TDL), nous avons voulu savoir si nos trois groupes se distinguaient sur base des mesures de langage et pouvaient déterminer les groupes d'appartenance.

Une fois l'âge et le raisonnement non verbal contrôlé, les analyses de variance pour l'ensemble des trois groupes ont montré qu'un effet du groupe d'appariement (GROUPE) existe pour toutes les mesures langage : FCLO_4, ms_réc, ms_exp (cpl), ms_exp (rép), lex_réc, lex_exp. Ces différences sont également significatives pour les contrastes DT-A/TDL et pour contraste le DT-L/TDL, hormis pour le score d'appariement de compréhension morphosyntaxique (ms_réc) pour le contraste DT-A/TDL. Le groupe d'enfants avec troubles présente donc des performances langagières inférieures aux deux autres groupes hormis pour le score d'appariement de langage pour le contraste DT-L/TDL et ceci contribue à déterminer le groupe. Autrement dit, les scores de langage contribuent à déterminer si les enfants présentent ou non un TDL. La question des limites liées aux appariements sera discutée dans la discussion finale.

3.1.2. Variables phonologiques

Sur cette base, nous avons aussi voulu savoir si, au-delà des scores langagiers, les performances des mesures phonologiques (mesures de mémoire de travail/mise à jour, et mémoire phonologique à court terme ainsi que de métaphonologie) permettaient de distinguer les groupes de langage à savoir, avec trouble du langage (TDL) versus groupe à développement typique (DTL et DTA). Les analyses de variance multivariées sur la variable GROUPE, lorsque le l'âge et le raisonnement sont contrôlés, ont montré des différences de moyennes sur la mesure phonologique MPCT pour l'ensemble des trois groupes ainsi que pour chacun des contrastes étudiés : DT-A/TDL et DT-L/TDL. Un écart significatif de moyennes pour le score MétaPh a aussi pu être objectivé pour le contraste DT-A/TDL avec seulement une tendance à la significativité pour l'ensemble des trois groupes ou pour le contraste DT-L/TDL. Pour les autres mesures phonologiques prises isolément, RIMES et PAIRES ainsi que pour l'empan envers (Mdt) les différences ne sont pas significatives pour les trois groupes confondus de même que pour les contrastes DT-A/TDL et DT-L/TDL.

Les trois groupes ne se distinguent donc pas entre eux, ni deux à deux par rapport au groupe TDL, sur base des mesures de jugement de rimes, de jugement de paires phonologiquement proches et d'empan envers prises isolément. Ceci valide l'hypothèse **HO4-1.1.a** exclusivement pour le contraste TDL/DT-A et tend à valider l'hypothèse pour le contraste TDL/DT-L. En revanche, pour ce qui a trait à l'empan envers, mesurant la mémoire de travail, nous ne pouvons valider l'hypothèse **HO4-1.1.b** pour aucun des deux contrastes ni même pour l'ensemble des trois groupes.

En définitive, parmi les mesures dites « phonologiques », nous pouvons avancer que les enfants avec troubles du développement du langage (TDL), présentent de moins bonnes performances de mémoire phonologique à court terme ou pour la combinaison de scores de métaphonologie et mémoire phonologique à court terme à âge équivalent (significative pour le contraste DT-A/TDL, avec tendance pour le contraste DT-L/TDL pour le score combiné MétaPh) entre 4 ½ ans à 5 ½ ans, lorsque l'âge et le raisonnement sont contrôlés. Ces performances contribuent par ailleurs à rendre compte du groupe de langage (TDL versus DT) lorsque l'âge et le raisonnement sont contrôlés. Nous ne pouvons toutefois pas conclure que les enfants avec troubles du développement du langage (TDL) présentent de moins bonnes performances de mémoire de travail ou isolément de jugement de rimes ou de paires phonologiquement proches. Ce dernier point ne reflète pas ce qui a pu être rapporté dans la littérature notamment chez des enfants plus âgés ou pour composantes spécifiques isolées du langage oral (ex. Delage & Frauenfelder, 2012). En ce qui nous concerne, les analyses ont été menées sur un facteur composite de langage global. Ces aspects seront discutés par la suite.

Autrement dit, entre 4 ½ ans à 5 ½ ans, les performances de mémoire phonologique à court terme contribuent à différencier les enfants selon qu'ils présentent ou non un trouble du

développement du langage ainsi qu'à âge équivalent la combinaison de cette mesure (MPCT) et de la métaphonologie (MétaPh) lorsque l'âge et le raisonnement sont contrôlés. La mesure d'empan envers de chiffres n'y contribue, quant à elle, pas de même que certaines mesures prises isolément de métaphonologie.

3.1.3. Variables d'Inhibition

De la même manière, nous avons voulu savoir si l'inhibition de différents types (motrice, cognitive non verbal/conflit, auditive/cocktail) permettait de distinguer les groupes de langage (trouble du langage : TDL versus développement typique : DTL et DTA).

Les analyses de variances réalisées sur le facteur groupe, en contrôlant l'âge et le raisonnement non verbal, montrent aussi des différences significatives de moyennes sur les mesures d'inhibition auditive (I.CockPh10) et d'inhibition cognitive non verbale de type conflit pour chacun des deux contrastes étudiés TDL/DT-A et TDL/DT-L. En revanche, les moyennes ne sont pas significativement distinctes pour l'inhibition motrice, tout groupe confondu ou selon les contrastes étudiés. Ceci valide les hypothèses **HO4-2.1.b** (inhibition cognitive non verbale) et **HO4-2.1.c** (inhibition auditive) mais pas l'hypothèse **HO4-2.1.a** (inhibition motrice).

Selon ces résultats, le groupe avec trouble du développement du langage présente de moins bonnes performances d'inhibition non verbale de type conflit (I.StroopINT_err) et d'inhibition auditive (I.CockPh10) que les enfants à développement typique et ceci contribue à le distinguer des groupes de langage à développement typique (DT-A ou DT-L) lorsque l'âge et le raisonnement non verbal sont contrôlés. Les performances d'inhibition motrice, quant à elles, ne se distinguent pas significativement pour le groupe TDL et ne reflètent pas, à elle seules, le fait d'appartenir à un groupe d'enfants avec développement typique du langage, versus atypique, lorsque l'âge et le raisonnement sont contrôlés.

3.2. Corrélations

Les analyses de corrélations contrôlées par l'âge et le raisonnement non verbal, pour les trois groupes confondus, attestent de corrélations significatives entre le facteur langage (FCLO_4) et différentes mesures tests : MétaPh (métaphonologie et mémoire à court terme combinées), indice d'inhibition non verbale de type conflit (I.StroopINT_err.) et plus fortement avec l'inhibition auditive (I.CockPh10). Notons aussi l'existence d'une corrélation entre ces deux derniers indices d'inhibition dans cette étude (avec les trois groupes de langage confondus). Les performances de langage varient donc proportionnellement à la combinaison des performances de mémoire phonologique à court terme verbale et de métaphonologie, aux performances d'inhibition cognitive et plus fortement aux

performances d'inhibition auditive. Ces résultats tendent donc à montrer que meilleurs sont l'inhibition auditive, l'inhibition conflit et le score combiné de métaphonologie et de mémoire phonologique à court terme verbale, meilleur est aussi le niveau de langage. Par ailleurs, les performances d'inhibition auditive (Cocktail) varient également de manière proportionnelle³⁹ à celles de l'inhibition non verbale de type conflit (Stroop) lorsque l'âge et le raisonnement sont contrôlés. Il existe donc des liens d'une part entre le langage et les mesures phonologiques combinées de métaphonologie et mémoire phonologique à court terme, 2) entre le langage et l'inhibition de type auditif et non verbal conflit, 3) des liens entre inhibition auditive et inhibition non verbale de type conflit.

3.3. Analyses de régression

Il ressort de nos analyses de régression, pas à pas, en plusieurs temps, tous groupes confondus (DT-L, DT-A, TDL), que les principaux prédicteurs du langage (FCLO_4) par ordre d'importance sont : 1) le groupe d'affectation de langage : GROUPE (47.2 % de variance expliquée), 2) le raisonnement non verbal (variable contrôle) : QInv (14.9 % de variance expliquée), suivis de l'indice d'inhibition auditive : I.CockPh10 (5.8 % de variance expliquée), et enfin de la mesure combinée de métaphonologie et mémoire phonologique : MétaPh (3.2 % de variance expliquée). Autrement dit, pour l'ensemble des enfants de l'étude, le niveau de langage est prédit par le groupe d'affectation du langage (DT-A, DT-L, TDL), par le raisonnement non verbal, par l'inhibition auditive et par la combinaison métaphonologie - mémoire phonologique à court terme. Afin de spécifier les différences selon les appariements de langage, il a ensuite été question de savoir si ces différences se retrouvaient également en comparant le groupe avec trouble du langage (TDL) avec chacun des deux groupes à développement typique pris séparément (DT-A ou DT-L).

Les analyses de régression, pas à pas, restreintes aux groupes appariés en âge, TDL et DT-A, montrent alors que la variance du facteur langage (FCLO_4) est expliquée à 20.4 %, par le raisonnement non verbal (QInv, mesure de contrôle, forcée), à 54.6 %, par la variable GROUPE (TDL versus DT-A), à 4.5 % par l'inhibition auditive (I.CockPh10) et à 2 % par le score combiné de métaphonologie et MPCT (MétaPh) dans la première analyse. Une fois l'effet de ces facteurs retiré, la seconde analyse de régression permet encore d'expliquer 3.9 % de la variance résiduelle du facteur langage avec la mesure d'inhibition conflit (I.StroopINT_err).

³⁹ corrélations négatives en raison d'un rapport inversé des scores d'inhibition auditive et conflit non verbal lié au mode de calcul des indices

Pour ce qui est des analyses de régression, pas à pas, restreintes aux groupes appariés en langage (DT-L, TDL), les résultats montrent que le langage (FCLO_4) peut être prédit, dans une première analyse, à 62.9 % exclusivement par le facteur GROUPE (DT-L versus TDL) même lorsque l'âge et le raisonnement sont entrés de manière forcée dans l'analyse. Une fois l'effet de ce facteur d'importance écarté, l'indice d'inhibition auditive (I.CockPh10) prédit encore 13.8 % de la variance résiduelle du langage dans une seconde analyse. Enfin, l'effet du GROUPE et de l'inhibition auditive retiré, le score MétaPh prédit encore 13.5 % de la variance restante du langage et l'inhibition cognitive non verbale (I.StroopINT_err) 17.3 % supplémentaires.

En définitive, ceci valide l'hypothèse opérationnelle HO4-0.2 selon laquelle, le groupe d'appariement (DT-A, DT-L, TDL) présuppose le niveau de langage (FCLO_4) pour l'ensemble des trois groupes comme pour chaque sous-groupe d'appariement en âge (TDL versus DT-A) ou en niveau de langage (TDL versus DT-L). Comme attendu, le fait de présenter un trouble diagnostiqué du développement du langage versus de ne pas en présenter, prédit le niveau de langage que les enfants soient équivalents en âge ou qu'ils le soient en niveau de compréhension morphosyntaxique mais plus jeunes. En outre, dans nos analyses de régression, bien que nous n'avions pas fait d'hypothèse sur cette variable, qui corrèle d'ailleurs avec la plupart de nos mesures, l'âge n'apparaît pas être un facteur prédictif des performances de langage chez les enfants pour la cohorte étudiée d'enfants âgés de 4 ans et demi à 5 ans et demi en moyenne (non significatif dans nos analyses). L'âge croît proportionnellement aux scores de langage mais n'apparaît pas être la variable explicative de ces scores dans la tranche d'âge et pour notre population d'enfants étudiés.

De plus, les résultats valident l'hypothèse **HO4-1.2a** qui supposait que : les mesures phonologiques (MétaPh) permettaient de prédire le niveau de langage mais pas l'hypothèse **HO4-1.2b** (Mdt). En effet, quel que soient les groupes étudiés, l'ensemble des trois groupes ou les contrastes DT-L/TDL, DT-A/TDL, seul le score composite de métaphonologie et de mémoire verbale à court terme a permis de prédire une part significative de la variance du langage. Le score d'empan envers, représentant ici le fonctionnement de la mémoire de travail, n'était significatif dans aucune de nos analyses de régression. Parmi nos mesures phonologiques, seule la combinaison de la mémoire phonologique à court terme et de la métaphonologie sont des facteurs influençant le niveau de langage global.

Enfin, pour ce qui est des processus d'inhibition, les hypothèses **HO4-2.2.b** (I.StroopINT_err) et **HO4-2.2.c** (I.CockPh10) sont vérifiées. Les mesures d'inhibition non verbale de type conflit et d'inhibition auditive contribuent donc à expliquer une part significative non négligeable de la variance du facteur langage. La mesure d'inhibition motrice (STATUE) n'a pas été entrée dans nos analyses de régression en raison de son absence de significativité dans les analyses de corrélations comme dans les analyses de variances sur le facteur avec

le facteur langage. L'hypothèse **HO4-2.2.a** relative à l'inhibition motrice (STATUE) n'est donc pas vérifiée.

À la lumière de cette étude, l'inhibition auditive, la combinaison de la métaphonologie et de la mémoire phonologique à court terme et enfin l'inhibition conflit non verbale permettent de déterminer les performances de langage, une fois l'effet de l'âge, du raisonnement et du groupe (DT-L/TDL ou DT-A/TDL) contrôlés, chez des enfants de 4 ans et demi à 5 ans et demi.

3.4. Analyse discriminante

Afin de savoir quel ensemble de mesures permet le mieux de spécifier les groupes de langage (et notamment le groupe avec trouble), nous avons réalisé des analyses discriminantes sur le facteur groupe (DT-L, DT-A, TDL) en introduisant l'ensemble de nos mesures (âge, raisonnement, FCLO_4, MétaPh, Mdt, STATUE, IcockPh10, ISTroopINT_err). Dans une visée clinique, il est en effet nécessaire de pouvoir distinguer les enfants avec trouble du développement du langage des enfants qui ne présentent pas de troubles mais plutôt des variations liées au développement typique. Il a donc été question de déterminer l'ensemble le plus probant de mesures qui permet d'identifier un TDL versus un développement typique du langage et de déterminer, pour un individu donné, son groupe d'affectation à partir des scores des variables sélectionnées au sein d'une ou plusieurs fonctions de représentation.

Cette analyse a permis d'extraire une seule fonction significative discriminante avec un ensemble de quatre mesures permettant de distinguer significativement le groupe TDL des deux autres groupes. Cette fonction comprend le facteur composite de langage (FCLO_4) et les trois mesures d'inhibition (Statue, inhibition auditive : I.CockPh10 et inhibition non verbale de type conflit : I.StroopINT_err). La seconde fonction, avec les mesures MétaPh, STATUE, Mdt, n'était pas significative.

Cette fonction discriminante permet de déterminer très adéquatement l'appartenance d'un individu donné au groupe avec développement pathologique (TDL) versus aux groupes à développement typique (DT-A ou DT-L) avec 72.9 % de bon classement en tout (trois groupes confondus). Avec cette fonction, seul 1 enfant (6.8 %) du groupe pathologique (TDL) est mal affecté au groupe pathologique et se retrouve dans le groupe DT des plus jeunes (DT-L) (i.e. faux négatif plus jeune). De plus, aucun enfant des groupes à développement typiques (TD-A ou DT-L) n'est classé dans le groupe à développement typique (aucun faux positif). De manière plus accessoire pour la clinique, au sein des groupes à développement typique 50 % des plus âgés peuvent être affectés au groupe des plus jeunes et 25 % des plus jeunes peuvent être affectés au groupe des plus âgés (meilleures performances que prévues selon le niveau d'âge).

Cette fonction discriminante s'avère donc très efficace pour discerner si un enfant présente un trouble du développement du langage (TDL) d'un enfant sans trouble (DT), même si au sein de ces groupes à développement typique, le classement n'est pas toujours optimal (plus jeunes classés comme plus âgés ; plus âgés classés comme plus jeunes). Ces résultats confirment les hypothèses **HO4-0.1** (FCLO_4) et **HO4-2.3** (Inhibition) mais pas **HO4-1.3** (mesures phonologiques). Le niveau de langage couplé, à la capacité d'inhibition (Statue, Cocktail, Stroop animaux) permet en effet de déterminer de manière optimale un individu qui présente un trouble du développement d'un enfant qui n'en présente pas.

L'ensemble tend à valider l'hypothèse théorique **H4-2** de l'étude 4 selon laquelle les mesures d'inhibition, et principalement l'inhibition auditive, permettent de différencier les groupes d'enfants entre eux et plus particulièrement le groupe avec trouble du développement du langage des deux autres groupes à développement typique apparié en âge (DT-A) ou en langage (DT-L), même lorsque l'âge et le raisonnement sont contrôlés. De surcroît, l'inhibition cognitive non verbale et l'inhibition motrice contribuent également à discriminer les trajectoires typiques et atypiques du développement langagier.

La discussion finale reviendra sur différents points tels que ceux des limites liées aux appariements des tâches utilisées et des facteurs composites utilisés notamment. En raison de contraintes statistiques liées au faible nombre de participants dans nos groupes, nous avons en effet été contraints de travailler avec des scores composites tant pour les mesures test que pour le langage. Nous avons initialement prévu d'étudier l'impact des variables tests sur chacune des composantes langagières. Des analyses subsidiaires, non présentées directement dans cette thèse en raison de leur faible puissance statistique, ont cependant été réalisées avec l'ensemble des mesures de langage et mesures test (Annexe VII). Ce point sera abordé plus en détail dans la discussion finale. Ces analyses sont à prendre avec parcimonie mais suggèrent de nouvelles pistes d'études et potentiellement d'interventions.

Analyses subsidiaires des liens entre mesures phonologiques et d'inhibition et composantes langagières spécifiques (cf. Annexe VII)

Nous avons réalisé des analyses de corrélations partielles entre mesures de langage et mesures tests contrôlées par l'âge et le raisonnement non verbal. Différentes corrélations significatives ont été retrouvées entre les mesures de langage et les mesures dites « phonologiques » hormis avec l'empan envers de chiffres (MdT) qui ne corrèle avec aucune mesure de langage. Plus particulièrement, la mesure MPCT corrèle significativement et moyennement avec la morphosyntaxe expressive, ms_Exp (cpl), le lexique réceptif et expressif (lex_Réc et lex_Exp) et fortement avec le score de répétition de phrases (ms_Exp (rép)). La mesure PAIRES corrèle de manière significative et moyennement avec la morphosyntaxe réceptive et expressive (ms_Réc, ms_Exp) mais pas avec le lexique. La mesure RIMES corrèle significativement avec le lexique expressif (lex_Exp) exclusivement.

Enfin, toutes les mesures langagières, à l'exception du score de morphosyntaxe réceptive (ms_Réc), corrélient significativement de manière modérée avec les mesures d'inhibition cognitive et auditive (I.StroopINT_err et I.CockPhm_10) montrant une évolution proportionnelle des performances à ces mesures et tendant à montrer l'existence de liens entre le langage oral et l'inhibition cognitive et auditive.

Des analyses de régression ont été menées sur chacune des mesures langagières prises isolément comme variables dépendantes, avec l'âge, le raisonnement et le groupe (DT-A, DT-L, TDL) comme mesures de contrôle forcées et l'ensemble de nos mesures test comme variables indépendantes. Dans les limites de ces analyses, tous groupes confondus, les résultats tendent à montrer que la morphosyntaxe réceptive est prédite par l'âge, le raisonnement non verbal et le jugement de paires phonologiquement proche. La complétion de phrases (morphosyntaxe expressive) l'est avec le raisonnement non verbal, le groupe, la mesure PAIRES et l'indice cocktail d'inhibition verbale alors que la répétition de phrases ne l'est qu'avec la variable GROUPE. Pour ce qui est du lexique réceptif, celui-ci est prédit par le groupe et l'empan endroit mesurant la mémoire phonologique à court terme alors que le lexique expressif l'est avec les variables GROUPE, RIMES et PAIRES à la différence des travaux de Mounir (2012) qui mettait en avant un lien entre lexique réceptif et sensibilité phonologique. Le fait de ne pas avoir retrouvé de lien prédictif avec la morphosyntaxe en compréhension est un peu surprenant.

3.5. Conclusions de l'étude 4

L'ensemble des résultats tend à valider nos hypothèses théoriques **H4-1** et **H4-2** selon lesquelles les mesures phonologiques et les mesures d'inhibition contribuent à distinguer les groupes de langage (avec trouble du langage : TDL versus à développement typique : DT-L et DT-A) d'une part, à prédire le niveau de langage d'autre part. Toutefois, les variables d'intérêt sont essentiellement la mesure de mémoire phonologique à court terme ou la mesure combinée de mémoire phonologique à court terme et de métaphonologie pour les mesures phonologiques, l'inhibition non verbale de type conflit (Stroop animaux) et l'inhibition verbale cocktail pour l'inhibition. Nos analyses de régressions et analyses factorielles discriminantes attestent cependant, avec le niveau de langage combiné à celui de l'inhibition motrice, que l'inhibition non verbale de type conflit (Stroop animaux) et l'inhibition verbale de type cocktail sont des prédicteurs de choix pour déterminer le groupe d'enfants avec trouble développemental du langage. L'idée que ces processus contribuent notamment à la persistance des troubles du développement du langage ou qu'ils constituent une base commune avec d'autres troubles est débattu dans la discussion finale tout comme l'explicitation de ces mécanismes au sein du langage.

Discussion

Dans une optique logopédique, il est nécessaire de cerner au mieux les processus en lien avec le développement du langage afin d'apporter des éléments de réponse efficaces dans le traitement des troubles qui lui affèrent. Un ensemble de travaux vient désormais étoffer l'idée que les processus d'attention contrôlée font acte dans la majeure partie des processus cognitifs. A ce titre, l'inhibition apparaît être un processus nécessaire et important dans le langage. Un nombre important de questions persistent cependant quant aux aspects développementaux, aux influences réciproques entre langage et inhibition, aux niveaux d'implication entre les deux domaines. Cette thèse s'est donc intéressée à l'influence des processus d'inhibition et à son poids par rapport à celle des prédicteurs phonologiques (en lien avec l'hypothèse phonologique au sens large) dans l'acquisition typique du langage oral et écrit et dans les troubles du développement du langage (TDL). Nos recherches ont porté sur des enfants d'âge préscolaire (3 ans et demi) jusqu'à l'entrée en primaire (8 ans) (études 1, 2, 3, 4) avec une dynamique longitudinale (étude 3). Il s'agissait également d'apporter des repères quant au développement du langage oral et écrit en langue française et à celui de l'inhibition sous différentes formes : comportementale, non verbale de type conflit, auditive de type cocktail party. Dans une perspective écologique, les tâches et les passations ont visé à refléter et à respecter au mieux les enfants en les mettant en confiance, en leur proposant du matériel adapté et ludique, en respectant leur rythme, en les récompensant pour leur participation. Des explications ont été dispensées aux enfants, aux enseignants et aux parents quant à ce qui était réalisé. Notre démarche a respecté une éthique expérimentale, académique, relationnelle et clinique.

Deux objectifs majeurs imbriqués ont été visés : une meilleure connaissance des processus d'inhibition, une meilleure connaissance de l'implication de ceux-ci, en comparaison avec les prédicteurs cognitifs liés à l'hypothèse phonologique au sens large, dans le développement du langage oral et écrit typique et dans les troubles développementaux du langage oral (TDL). Il s'agissait plus particulièrement d'aborder les prédicteurs du développement typique du langage, oral et écrit, de la continuité entre ces deux domaines et du développement atypique dans le cadre spécifique des TDL. Le TDL et les difficultés de lecture constituent des points d'intérêts majeurs de la clinique logopédique avec, comme la revue de littérature l'a initié, le souhait de clarifier l'importance des facteurs verbaux, débattus jusqu'à peu comme exclusifs dans ces troubles, et les facteurs généraux. Il a été question ici de clarifier le poids des variables étiologiques en s'inscrivant dans une perspective longitudinale, précoce, préventive et spécifique de l'intervention logopédique.

1. DEVELOPPEMENT DE L'INHIBITION

La première grande question de recherche était celle du développement des processus d'inhibition, des processus sous-jacents, du lien entre les différentes formes d'inhibition.

Le premier objectif était donc de mieux cerner le développement des processus d'inhibition, entre 4 et 6 ans, et d'en étudier trois facettes : l'inhibition motrice, l'inhibition non verbale de type conflit et l'inhibition auditive verbale de type cocktail party (étude 1). Les profils développementaux des différents types d'inhibition sont encore assez mal définis, notamment entre 4 et 6 ans, et les liens entre ces trois types d'inhibition restent sous-spécifiés, notamment celui du statut de l'effet cocktail party faisant appel à de la ségrégation auditive. Comme nous l'avons vu dans la partie théorique, la ségrégation auditive semble jouer un rôle dans le développement du langage. Il a été question de savoir si la ségrégation auditive, impliquée dans une tâche cocktail party pouvait partager des éléments communs, amodaux, avec l'inhibition cognitive de type conflit de manière générale d'une part. Dans la perspective de travailler avec des enfants porteurs de troubles du langage oral, il est intéressant de pouvoir proposer des épreuves qui ne soient pas directement vectorisées par les aspects verbaux, ce canal étant par définition altéré d'autre part. Il a donc aussi été question d'interroger des processus d'inhibition faisant appel au domaine verbal mais aussi non verbal. Des tâches spécifiques à l'inhibition de type conflit ont été créées, l'une référant au domaine non verbal, le Stroop Animaux, l'autre référant à la ségrégation auditive supposée rendre compte de conflits d'ordre verbal.

L'étude 1 avait donc pour projet de mieux connaître les profils développementaux des trois types d'inhibition étudiés : comportementale (Statue), non verbale de type conflit (Stroop animaux), verbale de type cocktail party. Ces deux dernières ont donné lieu à l'élaboration de deux tâches spécifiquement pour cette thèse en optimisant les critères pertinents et optimaux relevés dans la littérature (cf. Grataloup, 2007) afin de tester précisément les effets et processus que nous souhaitions étudier. Plusieurs questions de recherche afféraient à cette étude. En premier lieu nous voulions savoir si une évolution était mesurable pour ces trois types d'inhibition entre 4 et 6 ans, période au sein de laquelle une évolution est indiquée dans la littérature (ex. Diamond, 2013). En second nous voulions savoir si ces trois types d'inhibition étaient en lien et pouvaient avoir des fondements communs. Ce dernier point était d'autant plus intéressant à étudier entre l'inhibition non verbale de type conflit (Stroop animaux) et la ségrégation auditive/ cocktail party que nos hypothèses allaient dans le sens d'un fondement commun entre les deux en raison de l'implication de la gestion entre plusieurs informations (de natures différentes).

Nos résultats témoignent d'un développement significatif, entre 4 et 6 ans, pour l'inhibition non verbale conflit (Stroop Animaux) et pour l'inhibition de type cocktail party. Une évolution de l'inhibition motrice n'a, quant à elle, pas pu être mise en évidence.

1.1. Statue-inhibition motrice

Comme signalé dans la discussion de l'étude 1, un effet plafond était déjà observable chez les plus jeunes des enfants pour la tâche Statue, mesurant l'inhibition motrice. Malheureusement, l'épreuve de la statue était une épreuve clef de notre protocole général et le premier set de passation n'a été analysé en détail que plus tardivement, avec l'ensemble des participants à développement typique, ce qui ne nous a pas permis de nous réajuster. Les scores servaient aussi à l'étude 2 et à l'étude 3 et indirectement à l'étude 4. Ces participants, pour rappel, ont pour une partie participé au temps 1 de l'étude longitudinale (études 3A et 3B) et certains ont contribué au pairage entre groupe contrôle et enfants porteurs de trouble développemental du langage oral (étude 4). Même si les groupes d'enfants ont été reconstitués au fur et à mesure des études, et qu'une variabilité était quelque peu observable, les scores de la Statue ont eu tendance à plafonner dans l'ensemble des groupes considérés. Même dans l'étude 4, la population avec TDL a présenté des scores plafond. Ces scores perdent donc en partie leur intérêt puisque les variations optimales n'ont pu être mesurées. Le choix de cette épreuve (STATUE) n'était donc pas idéal pour les tranches d'âge étudiées. Rappelons qu'il est couramment observé une progression de l'inhibition motrice entre 3 et 6 ans (ex. Diamond, 2001) dans la littérature. De nombreuses études utilisent plutôt des tâches de délai de gratification ou des go/no go ce qui, de surcroît, ne correspond pas à l'épreuve de la statue. En effet, dans cette dernière, l'enfant ne doit pas se laisser distraire par un stimulus perturbateur externe, tâche certainement moins sollicitante car activant moins les réseaux de récompenses que les tâches de délai de gratification d'une part, tâche comportementale relativement courte (moins de deux minutes) la rendant probablement peu sensible d'autre part. Le concept d'inhibition motrice/comportementale recouvre aussi des réalités probablement différentes selon que la cible ait déjà été activée ou non avant /no go avec phase d'habituation) ou selon que le distracteur recrute ou non, directement, les réseaux de récompense (gratification). Quoi qu'il en soit ces remarques rendent nuancables et somme toute délicates les interprétations impliquant notre épreuve « Statue » et donc les processus d'inhibition motrice, d'autres épreuves ayant pu être plus adéquates.

1.2. Stroop

Pour ce qui est du test de Stroop animaux, épreuve que nous avons élaborée, il s'agit d'une tâche typique de type conflit cognitif où deux informations entrent en concurrence, l'une devant être inhibée au profit de l'autre et ceci afin de répondre correctement à la consigne. Concrètement, des images d'animaux sont présentées par paire, sur écran, et l'enfant doit décider quel animal est le plus grand « en vrai » (taille sémantique). La congruence de la taille physique à l'écran et de la taille sémantique a été manipulée de façon à être facilitatrice (grand en vrai = grand en image), neutre (même taille d'images à l'écran), interférente (grand en vrai = petit en image). Dans ce type de tâche, il faut que l'enfant inhibe une dimension visuelle prégnante (taille à l'écran) pour pouvoir adéquatement

activer la dimension cible d'ordre sémantique et répondre à la consigne du plus « grand en vrai » (sémantique). Dans les tests de Stroop (Stroop, 1935) plus classiques⁴⁰, des effets de facilitation et d'interférence (participant plus rapide et faisant moins d'erreurs pour l'écart entre la condition neutre et la condition facilitatrice comparativement à l'écart entre la condition interférente et la condition neutre) ont pu être référencés comme référant à deux processus différents et non comme un continuum entre les trois niveaux de congruence (McLeod, 1991) en raison notamment du poids différent de ces effets. Différentes études chez les participants sains ou dans des pathologies frontales ont mis en évidence l'implication du gyrus cingulaire droit pour l'effet d'interférence dans la tâche Stroop (Vendrell, Junqué, Pujol, Jurado, Molet & Grafman, 1995 ; Pardo, Pardo, Janer & Raichle, 1990).

Concernant les scores bruts d'erreurs, nos résultats mettent avant, un effet d'interférence et un effet de la congruence globale pour le groupe dans son entièreté et pour le sous-groupe du degré 2 (grande section de maternelle / 5-6 ans). Pour les scores bruts de temps de réponse, l'ensemble des effets de facilitation, d'interférence et de congruence globale est présent pour l'entièreté du groupe et pour le sous-groupe D2 (5-6 ans). En revanche, pour le sous-groupe D1 (moyenne section de maternelle), plus jeunes (4-5 ans), aucun effet n'est significatif pour les scores d'erreurs mais un effet de congruence globale et un effet de facilitation significatifs sont mesurés pour la vitesse. En définitive, sur scores bruts, d'erreurs ou de temps, chacun des effets de congruence globale (écart interférent/facilitation), d'interférence (écart interférence/neutre) ou de facilitation (neutre/facilitation) peuvent être observés entre 4 et 6 ans mais ces effets sont variables selon le degré scolaire (après contrôle de l'âge et du raisonnement non verbal). Comme attendu, nos résultats présentent aussi un effet global du degré scolaire : les plus jeunes (D1) tendent globalement à être plus lents et à faire plus d'erreurs dans ce type de tâche toutes conditions confondues.

Ces résultats sont cependant d'intérêt modeste pris isolément (sur scores bruts) et il convient de considérer l'ensemble des effets de facilitation et d'interférence avec les scores pondérés (par le nombre d'erreurs ou le temps de base) pour réussir à identifier des différences réelles en ce qui concerne les processus de facilitation et surtout d'inhibition. En effet, même pour les items censés être facilitants, la vitesse et le nombre d'erreurs sont plus importants pour les plus jeunes (D1). Il est donc nécessaire de pondérer par le temps et par la propension générale à faire des erreurs pour parvenir à mesurer des effets de facilitation

⁴⁰ Tests de Stroop (Stroop, 1935) : la lecture de mot doit être inhibée afin de pouvoir dénommer la couleur de l'encre dans laquelle est écrit le mot ; la lecture est ici considérée comme automatique chez l'adulte lecteur et doit être entravée pour répondre activement à la consigne.

et d'interférence plutôt que simplement une augmentation de la vitesse ou de la précision qui affecterait l'ensemble des items quelle que soit leur congruence. Avec les indices pondérés, les analyses sont moins probantes. Celles-ci ne permettent en effet pas de mettre en évidence des différences significatives entre les deux degrés scolaires, D1 et D2, pour les effets de congruence globale, de facilitation ou encore d'interférence pour la vitesse et la précision. Une tendance est néanmoins mesurée pour l'indice d'erreurs d'interférence. Les analyses comparant les écarts entre l'effet de facilitation et l'effet d'interférence sur scores pondérés (indices) montrent une différence significative entre les deux groupes, pour les erreurs. Différents travaux relèvent des amplitudes différentes d'effets entre facilitation et interférence suggérant l'existence de processus différents pour l'effet de facilitation et d'interférence (McLeod, 1991). L'absence de consensus dans la littérature concernant l'effet de facilitation suggère de considérer les effets de facilitation et d'interférence comme deux processus distincts sinon comme deux degrés d'un même phénomène permettant de traiter les manifestations de la congruence. Nous ne sommes pas ici en mesure d'affirmer qu'il s'agit de processus réellement différents. En outre, des procédures spécifiques auraient pu être mises en place pour dissocier spécifiquement les aspects contrôlés des aspects plus automatiques (ex. Jacoby, 1991). Comme nous l'avons discuté dans l'étude 1, cet écart entre les deux indices (EcartIndStroop), de facilitation et d'interférence, entre le degré scolaire 1 et le degré 2, témoignent selon nous, et dans les limites de cette étude, d'une différence de profil et d'une différence qualitative des processus. Les enfants de 4-5 ans (Degré1) et de 5-6 ans (degré 2) présentent ainsi des profils différents entre les effets dits de facilitation et ceux d'interférence, quand l'âge scolaire et le raisonnement non verbal sont contrôlés. A cet âge, il est possible que l'effet de congruence soit déjà présent pour le traitement du niveau neutre avec déjà une interférence possible à traiter lorsque les images sont présentées à la même taille sur l'écran alors que les animaux sont de taille réelle différente (ex. une souris et un éléphant). Le niveau neutre semble ainsi déjà représenter une difficulté importante pour les enfants plus jeunes du degré 1 alors que pour les plus âgés (D2, 5-6 ans), le niveau neutre est plus aisé et l'interférence se note davantage entre les items neutres et incongruents.

En d'autres termes, nous avons fait le choix de prendre des indices pondérés restrictifs qui n'ont pas permis d'emblée d'objectiver significativement des effets francs de facilitation et d'interférence, en dépit de résultats plus probants sur scores bruts (non pondérés). Avec un nombre plus important d'enfants, la tendance à la significativité de l'indice d'interférence d'erreurs aurait peut-être pu être désambiguïsée. Néanmoins, les enfants de 4-5 ans présentent déjà des difficultés dans le traitement de la condition neutre (images à l'écran de même taille pour des animaux de taille réelle différente). Les différences d'écarts entre indices pondérés de facilitation et d'interférence (Ecart_indice INT/FAC), comparant les deux degrés scolaires pour la précision, en témoignent. Ces derniers résultats valident l'hypothèse d'une évolution significative des processus d'inhibition (de facilitation et d'interférence) de type conflit non verbal, principalement au niveau de la précision, entre

4-5 et 5-6 ans. Ces aspects vont dans le sens des travaux de la littérature (Diamond, 2001) et précisent des dissemblances qualitatives à cet âge.

1.3. Tâche cocktail party et statut de cette tâche

La question du statut d'une tâche de type cocktail party a aussi été étudiée. La tâche cocktail party fait référence à des conditions d'écoute de la parole dans du bruit parasite de parole. Elle engendre des perturbations dans la perception du signal, au niveau énergétique mais aussi informationnelle selon les modalités de construction de la tâche (et d'écoute dans la vie réelle). Elle est souvent considérée comme de la ségrégation auditive mais peut cependant référer à des mécanismes attentionnels de plus ou moins haut niveau. Selon nos hypothèses, des fondements communs existent d'ailleurs entre ce type de situations cocktail party et l'inhibition non verbale de type conflit telle qu'une tâche de Stoop animaux telle que présentée ici.

Grataloup (2007) a permis d'optimiser une série de critères permettant de mieux appréhender les effets du nombre de locuteurs et l'intensité du bruit concurrent sur la reconstruction de la parole dans la parole. Sur base de ses travaux, nous avons construit une tâche cocktail party avec de la parole concurrente à quatre locuteurs afin d'étudier l'effet d'un masquage informationnel sur les performances de répétition de pseudomots. Trois niveaux de bruit concurrent au message cible ont été proposés (sans bruit, RSB = -15dB, RSB = -10 dB). Les pseudomots étaient de fréquence syllabique basse afin de faire le moins possible appel à des informations stockées en mémoire à long terme. Nous avons étudié les effets du ratio signal-bruit sur les performances de répétition et nous nous sommes demandé si les performances d'inhibition auditive, peu étudiée à l'âge préscolaire, présentaient une évolution entre 4 et 6 ans. De manière particulière, au lieu de considérer simplement les scores d'erreurs, nous avons choisi, comme pour le test de Stroop Animaux, de calculer des indices pondérés permettant de refléter le niveau d'inhibition plus qu'une performance de phonologie. Nous voulions aussi savoir si une tâche cocktail party, telle que proposée ici, pouvait réellement être considérée comme de l'inhibition, a fortiori de type conflit verbal, et donc partageait des éléments communs plus particulièrement avec l'inhibition Stroop de type conflit.

A l'instar de ce qui a été observé chez Grataloup (2007) chez de jeunes adultes, les enfants de 4-6 ans présentent des patterns d'interférence aux bruits concurrents de parole lors de la répétition de pseudomots. Une dégradation linéaire proportionnelle au niveau de bruit parasite a été mesurée. A mesure que le bruit concurrent augmente, une incidence sur la qualité de la répétition des pseudomots est notée avec un moins grand nombre de phonèmes correctement répétés à mesure que le bruit est prégnant. En outre, les enfants plus âgés (Degré 2/5-6 ans) performant mieux que les plus jeunes (Degré 1 /4-5 ans) en

présence de bruits linguistiques concurrents sur le message cible (meilleure répétition des pseudomots avec bruits concurrents comparativement à sans bruit) alors que leur niveau de répétition est équivalent lorsqu'il n'y a pas de bruit concurrentiel. Ce résultat est significatif quelle que soit l'intensité du bruit concurrent (rsb-15 ou rsb-10).

Les indices calculés correspondent à des effets d'incongruence et permettent de comparer la qualité du traitement lorsque le message cible est présenté avec bruit comparativement à une présentation sans bruit parasite. Ils sont pondérés par les performances sans bruit (cock0). Ces indices permettent de lever les ambiguïtés quant à des variations potentielles qui seraient liées aux performances de base en phonologie (répétition de pseudomots sans bruit parasite). Dans les études avec des participants avec développement standard du langage, les degrés D1 (4-5 ans) et D2 (5-6 ans), présentent des performances équivalentes de répétition lorsqu'il n'y a pas de bruit parasite. Le calcul de ces indices pour D1 et D2 est donc d'un intérêt restreint. Toutefois, en cas de performances de base (répétition sans bruit) altérées, comme ce peut être le cas pour des groupes avec pathologie du langage, ces indices prennent tout leur sens puisqu'ils permettent de calculer des valeurs représentant l'inhibition auditive de manière plus fine et pas simplement des compétences de phonologie (souvent altérées dans les troubles du développement du langage).

En considérant ces points, le groupe D1 apparaît plus sensible à l'incongruence Cocktail que le groupe D2 pour les effets de congruence Cocktail sur scores bruts comme pour les indices cocktail. Le degré D1, d'enfants plus jeunes, présente des scores phonémiques et des indices cocktail montrant une moindre capacité à gérer l'interférence auditive lorsqu'une cible verbale est présentée avec des bruits concurrents de paroles. Les enfants de 5-6 ans (D2) témoignent de meilleures capacités d'inhibition auditive en contexte de masquage informationnel, comparativement au groupe D1 de 4-5 ans, en dépit de performances équivalentes en condition d'écoute optimale (silence). Ceci va dans le sens d'une évolution notable des performances d'inhibition auditive pour les enfants du degré 2 de 5-6 ans comparativement à ceux du degré scolaire moins avancé de 4-5 ans. Il est donc possible de considérer que les performances d'inhibition auditive augmente entre 4-5 ans et 5-6 ans et que cette évolution permet d'inhiber plus adéquatement des bruits parasites de parole lors de la présentation d'un message verbal cible même lorsque l'âge et le niveau de raisonnement non verbal sont contrôlés.

Dans un environnement bruyant l'enfant de 5-6 ans aura donc davantage de facilité à percevoir le message verbal pertinent qu'un enfant de 4-5 ans, à compétence phonologique de base équivalente même lorsque l'âge scolaire et le raisonnement non verbal sont contrôlés (bien que l'effet de ces variables de contrôle n'apparaisse pas significatif). Il rejettera plus adéquatement des informations verbales parasites pour lui permettre une meilleure focalisation sur le message cible.

Le fait d'avoir optimisé les conditions d'écoute, à la manière de Grataloup (2007), a permis d'obtenir une tâche de masquage informationnel. Grataloup (2007) avait montré qu'avec un bruit de paroles concurrent à 4 locuteurs, les participants adultes étaient influencés par le contenu du bruit et que les réponses produites contenaient des fragments linguistiques contenus dans le bruit parasite. Bien que des analyses statistiques n'aient été faites que sur le type d'erreurs pour la tâche cocktail, l'analyse qualitative subsidiaire de celles-ci (non présentée ici) s'inscrit dans cette optique et semble montrer des influences d'une autre nature. Les erreurs produites par les enfants de nos études suggèrent en effet deux types d'influence. D'une part, des erreurs de lexicalisations (de pseudomots cible) ont été retrouvées et attestent de phénomènes de récupération, d'un mot proche de la cible, en mémoire en faveur d'influences top-down. Ces lexicalisations n'étaient pas spécialement à mettre en rapport avec le contenu du message parasite mais ressemblaient plutôt à des mots plus ou moins proches du pseudomot cible. Lorsque l'attention ne peut plus se déplacer (pas assez rapide par exemple), la ségrégation de deux flux devient difficile entre les éléments, d'une syllabe à l'autre par exemple. Un changement de focus attentionnel pourrait alors être nécessaire et se porterait par exemple sur les représentations lexicales activées en mémoire à partir des éléments supralexicaux perçus. Ceci engendrerait des phénomènes de reconstruction cognitive. Il est fort à croire que moins les représentations mentales linguistiques sont raffinées et développées, plus les erreurs de reconstruction sont éloignées de la cible et font appel à des effets, intra-personnels, de fréquence d'occurrence. D'autre part, des erreurs d'inhibition proactive ont été observées avec persévération sur des fragments de l'item précédemment présenté. Celles-ci tendent à montrer des difficultés de désengagement attentionnel, correspondant certainement aux phénomènes retrouvés dans les études sur l'attention dynamique dans la dyslexie (ex. Lallier, 2018 ; Molinaro, Lizarazu, Lallier, Bourguignon & Careira, 2016).

Autrement dit, écouter de la parole cible parmi d'autres messages verbaux (situation cocktail party) implique des phénomènes complexes de focalisation/inhibition à différents niveaux. Le recrutement attentionnel est apparemment variable en fonction des situations d'écoute, s'il y a masquage informationnel ou non, selon l'intensité, selon le nombre de voix parasites, selon le bagage linguistique initial, selon le seuil attentionnel par exemple ou encore s'il y a double tâche. En cas de masquage informationnel, les courbes acoustiques, référant au traitement prosodique supra lexical et lexical, risquent de se superposer entre la cible verbale et la parole concurrente. Il faut alors que l'attention alterne régulièrement entre les niveaux d'information pour saisir ce qui est le plus pertinent pour le but à atteindre. Selon la périodicité attentionnelle (latence entre deux fixations attentionnelles inhérente au système) le système sera plus ou moins performant. Il faudra d'autre part inhiber des informations conflictuelles en lien avec le traitement lié à la parole concurrente. En dépit d'un message cible totalement perceptible, et d'une inhibition suffisamment efficace, l'attention se porte très certainement sur différents fragments perceptibles et

comble ensuite, avec des éléments stockés en mémoire ou alors avec des rémanences, des éléments précédemment activés.

En outre, les plus jeunes (étude 1) comme les enfants avec TDL (étude 4) présentent des performances plus faibles en inhibition auditive. Cette tâche, somme toute assez complexe dans son traitement, apparaît en définitive être une tâche très écologique et reflète ce qui se joue pour l'enfant au cours de son développement du langage dans les situations d'écoute naturelle. Les mécanismes qui la sous-tendent nécessitent cependant d'être dissociés et étudiés pour savoir ce qui se joue exactement dans une telle tâche ou une telle situation d'apprentissage.

1.4. Liens entre les trois types d'inhibition

Le peu sinon l'absence de travaux sur les liens entre inhibition auditive de type cocktail et les autres formes d'inhibition ou entre les différents types d'inhibition répertoriés comme tels entre eux, chez l'enfant préscolaire de surcroît, nous a amené à étudier ces liens. L'étude 1, avec enfant de 4 à 6 ans, à développement typique, a mis en relief l'existence de corrélations significatives entre l'indice Stroop d'interférence globale (interfèrent/neutre) pour les temps de réponses (IStroopGinterf_TR) et les indices Cocktail (I.cockPh10 et I.cockPh15) d'une part, entre l'écart d'indices interférence/facilitation (Ecart_indice INT/FAC) au Stroop et l'épreuve d'inhibition motrice d'autre (Statue) d'autre part. Le lien entre inhibition conflit non verbale (Stroop animaux) et inhibition conflit (cocktail) a également été observé dans notre étude 4 concernant des enfants avec TDL (l'objet n'était pas spécifiquement d'étudier les liens entre épreuves d'inhibition mais plutôt d'étudier les prédicteurs du langage pathologique).

Dans les limites de cette thèse, des liens sont retrouvés entre différentes formes d'inhibition et validés. Plus spécifiquement, ces observations suggèrent l'existence d'un processus commun entre inhibition motrice et inhibition non verbale de type conflit (Stroop animaux) ainsi qu'entre les deux types d'inhibition conflit, non verbale et verbale (cocktail party) sinon celle d'un processus externe responsable des variations communes observées.

Le modèle de Friedman & Miyake (2012), chez l'adulte, suggère que l'inhibition est un processus de contrôle général qui constitue le facteur commun des fonctions exécutives, ce qui est corroboré par des études neuroanatomiques (Collette & al., 2005). D'une part, un ensemble de corrélats constituant le facteur commun (sillon intra pariétal droit, cortex pariétal supérieur gauche, gyrus préfrontal latéral bilatéral) est activé mais il existe également des foyers d'activations spécifiques en fonction des composantes. L'expression de l'inhibition, facteur général de contrôle, se différencierait en fonction des modalités (comportementale, verbale, non verbale) et selon Dempster (1993), la résistance à l'interférence dépendrait de la nature de l'interférence (ex. auditive, visuelle, comportementale). L'inhibition apparaît être une fonction essentielle de ce contrôle et son

expression peut être variable en fonction des modalités et du niveau de traitement. Elle comprend aussi des niveaux d'action plus fins qu'il sera nécessaire d'investiguer plus en détail et il est assez restrictif, au vu des travaux en neurobiologique, de se limiter à son mode d'expression. L'attention et l'inhibition s'organisent en effet autour d'un vaste réseau cérébral sous-tendant différents niveaux d'attention et de contrôle et sous-tendus par différentes structures et différents niveaux au sein même de ces structures (cf. Lachaux, 2011 ; Posner & Petterson, 2012 pour une revue).

Dans un cadre plus élargi, le débat s'organise autour du fait que l'inhibition constitue ou non un processus unitaire. Chez l'adulte, Friedman & Miyake (2004) sont parvenus à identifier deux composantes indépendantes, l'une de résistance aux distracteurs externes et aux réponses prépondérantes, l'autre, de résistance à l'interférence proactive (éléments précédemment activés et déjà traités en mémoire de travail qui restent activés et qu'il faut ignorer). Au cours du développement, vers 6 ans, en revanche ces mêmes sous composantes ne seraient pas nécessairement individualisées au sein de l'inhibition et tendraient à s'individualiser au cours de l'adolescence (Huizinga & al., 2006 ; Letho, Juujärvi, Kooistra & Pulkkinen, 2003). Dans notre étude, nous avons réalisé des analyses factorielles afin de réduire le nombre de nos variables. En ce qui concerne les processus d'inhibition, nous ne sommes pas parvenus à mettre en évidence un facteur composite unique à partir des trois tâches. Notre procédure est loin d'être analogue à celle utilisée par Friedman & Miyake (2004) mais ceci ne nous incite pas à penser, qu'entre 4 et 6 ans, les mécanismes testés dans nos épreuves constituent un processus d'inhibition unitaire stricto sensu. Néanmoins, pour ces auteurs, ces deux types de résistance aux distracteurs externes et aux réponses prépondérantes correspondraient à une sous composante de l'inhibition. L'existence de corrélations significatives entre Statue et Stroop, mesurant respectivement de la résistance aux interférences comportementales en réponses à des distracteurs externes et cognitifs de type conflit non verbal, vont dans ce sens. Nous avons de surcroît retrouvé des corrélations plus fortes (et avec une p -valeur plus importante) entre Stroop et Cocktail mais pas entre Cocktail et Statue suggérant cette fois un processus commun entre la tâche de ségrégation auditive cocktail et la tâche de conflit non verbal. Il se pourrait que ces processus soient liés à la résolution du conflit cognitif. Le fait de ne pas parvenir à isoler un facteur commun, entre Stroop et Cocktail, pourrait cependant indiquer que les deux tâches, tout en partageant des processus analogues n'impliquent pas tout à fait les mêmes niveaux de traitement. Comme nous l'avons discuté précédemment, la tâche Cocktail pourrait, en effet, en raison du masquage informationnel qu'elle impose, recruter des processus de plus haut niveau s'apparentant à de l'inhibition d'une réponse proactive. L'inhibition d'une réponse proactive correspond en définitive à un processus de désengagement, à mettre potentiellement en parallèle avec la vitesse de traitement et dépendant a fortiori de la rapidité d'engagement et de désengagement attentionnel. Comme nous l'avons vu aussi dans la partie introductive, l'attention dynamique, impliquée dans le traitement de la parole et de la ségrégation des composantes auditives, implique

des phénomènes de focalisation attentionnelle et de défocalisation très fins constituant les cycles attentionnels. Ces cycles sont limités par un seuil attentionnel (vitesse maximale entre deux focalisations) et répondent à des principes physiologiques sur lesquels nous avons probablement peu d’emprise. Il est possible que la tâche cocktail recrute à la fois des processus liés au conflit mais aussi des processus spécifiques liés à la ségrégation auditive. En revanche, la tâche Stroop implique peut-être davantage la gestion exclusive d’un conflit entre taille physique provenant de l’environnement (taille de l’image) et attribut sémantique (stocké en mémoire).

Dans chacune des deux tâches, il faut aussi maintenir activement le but même si nous avons tenté de minimiser ce processus en rappelant systématiquement la consigne entre les items. Il est possible que la corrélation retrouvée entre Cocktail et Stroop reflète en partie cette activité. Le maintien de la cible et de son rafraîchissement sont des fonctions majeures à considérer. Rafraîchir (up-dating) suppose que le but soit clair et qu’il puisse être réactivé dans une mémoire tampon. Celle-ci correspond en définitive à l’activité de groupes de neurones dont l’activation décroît rapidement (Lachaux, 2018).

L’inefficacité de ces mécanismes peut restreindre l’activation successive de deux stimuli séquentiellement proches avec discrimination réduite de deux stimuli proches (pouvant être perçus comme une seule entité), et entraîner des erreurs de persévérations, ou encore freiner les entrées et sorties d’informations. Ils sont très certainement défaillants dans différentes pathologies de l’apprentissage. Dans la dyspraxie, par exemple, les mouvements parasites peuvent rester suractivés empêchant la mise en place du mouvement efficace. Dans certaines difficultés ou troubles du déchiffrage en lecture, ou en phonologie, ils peuvent être en jeu lorsque l’enfant persévère sur des graphies, ou phonèmes, précédemment activés entraînant des effets de contamination (ex. inversion) d’un segment à l’autre relatif à des activations pré et rétroactives qui ne sont pas inhibées efficacement. Plus les procédures sont automatisées plus le shunt attentionnel peut considérer des unités plus importantes.

Ces cycles attentionnels sont certainement très proches de ce qui est communément apparenté à de la vitesse de traitement. Ils correspondent en définitive à la capacité du système à s’activer mais surtout à se désengager d’une unité d’importance en fonction de la cible à atteindre. Dans ces cycles perceptions-actions (Lachaux, 2011, 2015), la définition de la cible est un point majeur à organiser permettant en premier lieu l’effet de facilitation liée à la sur-activation de la vigilance (Lachaux, 2011). En second lieu, l’inhibition tiendra un rôle majeur pour réorganiser l’attention et gérer les conflits (Lachaux, 2011). Ce mode est cependant très certainement plus coûteux. A défaut d’un but (cible) très défini à atteindre, le système va capter des éléments saillants dans l’environnement ou se mettre en mode par défaut précipitant pensées et sensations (Lachaux, 2015), ou répondre aux systèmes en lien avec la nouveauté ou le plaisir. Tous ces aspects constituent autant d’éléments qu’il faudra

alors inhiber. Cette résistance aux distracteurs (externes ou internes) telle que l'inhibition de réponses prédominantes (schéma d'action ou de pensée, heuristiques) stockées en mémoire ou les affects ou besoins (aspects physiologiques) constituent un second aspect des mécanismes d'inhibition davantage à lier avec l'attention exécutive. Leur action est davantage modulable. La définition de la cible, précise et atteignable à court terme, son rafraîchissement ou encore l'activation de circuits de récompense à l'issue ou pendant la tâche (interne comme le plaisir d'apprendre ou externe comme un renforçateur positif) sont des aspects nécessaires à cette modulation attentionnelle.

En outre, au-delà des phénomènes d'inhibition en lien avec la modalité auditive ou avec la modalité visuelle, des phénomènes d'inhibition cognitive de haut niveaux et très probablement intermodaux, permettent possiblement la régulation provenant des différentes afférences (ex. motrice, cognitive, sensorielle). Les différents influx, visuel avec la lecture labiale, et linguistique avec le flux auditif, pour le langage peuvent par exemple entrer en conflit ou au contraire se compléter. Des distracteurs visuels (ex. la voiture rouge qui passe derrière la vitre) peuvent perturber l'interaction verbale. Dans le cas de conflits, des phénomènes de haut niveau doivent pouvoir prendre le relais en vue de répondre à la demande de la tâche en cours de manière optimale.

Il serait important de s'attarder davantage à lier les modèles cognitifs et les modèles neurobiologiques afin de spécifier ces mécanismes. Les mécanismes de désengagement sont quant à eux des phénomènes pouvant être impliqués dans les difficultés d'inhibition observées chez l'enfant au cours de son développement ou dans les troubles d'apprentissage observés en clinique et sont certainement très invalidantes dans la clinique. Peu d'outils permettent de les mesurer efficacement et leur prise en charge est réduite, sinon inexistante, en clinique, dans les troubles d'apprentissage.

2. PREDICTEURS DU DEVELOPPEMENT TYPIQUE DU LANGAGE ORAL ET ECRIT ET DES TDL

La seconde grande question de cette thèse avait trait au lien inhibition-langage et aux prédicteurs du langage de manière générale. L'inhibition peut-elle être considérée comme une variable à part entière pour expliquer le développement typique et atypique du langage oral et celui du langage écrit (et le recouvrement des difficultés langage oral-langage écrit) et comment la situer par rapport aux prédicteurs cognitifs classiques ? Bien que nous nous soyons centrés, dans cette thèse, au traitement des aspects perceptivo-perceptuels et cognitifs dans l'acquisition typique du langage, les facteurs d'ordre biologique, socio-relationnel et environnemental n'en restent pas moins importants et des liens entre notre travail peuvent largement être envisagés avec les aspects socio-relationnels et environnemental par exemple.

Le passage de l'âge préscolaire à l'âge scolaire est une étape importante au niveau des processus langagiers puisqu'il s'agit pour l'enfant d'une part, de raffiner sa phonologie, son lexique et sa morphosyntaxe en langage oral, d'autre part de mettre en place des structures nécessaires à l'entrée dans l'écrit. Un pic de développement des fonctions exécutives, et plus spécifiquement de l'inhibition, est régulièrement décrit dans la littérature entre 4 et 7 ans (ex. pour une revue, Diamond, 2013). Il a donc ensuite été question d'étudier le rôle prédictif des différents types d'inhibition sur le développement précoce du langage et d'étudier leur influence, comparativement à des prédicteurs liés à l'hypothèse phonologique au sens large. Peu de travaux ont en effet envisagé l'inhibition chez le jeune enfant en termes de prédicteur du langage oral, rares sont ceux qui l'ont fait en tenant compte des différentes composantes langagières (morphosyntaxe/lexique, réceptif/expressif) ou en la considérant dans le cadre des troubles du développement du langage oral (TDL). Peu de travaux, jusqu'à maintenant, l'ont encore envisagée comme prédicteur du langage écrit ou ont spécifié son implication dans les processus de lecture (vitesse/précision) ou dans le recouvrement des compétences de langage oral et écrit sous cet angle, notamment en préscolaire.

Dans cette optique, l'étude 2 nous a permis de mettre en perspective le développement typique du langage et différents processus, de mémoire phonologique à court terme, de métaphonologie, de mémoire de travail et d'inhibition. Le but était de savoir si ces processus pouvaient être de bons prédicteurs du langage développement du langage oral d'enfants de 4 à 6 ans. Ces enfants ont été revus deux ans plus tard (étude 3) dans le but de savoir d'une part, si ces mêmes processus (inhibition et prédicteurs phonologiques), mesurés entre 4 et 6 ans, permettaient de prédire le langage oral (étude 3 A) mais aussi l'entrée dans le décodage en lecture (étude 3B). Enfin, dans une perspective davantage liée à la clinique logopédique, nous avons cherché à savoir si des différences aux niveaux de ces processus, et notamment au niveau de l'inhibition, permettaient d'expliquer les variations observées entre le développement typique du langage et les troubles développementaux du langage (TDL) (étude 4).

2.1. Prédicteurs du langage oral typique

Les études 2 et 3A nous ont permis d'étudier le lien entre ces variables tests, phonologiques et d'inhibition, et le développement du langage oral typique. D'abord entre 4 et 6 ans (préscolaire) ensuite, dans une perspective longitudinale à 6-8 ans.

Nos résultats ont montré que les performances de mémoire de travail, de mémoire phonologique à court terme et de la métaphonologie combinées (MétaPh), mais aussi d'inhibition (non verbale) de type Stroop Animaux et Cocktail party (verbale), s'avéraient être de bons prédicteurs du développement typique du langage oral à 4-6 ans quand l'âge et le raisonnement non verbal sont contrôlés (analyses de régression en plusieurs étapes pas à pas).

Plus spécifiquement, selon les composantes langagières étudiées (étude 2), ces prédicteurs apparaissent avoir des influences variables. Pour ce qui est de la mémoire de travail, elle semble influencer sur la morphosyntaxe réceptive et sur le lexique expressif, alors que la métaphonologie et la mémoire phonologique combinée (MétaPh) influencent davantage la morphosyntaxe expressive ainsi que le lexique expressif et réceptif. Pour ce qui est de l'inhibition cognitive de type conflit non verbal, celle-ci semble jouer une importance dans la compréhension morphosyntaxique et le lexique (expressif et réceptif) chez l'enfant tout venant, alors que l'inhibition verbale cocktail semble contribuer à prédire davantage à la morphosyntaxe expressive, ainsi que le lexique expressif et réceptif ou notre mesure de langage global. L'âge et le raisonnement non verbal, mesure de contrôle ne sont pas apparues significatives dans ces analyses de régression. Au cours de l'étude 2 nous avons discuté du rôle que pouvait jouer chacun des prédicteurs phonologiques et d'inhibition dans le développement typique du langage et de l'implication de celles-ci dans les mécanismes langagiers.

Pour ce qui est du lexique, l'incidence de la métaphonologie et de la mémoire phonologique à court terme corroborent les travaux de Mounir (2012) chez l'enfant francophone d'âge équivalent. Toutefois, notre étude tend à montrer l'influence de ces processus mais aussi de l'inhibition cocktail sur le lexique tant réceptif qu'expressif. Pour ce qui est de la morphosyntaxe réceptive, l'indice d'inhibition non verbale conflit (Stroop animaux) et le score de mémoire de travail (empan envers de chiffres) sont les principales variables explicatives de la compréhension morphosyntaxique dans le développement typique à 4-6 ans dans notre étude 2 étudiant l'effet sur les composantes langagières prises isolément (respectivement 9.3 % et 17.2 % de variance expliquée). Ces résultats vont dans le sens des travaux de Novic, Hussey, Teubner-Rhodes & al. (2013) qui montraient, chez l'adulte, un lien entre inhibition et compréhension morphosyntaxique de phrase ambiguës ainsi qu'un effet de l'entraînement des fonctions exécutives sur leur compréhension. Avant 8 ans, l'hypothèse était que l'enfant, en raison d'une immaturité des processus inhibiteurs, semblait avoir des difficultés à réviser les phrases en cas d'incompréhension, comparativement au fonctionnement adulte (Trueswell & al., 1999), l'empêchant de prendre en compte des éléments référentiels (Weighall, 2008). L'influence de l'inhibition avait été discutée sans toutefois, à notre connaissance, que cela ait pu être validé expérimentalement dans des travaux chez l'enfant avant 6 ans. Nos résultats contribuent donc à valider que les processus d'inhibition participent à la compréhension morphosyntaxique chez l'enfant de 4-6 ans. L'utilisation de tâches de révision de phrases ambiguës chronométrées pourrait, plutôt qu'une tâche plus composite comme celle utilisée ici (ECOSSE), venir enrichir ces données. Sous l'angle de la morphosyntaxe expressive, un défaut d'inhibition (verbale cette fois) apparaît également intéressant à considérer notamment dans des tâches de complétion de phrases, relativement contraignantes au niveau de la structure syntaxique ou morphologique (inflexions). Dans le langage spontané,

il est plus aisé pour l'enfant d'utiliser des structures qu'il maîtrise, souvent les plus fréquentes.

L'étude 3A a visé à établir les variables préscolaires, mesurées entre 4 et 6 ans, susceptibles d'influencer le développement, du langage oral au début des apprentissages formels, entre 6 et 8 ans. Plus particulièrement, il a été question de savoir dans quelle mesure diverses compétences, réputées prédictives dans la littérature, pouvaient avoir une influence sur le niveau ultérieur de langage oral, 2 ans plus tard. Il a surtout été question de savoir si les processus d'inhibition, sous différentes formes, permettaient de prédire ce développement et dans quelle mesure, comparativement aux prédicteurs phonologiques. Dans les limites de notre étude, le langage oral à 6-8 ans est prédit deux ans plus tôt (à 4-6 ans) par le raisonnement non verbal (17.6 % de variance expliquée) puis par, les performances de langage oral (41.7 %) dans une première analyse de régression. Après retrait de ces variables influentes, les analyses montrent, dans une seconde analyse, que l'empan envers de chiffres (reflétant la mise à jour verbale) permet d'expliquer une part supplémentaire de variance (12.7 % de variance résiduelle). Puis, dans une troisième analyse, après retrait de cette dernière variable, la métaphonologie combinée à la MPCT (MétaPh) expliquent encore 11,7 % de variance restante. Enfin, 9.5 % de variance résiduelle, dans une quatrième analyse, sont encore expliqués par l'inhibition auditive après retrait des variables influentes précitées. Le langage oral et les mesures phonologiques (Mdt, métaphonologie, MPCT) mesurées à 4-6 ans permettent d'anticiper le développement typique du langage oral dans une perspective longitudinale, deux ans plus tard. De plus, l'inhibition auditive, mesurée en préscolaire, y contribue aussi significativement lorsque l'âge et le raisonnement sont contrôlés. Les résultats ne sont en revanche pas significatifs pour l'inhibition conflit de type Stoop animaux et pour l'inhibition motrice (STATUE). Du fait de l'effet plafond déjà pour les plus jeunes enfants en T1, pour la mesure d'inhibition motrice, il est délicat de conclure quant à cette forme d'inhibition. Toutefois, bon nombre de travaux tendent à montrer davantage un effet modérateur du langage sur la régulation comportementale (Pettersson & al., 2015 ; Kuhn & al., 2014). Concernant l'inhibition non verbale de type conflit (Stroop Animaux), le manque de significativité des résultats peut, comme nous l'avons spécifié dans la discussion de l'étude 3, s'expliquer par le fait que le facteur composite de langage en T2 était assez faible d'une part, et que nous nous sommes restreints, pour des raisons statistiques, à étudier ce facteur composite plutôt que les différentes composantes du langage d'autre part. Ce dernier point a pu participer au fait de ne pas mettre en évidence certains effets. Enfin, peu d'études ont étudié, dans une perspective longitudinale, les interrelations entre inhibition et langage chez l'enfant sinon celle de Gooch & al. (2015) qui a pu montrer des liens réciproques à un même temps expérimental mais pas nécessairement de liens objectivables dans une visée longitudinale entre les différents temps expérimentaux. Notons aussi que le pic d'évolution de l'inhibition est décrit entre 3 ½ et 7 ans et que nos mesures d'inhibition ont été recueillies entre 4 et 6 ans. L'influence de ce développement n'a peut-être pas été entièrement pris en considération ce qui a peut-

être contribué au manque de significativité des résultats. A la lumière de ces éléments, l'influence de l'inhibition reste minoritaire comparativement aux mesures phonologiques pour prédire le développement langagier à 6-8 ans sur base des performances d'inhibition mesurées à 4-6 ans. En définitive, les scores mesurés à 4-6 ans de langage, de mémoire de travail, de métaphonologie et mémoire phonologique à court terme ainsi que d'inhibition auditive contribuent à déterminer le développement du langage oral, chez les mêmes enfants, deux ans plus tard. Nos analyses n'ont pas porté, dans l'étude 3A, sur les différentes composantes du langage comme dans l'étude 2. Le score d'inhibition conflit Stroop, qui était significatif dans l'analyse des composantes langagières mais pas au niveau du score global de langage (FCLO), n'est donc pas apparu directement comme prédicteur. Une analyse avec sous-composantes langagières, si nous avions eu plus de participants, aurait peut-être permis de le révéler dans l'étude 3. Notons enfin que le raisonnement non verbal, mesuré à 4-6 ans, s'est avéré être le premier prédicteur (17.6 % de variance expliquée) du score composite de langage oral à 6-8 ans alors que ce prédicteur n'était pas significatif précédemment dans l'étude 2.

Comme cela a été présenté et discuté précédemment, notre épreuve cocktail party visait au-delà d'un masquage énergétique, à mesurer l'effet d'un masquage informationnel sur le traitement langagier en référence aux travaux de Grataloup (2007). En considérant cet aspect, une meilleure inhibition auditive avec un cocktail party, tel que celui proposé ici, vise donc aussi à renseigner sur le traitement de type top-down du message. Il est bien évident que ce point devrait être spécifié dans des études subséquentes mais les résultats suggèrent ici que plus un enfant est en capacité d'inhiber des influences linguistiques top-down à 4-6 ans, meilleures sont ses performances langagières à cet âge (étude 2) mais aussi deux ans plus tard (étude 3A).

Comme nous l'avons présenté, l'influence des variables liées à l'hypothèse phonologique au sens large et de la mémoire de travail est régulièrement retrouvée dans la littérature dans les études s'y référant (ex. Gathercole & Baddeley, 1989 ; Gathercole & al., 1991 ; en français : Mounir, 2012, Majérus & al., 2006 pour la métaphonologie et la mémoire phonologique à court terme ; Delage & Frauenfelder, 2012, par exemple pour la mémoire de travail et la morphosyntaxe). En revanche, l'influence significative de l'inhibition, entre 4 et 6 ans, vient documenter la littérature quant aux facteurs à prendre en considération dans le développement du langage à cet âge. A la lumière de l'ensemble de ces résultats, nous pouvons aussi avancer qu'avoir de bonnes aptitudes, à 4-6 ans, de mémoire de travail, de métaphonologie, de mémoire phonologique à court terme mais aussi d'inhibition verbale de type cocktail, est un atout pour le développement typique du langage oral, à 6-8 ans, de même qu'avoir un bon raisonnement non verbal.

L'inhibition, en enfance (mesurée entre 4 et 6 ans), peut en définitive permettre de prédire le niveau de développement typique du langage oral. Son influence est marquée au niveau

de l'inhibition conflit verbale (cocktail) et non verbale (Stroop animaux) qui peuvent être des facteurs plus ou moins influents selon les composantes langagières étudiées et comparativement aux mesures phonologiques. Quoi qu'il en soit, prédicteurs phonologiques et inhibition cognitive, de type conflit, verbale et non verbale, sont à prendre en considération dans le développement du langage oral typique entre 4 et 8 ans (études 2 et 3A).

2.2. Prédicteurs du langage écrit

L'étude 3B a visé à savoir si les performances d'inhibition à 4-6 ans, au même titre que le niveau de langage oral ou les prédicteurs phonologiques (Mdt, Métaphonologie, MPCT) constituaient une combinaison de choix pour prédire l'entrée dans le déchiffrage en lecture à 6-8 ans. La littérature rapporte en effet, comme développé dans l'introduction, des liens entre langage oral et langage écrit et notamment des difficultés couramment retrouvées chez les enfants avec TDL ou les « late-talkers » dans l'acquisition du langage écrit (Rescorla, 2002 ; Zesiger, 2002, 2005 ; Snowling & al., 2001). L'identification de bons prédicteurs permet de se positionner en clinique dans une optique de prévention et de réduire l'impact des troubles avec un enseignement adapté ou une prise en charge précoce.

Nous avons ainsi évalué, entre 4 et 6 ans, les performances de langage oral (lexique et morphosyntaxe en réception et en expression), de mémoire de travail (empan envers), de mémoire phonologique à court terme (empan endroit), de jugement de paires phonologiquement proches et de rimes ainsi que d'inhibition motrice, non verbale conflit (Stroop animaux) et verbale (cocktail). Deux ans plus tard, nous avons revu les mêmes enfants et avons mesuré leur vitesse et leur précision de lecture pour des mots réguliers et irréguliers et pour des pseudomots permettant d'investiguer les processus de lecture (adressage/assemblage). Pour réduire le nombre de nos variables en vue des analyses statistiques, nous avons calculé un facteur composite de langage oral (FCLO-T1) et des scores composites de métaphonologie et MPCT (MétaPh), de précision de lecture, de vitesse de lecture. L'utilisation de ces scores composites, comme nous l'avons discuté dans l'étude 3B, ne nous permet pas d'identifier avec finesse les processus précisément en jeu. Néanmoins, ils donnent une meilleure validité statistique.

La durée d'apprentissage, mesure de contrôle, s'avère prédire majoritairement la précision (69.4 % de VE) comme la vitesse de déchiffrage (75.8 % de VE) comme supposé. Les mesures de MPCT et de métaphonologie combinées (MétaPh), de mémoire de travail ainsi que de facilitation au Stroop (écart pondéré entre neutre et facilitation) prédisent la précision de lecture deux ans plus tard (respectivement, 19.4 ; 10.7 ; 1.9 % de VE) lorsque la durée d'apprentissage et le raisonnement non verbal sont contrôlés. En ce qui concerne la vitesse de lecture en T2, celle-ci, tend à diminuer lorsque le langage oral en T1 est plus élevé (3.4 % de VE) mais surtout lorsque les performances d'inhibition verbale Cocktail

augmentent (11.1 % de VE) quand la durée d'apprentissage de l'écrit et le raisonnement non verbal sont contrôlés. Le raisonnement non verbal, mesures de contrôle, n'est pas significatif dans ces analyses suggérant qu'en début d'apprentissage de la lecture, cette variable n'est pas la plus importante. Catts & al. (2012) avaient déjà mis en évidence que le raisonnement non verbal, était davantage à mettre en lien avec la compréhension de lecture qu'avec le déchiffrage. En ce qui concerne l'inhibition motrice, cette variable n'a pas été entrée dans nos analyses de régression étant donné son manque de significativité dans les analyses de corrélations préliminaires. Nous ne pouvons conclure à l'existence de liens significatifs entre inhibition motrice en T1 et déchiffrage en lecture en T2.

Nous avons discuté dans l'étude 3B de la dichotomie des mesures prédictives sur les deux aspects du déchiffrage de lecture considérés, la précision et la vitesse. En dehors de la durée d'apprentissage du langage écrit, deux groupes de variables se distinguent en fonction qu'ils prédisent la précision ou la vitesse de déchiffrage. Les variables en lien avec l'hypothèse phonologique au sens large sont principalement pertinentes pour la précision de lecture ce qui corrobore les travaux de la littérature (ex. Elbro & Scarborough, 2004 ; Gathercole & Baddeley, 1993 ; Poncelet, 1999 ; Blachman & al., 1994 ; Demont & Botzung, 2003 ; De Jong, 2006 ; Messer, Henry & Nash, 2016). Elles n'influencent pas significativement en revanche la vitesse en début d'apprentissage. Disposer de bonnes compétences phonologiques et parvenir à les manipuler permet en ce sens d'avoir un meilleur traitement des conversions graphophonologiques deux ans plus tard. L'influence de l'inhibition non verbale de type conflit (Stroop animaux) bien que mince est également un prédicteur de la précision. Ce point soutient les données de quelques travaux initiaux de la littérature (ex. Booth, Boyle & Kelly, 2010). Présenter de bonnes compétences à régler des conflits cognitifs non verbaux (Stroop animaux/visuo-sémantique) en préscolaire prédit en partie la précision de lecture pendant les premières années d'apprentissages explicites (6-8 ans). Messer, Henry & Nash (2016) n'avaient cependant pas retrouvé d'influence de l'inhibition non verbale à 10-11 ans. L'influence de l'inhibition non verbale conflit pourrait s'étioler avec l'automatisme des processus au cours de l'apprentissage. Une fois le décodage automatisé, et un stock orthographique minimal en place, les besoins d'inhiber des informations conflictuelles non verbales relatives au traitement des conversions graphophonologiques pourraient être moindres. Avant d'automatiser ces conversions, les graphèmes sont en premier lieu des événements visuels auquel il faut progressivement accorder une valeur sémantique. Pour les conversions graphophonologiques simples, ceci est relativement aisé (lorsque le système phonologique est en place). Cela l'est certainement moins pour les digraphes (ex. ai → /è/) quand l'apprenant doit inhiber l'accès aux représentations isolées du *a* et du *i*, sur-apprises, pour pouvoir les fusionner. La difficulté est enfin décuplée pour les graphies contextuelles (s → /z/ entre deux voyelles, sinon s → /s/) lorsque l'enfant doit inhiber la conversion simple du *s* (plus simple et suractivée la première année d'apprentissage formel de la lecture) pour se focaliser sur une nouvelle règle, plus coûteuse et moins fréquente. Par la suite encore, un enfant qui n'a pas facilement acquis l'application de la règle (un *s* entre deux voyelles fait

/z/) pourra apprendre implicitement son erreur avec des phénomènes en cascade qui se produiront et qui entraîneront des difficultés au niveau du stock orthographique et progressivement de la fluidité de lecture. Le lexique ou la morphosyntaxe peuvent cependant d'autant plus permettre d'anticiper le décodage que l'enfant est en situation textuelle (ex. Ouellette & Beer, 2010). Une évaluation des fonctions inhibitrice au temps 2 (6-8 ans) aurait été intéressante pour étudier le pic de développement d'inhibition, couramment décrit jusqu'à 7 ans, sur le déchiffrage au temps 2 d'une part, envisager un troisième temps expérimental d'autre part mesurant les influences plus tardives entre inhibition et déchiffrage. Gooch, Thompson, Nash, Snowling & Hulme (2016) avaient en effet mesuré des influences réciproques entre langage écrit et inhibition mais davantage en intra-temps qu'en inter-temps expérimental.

Pour la vitesse en revanche, d'autres processus sont pertinents à savoir l'inhibition non verbale en premier lieu, le langage oral en second. Avoir un meilleur langage (sur le plan phonologique, lexical et morphosyntaxique) permet certainement, comme nous venons de l'évoquer, d'avoir plus rapidement accès aux représentations linguistiques. Pour les premiers niveaux de lecture, cela permet de récupérer plus rapidement une forme stockée en mémoire (phonologique ou lexicale, morphosyntaxique) et de la lire même si le déchiffrage n'est pas parfait (pour les mots réguliers notamment) pourvu que le langage oral est bien construit. Pour l'inhibition verbale, de bonnes compétences à 4-6 ans, constituent un bon indicateur du déchiffrage deux ans plus tard. Ces résultats viennent compléter les travaux de Messer, Henry & Nash (2016) qui avaient montré une influence de l'inhibition verbale sur le déchiffrage en lecture mais chez le préadolescent. Une fois encore, disposer d'une bonne capacité à inhiber des interférences proactives (cf. analyse de la tâche cocktail) et pouvoir focaliser et défocaliser son attention (cycles attentionnels) seront donc des facteurs non négligeables en faveur d'une fluidité accrue de lecture. Cela aidera, a fortiori, à gérer efficacement les conflits verbaux, et participera à l'inhibition rapide et perspicace des concurrents lexicaux ou infralexicaux. Selon l'efficacité des processus d'inhibition, lorsque les apprentissages ne sont pas encore automatisés efficacement (heuristiques), l'enfant pourra persister par exemple sur un trait erroné (phonologique ou lexical par exemple) qu'il vient d'activer et peinera donc à adopter une représentation plus efficace. L'engagement vers une cible et le désengagement d'un distracteur, interne ou externe, ou précédemment activé, conditionnent très probablement la vitesse de traitement et constituent une des facettes majeure (mais pas la seule) du contrôle attentionnel sinon de l'inhibition et donc de l'apprentissage. Lire c'est aussi répondre à des phénomènes de prosaccade (plutôt involontaires) et d'antisaccade, plutôt volontaires qui implique le cortex préfrontal (DLPFC) responsable de la réorientation volontaire du regard en cas de détection d'erreurs. En cours d'apprentissage, plus l'enfant bénéficiera de stratégies ou de feed-back correctifs efficaces en cas d'erreurs, plus le système sera en adéquation et assimilera la règle. La coactivation des réseaux entre eux (mapping) permet en effet le renforcement de la trace et donc l'apprentissage (Sekeres, Moscovitch &

Winocur, 2017). Dans le cas contraire, l'enfant pourra persévérer sur une erreur, qu'il apprendra progressivement et qui sera d'autant plus difficile à inhiber par la suite qu'elle sera stockée en mémoire comme une heuristique. En outre, la lecture attentive suppose l'activation du cortex visuel en première intention (100 ms) suivie de l'activation secondaire (vers 400 ms) des aires dévolues à la phonologie, à la mémoire de travail, à la mémoire phonologique à court terme et à la sémantique (Lachaux, 2018). Toute intrusion pendant ce court laps de temps (200 à 300ms) empêche l'accès au sens et aux informations diverses. Les cycles perception-action sont donc essentiels et l'inhibition contribue à leur bon déroulement. En cas de distraction, un réseau (ventral) réorganise de manière réflexe l'attention (ex. si le téléphone sonne, perception de la sonnerie, évaluation du risque, en cas de non risque, refocalisation sur la lecture). L'attention peut toutefois être captée par des effets de saillance perceptive (stimuli externes) mais aussi par les émotions ou les affects (stimuli internes) d'autant plus que les circuits de récompenses et de nouveautés pourront être stimulés (Lachaux, 2011). Les stimuli internes sont activés dans le mode neuronal par défaut (donc en cas d'inattention). Si un élément saillant est perçu parmi ces stimuli internes, l'attention est alors happée par ceux-ci. Dans le cas contraire, les circuits de contrôle attentionnels (cortex préfrontal notamment) se mettent en œuvre, pour réorienter l'attention. Les régions cérébrales liées au mode par défaut sont alors supprimées au profit d'autres régions dévolues à l'activité sur laquelle l'attention se porte à l'extérieur (Lachaux, 2015). Pour Lachaux encore, cette attention peut s'éduquer. Un set attentionnel (PIM set task) comprend trois zones, sinon trois activités, distinctes, qu'il est nécessaire de mettre en œuvre pour s'engager et réussir une tâche. La définition de la cible, la perception, l'intention. La compréhension de la tâche, autrement dit la définition de la cible, doit être claire, précise, courte dans le temps (micro objectifs au besoin). L'activité de ces réseaux de neurones se dégrade très vite. Il est nécessaire que la cible soit la plus saillante possible pour être plus facilement réactivée. Ceci entraîne une vigilance accrue et un effet de facilitation top down, cela permet leur reconfiguration plus facilement dans le cas contraire. La perception s'organise en fonction de la cible et se trouve renforcée par une intention adéquate. Dans le cas où plusieurs tâches sont demandées (ex. écrire/graphisme et orthographier comme il faut), il y a alors conflit entre les deux tâches (d'autant plus important qu'elles ne sont pas automatisées). Le système doit prioriser alors même que les prises de décision doivent être rapides (200ms). Le risque de mauvaise décision est alors augmenté avec des choix plus ou moins arbitraires. Dans notre exemple, l'enfant peut privilégier soit la qualité de l'écriture (i.e. la récupération de la forme graphique), soit la récupération de la forme orthographique (i.e. la mise en place de la règle d'accord) qui affère à ce qu'il doit traiter. Il se peut aussi, qu'en raison d'une cible insuffisamment définie, le réseau neuronal dévolu à la cible ne soit plus rafraîchi par manque de saillance et que le mode par défaut s'active (distraction), tout stimulus interne détournant de l'objectif pourra alors détourner l'attention et donc l'action subséquente.

A 4-6 ans, la capacité à inhiber des informations verbales et cognitives non pertinentes, pour en extraire les informations pertinentes, semble donc déterminer l'entrée dans l'écrit à 6-8 ans. Selon la dimension du déchiffrage, précision ou vitesse, une dichotomie des processus prédicteurs est observée hormis pour la durée d'apprentissage, commune aux deux. La mémoire de travail, la métaphonologie et la mémoire phonologique à court terme (MétaPh) en préscolaire (à 4-6 ans) et l'inhibition conflit non verbale, a minima, influencent principalement la précision de lecture deux ans plus tard. L'inhibition verbale cocktail, mesurée à 4-6 ans, est quant à elle la première variable d'importance, après la durée d'apprentissage, à influencer la vitesse de lecture deux ans plus tard, avant le langage oral, même lorsque le raisonnement non verbal est contrôlé. Inhibition (cocktail et non verbale conflit/Stroop animaux) tout comme les variables phonologiques de mémoire de travail, métaphonologie et MPCT, à 4-6 ans, constituent dans tous les cas une combinaison de choix pour prédire l'entrée dans le déchiffrage en lecture, deux ans plus tard, précision et vitesse confondues. Les cycles perception-action et le seuil attentionnel, déterminant les phénomènes de focalisation/défocalisation ainsi que l'inhibition au sens plus large ne sont pas à négliger dans les processus de lecture, notamment en début d'apprentissage.

2.3. Prédicteurs du TDL

Dans une optique très clinique, nous avons voulu savoir si l'inhibition, sous différentes formes, pouvait être un facteur conséquent permettant d'anticiper les troubles développementaux du langage oral sinon d'aider à leur diagnostic. Pour ce faire, l'étude 4 a comparé les performances d'un groupe d'enfants avec trouble du développement du langage (TDL ; n = 16) à celles de deux groupes d'enfants à développement typique du langage (contrôle) appariés en âge (DT-A ; n = 16) ou en niveau de compréhension langagière (DT-L, n=16). Les enfants étaient âgés de 4 ½ ans à 5 ½ ans. Ils ont été soumis à des épreuves évaluant les différentes composantes du langage oral (principales variables dépendantes, réduites à un score composite pour les analyses de régression et analyses discriminantes) ainsi qu'à des épreuves de mémoire de travail verbale, phonologie/métaphonologie, MPCT (ramenée pour les deux dernières à un score composite : MétaPh) et d'inhibition motrice (Statue), non verbale conflit (Stroop animaux), verbale de type cocktail party. Pour des contraintes statistiques, nous avons limité nos analyses au facteur composite de langage (FCLO_4), à nos mesures de contrôle (âge et raisonnement non verbal) et aux mesures tests MétaPh, Mdt, STATUE, I.StroopINT_err et I.CockPh10 pour nos analyses de corrélations, de régression et fonction discriminante.

Mesures de langage

Les analyses de variances multivariées montrent des différences significatives de moyennes pour le contraste DT-A/TDL comme pour le contraste DT-L/TDL pour toutes les mesures de langage. Le groupe avec trouble du langage (TDL) présente des scores moindres quelle que soit la composante langagière étudiée, hormis pour le score d'appariement de compréhension morphosyntaxique, notre mesure d'appariement pour le groupe DT_L. La question des limites liées aux appariements en niveau linguistique et en raisonnement dans ce type d'étude mérite d'être discutée et sera traitée dans la partie *Limites* à la fin de ce chapitre.

Mesures phonologiques

Concernant les mesures phonologiques, les analyses de variances multivariées réalisées sur le facteur Groupe de langage, celles-ci montrent des différences significatives de moyennes pour l'empan endroit de chiffres (MPCT), pour les deux contrastes ainsi que pour notre score combiné de MPCT et métaphonologie pour le contraste concernant les groupes d'enfants d'âge équivalent (TD-A/TDL) avec une tendance pour les enfants appariés en langage (DT-L/TDL). Ces différences contribuent à spécifier le groupe (TDL versus DT). Les analyses de régression, en plusieurs temps (incluant les mesures de contrôle et le groupe en mesures forcées et nos mesures tests pas à pas) permettent d'expliquer une part significative de la variance du langage, avec le score MétaPh, que l'on considère l'ensemble des groupes ou que l'on restreigne les analyses aux groupes appariés en âge (2 % de VE) ou en langage (13.5 % de VE résiduelle, troisième analyse).

MPCT et MétaPh

Concernant les mesures de mémoire phonologique (MPCT) et de métaphonologie (RIMES, PAIRES), les résultats ne nous permettent pas de différencier leur effet étant donné que nous avons calculé un score composite (MétaPh) afin de réduire le nombre de variables pour nos analyses statistiques. Néanmoins, compte tenu des résultats de nos analyses de variance multivariées et de la significativité des résultats retrouvée pour le score MPCT mais pas pour les scores RIMES et PAIRES, il est fort à croire que l'effet du score MétaPh (contraste DT-A/TDL et tendance pour l'autre contraste), dans nos analyses de variances, provient principalement de la variable MPCT. Il est donc très probable aussi que la significativité de ce score dans les analyses de régression soit, pour une bonne partie, liée à l'influence de la mémoire phonologique à court terme et qu'elle contribue à prédire le langage plus que la métaphonologie (RIMES et PAIRES) dans nos analyses. Ceci va dans le sens des différents travaux de la littérature qui témoignent de corrélations sinon de liens prédictifs entre ces MPCT et langage. La mémoire phonologique apparaît en effet avoir une influence sur le lexique (ex. Gathercole & Baddeley, 1989 ; Gathercole, Willis & Baddeley,

1992) et les empan simples plus particulièrement (ex. empan endroit de chiffres) permettent de prédire la répétition de phrases entre 5-8 ans (Frauenfelder & Delage, 2012).

Métaphonologie et Mdt

Pour la métaphonologie (jugement de RIMES, et jugement de similarité de PAIRES phonologiquement proches), comme pour la mémoire de travail (Mdt/empan envers), il reste étonnant de ne pas avoir retrouvé de différences significatives de moyennes dans nos analyses de variances multivariées pour les contrastes étudiés (après contrôle de l'âge et du raisonnement) et que ces mesures ne contribuent pas à déterminer significativement les groupes de langage (trouble versus sans trouble) ou à prédire le niveau de langage. Les travaux de Frauenfelder & Delage (2012) ont en effet pu mettre en évidence que les empan complexes de ce type prédisent différents aspects linguistiques en compréhension comme en expression sur plan morphosyntaxique mais ceci, chez des enfants avec une moyenne d'âge plus élevées dans les groupes (5-8 ans et 8-12 ans).

Le plus jeune âge de nos participants (4 ½ ans à 5 ½ ans) peut certainement expliquer ces différences avec la littérature tout comme l'utilisation d'un score composite (MétaPh). Ce point est discuté dans la partie *Limites* à la fin de ce chapitre.

Inhibition

De la même manière, nous avons voulu savoir si des liens existaient entre le langage et différentes formes d'inhibition (motrice, cognitive non verbal/conflit, auditive/cocktail) et si les mesures d'inhibition permettaient de prédire le niveau de langage ou le TDL. Eu égard à la problématique générale de cette thèse, nous voulions aussi savoir si des liens entre les différentes formes d'inhibition entre elles pouvaient être identifiés.

Les analyses de corrélations partielles (contrôlées par l'âge et le raisonnement) témoignent de liens significatifs entre le facteur composite de langage et l'inhibition, cognitive non verbale de type conflit et l'inhibition auditive mais pas motrice (STATUE). En outre, des corrélations significatives sont également mesurées entre ces deux types d'inhibition témoignant de liens entre ces deux domaines d'inhibition. Ce dernier élément est discuté à la fin de cette partie. Les analyses de variances multivariées confirment quant à elles que l'inhibition auditive (I.CockPh10) et l'inhibition non verbale cognitive de type conflit sont plus faibles pour le groupe TDL comparativement aux deux autres groupes à développement typique (DT-A et DT-L) et que ces performances contribuent à spécifier le fait de présenter ou non un TDL (versus DT). De surcroît, l'inhibition auditive, et dans une moindre mesure, l'inhibition non verbale de type conflit, s'avèrent être des prédicteurs conséquents du niveau de langage oral, lorsque le raisonnement, l'âge et le groupe sont contrôlés, quel que soit le contraste (à âge équivalent ou à niveau de compréhension morphosyntaxique équivalent). L'inhibition auditive s'avère être un meilleur prédicteur que le score combiné

MétaPh, de mémoire phonologique à court terme et de métaphonologie à âge équivalent. De manière analogue, à niveau de compréhension linguistique équivalent, l'inhibition auditive et l'inhibition conflit constituent de meilleurs prédicteurs que ce score combiné de mesures phonologiques. Enfin, un seul ensemble de mesures significatif optimal comprenant, le langage et mais aussi ces deux mêmes mesures d'inhibition, auditive et non verbale de type conflit, et les scores d'inhibition motrice (Statue) différencie le développement pathologique du développement typique du langage (de même âge ou de même compréhension langagière) dans notre analyse factorielle discriminante. Ces mesures déterminent, de manière très fiable, le fait d'appartenir ou non au groupe avec troubles du développement du langage (TDL).

Concernant l'inhibition, peu de travaux dans la littérature ont étudié les liens entre développement du langage oral et différents types d'inhibition chez l'enfant d'âge préscolaire. L'ensemble de nos résultats vérifie nos hypothèses théoriques **H4-2** ainsi que les hypothèses opérationnelles **H04-2.3** (a, b, c) relatives à l'étude 4 et contribue donc à documenter la littérature sur ce point.

Dans la limite de cette thèse, il est possible d'avancer que les différences de performances d'inhibition auditive (cocktail) ou non verbale conflit (Stroop animaux), et très certainement dans une moindre mesure l'inhibition motrice, contribuent à distinguer le fait de présenter un trouble du développement du langage oral de ne pas en présenter. L'inhibition auditive de type cocktail et l'inhibition non verbale de type conflit (stroop Animaux) s'avèrent être de bons prédicteurs du niveau de langage dans le TDL. L'inhibition motrice, telle que mesurée ici et prise isolément n'a pas pu être identifiée comme prédicteur du langage oral isolément. En revanche, combinée à l'inhibition verbale cocktail et à l'inhibition non verbale conflit (Stroop animaux) ces variables, associées au niveau de langage, permettent le mieux de discriminer l'affectation d'un enfant à un groupe avec trouble développemental du langage groupe avec développement langagier. A la lumière de ces éléments, il apparaît donc évident que ces processus d'inhibition devraient être évalués dans le cadre des diagnostics de TDL.

3. SYNTHÈSE SUR LES HYPOTHÈSES GÉNÉRALES

Dans les limites de cette étude, l'ensemble des résultats des études 1, 2, 3 et 4 tend à confirmer les hypothèses générales de cette thèse : **HTG1**, selon laquelle un développement significatif de l'inhibition s'observe entre 4 et 6 ans et ceci principalement pour les mesures cocktail et Stroop animaux mais pas Statue (cf. effet plafond de la mesure) ; **HTG2**, selon laquelle des liens sont retrouvés entre différentes formes d'inhibition, est validée mais exclusivement entre inhibition motrice (statue) et inhibition non verbale conflit (Stroop animaux) ainsi qu'entre cette dernière et l'inhibition verbale cocktail ; **HTG3**, selon laquelle l'inhibition, sous différentes formes, prédit le développement du langage oral, typique entre

4 et 6 ans (étude 2) et deux ans plus tard (étude 3) ainsi que les TDL (étude 4) ; **HTG4**, selon laquelle l'inhibition auditive, testée dans des conditions optimales, prédit le niveau de langage d'une part (études 2 et 3), les TDL d'autre part (étude 4) ; **HTG5**, selon laquelle il existe des liens entre performances d'inhibition et performance de déchiffrage en lecture entre 6 et 8 ans, en début d'acquisition (étude 3B).

3.1. Poids des variables d'inhibition comparativement aux variables phonologiques

Pour revenir sur une de nos grandes questions, concernant le point des mesures phonologiques comparativement aux mesures d'inhibition, les résultats varient selon la composante langagière étudiée, selon qu'il s'agit du caractère prédictif à court ou à plus long terme ou selon que le développement du langage est typique ou atypique.

Pour ce qui est du développement du langage typique, l'inhibition auditive, est le troisième prédictif d'importance dans nos analyses concernant le facteur global de langage (12.6 % de VE résiduelle après retrait de l'influence de l'empan envers : 20.2 % de VE et de score MétaPh : 14.6 %) ou la complétion de phrases pour la morphosyntaxe expressive) (10.1 % de VE résiduelle après retrait de l'empan envers : 19.1 % de VE ou du score MétaPh : 10.7 % de VE). En revanche, l'inhibition verbale cocktail est le premier prédictif pour le lexique réceptif ou le second après l'inhibition non verbale conflit pour le lexique expressif et l'inhibition non verbale conflit (Stroop animaux) est le second (9.3 % de VE) après l'empan envers (17.2 % de VE). Deux ans plus tard (étude 3A), l'inhibition auditive intervient encore (9.5 % de VE résiduelle) après retrait de l'influence des mesures phonologiques (Mdt : 12.7 % de VE, MétaPh : 11.7 % de VE résiduelle) mais aussi après l'influence du raisonnement non verbal et du langage en T1 qui expliquent respectivement 17.6 % et 41.7 % de VE en première intention. L'âge et le raisonnement n'étaient pas significatifs dans nos analyses de régression pour les analyses à 4-6 ans (étude 2). Une analyse par composante langagière a aussi été réalisée dans l'étude 2. Celle-ci montre une supériorité du poids pour des prédictifs phonologiques comparativement à celui de l'inhibition cocktail pour la morphosyntaxe expressive (complétion), la répétition de phrases, ou la compréhension morphosyntaxique. En revanche, le rapport s'inverse pour les lexiques, réceptif et expressif, où les mesures d'inhibition font partie des premiers prédictifs influents. Notre facteur composite de langage oral global (FCLO) dans l'étude 2 comme dans l'étude 3A est prédit par les mêmes variables (à l'exception du raisonnement non verbal qui devient significatif dans l'étude 3A) avec une supériorité du poids des mesures phonologiques comparativement aux mesures d'inhibition. Mémoire de travail, métaphonologie, MPCT et inhibition conflit de type Stroop animaux ou verbale de type cocktail influence le développement langagier entre 4 et 8 ans dans le cadre du développement typique. Toutefois, les mesures phonologiques apparaissent plus influentes que les mesures

d'inhibition (conflit/Stroop ou inhibition cocktail) dans nos analyses hormis pour le lexique où l'inhibition semble plus influente.

En ce qui concerne l'entrée dans l'écrit (étude 3B), les prédicteurs phonologiques comme d'inhibition non verbale de type conflit (Stroop) ou auditive de type Cocktail, mesurés à 4-6 ans, influencent le développement du déchiffrement. Le poids de ces variables est cependant différent selon que la vitesse ou la précision sont considérées comme variable dépendante dans nos analyses de régression. Pour ce qui est du déchiffrement en lecture, les performances d'inhibition conflit mesurées entre 4 et 6 ans contribuent faiblement (1.9 % de VE) à prédire la précision de lecture à 6-8 ans comparativement aux mesures phonologiques (Mdt : 10.7 % de VE, MétaPh : 19.4 % VE) et à la durée de l'apprentissage (69.4 % de VE). En revanche, l'inhibition verbale cocktail mesurée en T1 est le premier prédicteur de la vitesse de déchiffrement à 6-8 ans après la durée d'apprentissage (75.8 % de VE) et seul le langage mesuré en T1 intervient aussi, mais de manière moindre (3.4 % de VE). L'inhibition cocktail est donc un prédicteur préscolaire de choix de la vitesse de déchiffrement lors du début de l'apprentissage du langage écrit. Le raisonnement non verbal n'intervient pas significativement ni pour la précision ni pour la vitesse. En définitive, pour la précision seule l'inhibition conflit de type Stroop, mesurée à 4-6 ans, joue une influence parmi les processus d'inhibition et ceci à minima comparativement aux mesures phonologiques en T1. En revanche, pour la vitesse de lecture, l'inhibition verbale cocktail, mesurée à 4-6 ans, pronostique majoritairement la vitesse de lecture deux ans plus tard, plus que le langage oral ou les prédicteurs phonologiques (Mdt, MPCT, métaphonologie) mesurés en T1, lorsque la durée d'apprentissage et le raisonnement non verbal sont contrôlés. L'inhibition verbale de type cocktail en préscolaire s'avère donc être un prédicteur de choix de la vitesse de déchiffrement lors de l'entrée dans la lecture alors que l'inhibition conflit non verbale ne l'est seulement qu'à minima pour la précision.

Enfin, pour l'étude 4, investiguant les prédicteurs du langage dans le TDL entre 4 ½ et 5 ½ ans, il apparaît que l'inhibition auditive est le premier prédicteur du niveau de langage, parmi l'ensemble des mesures tests (relatives à l'hypothèse phonologique y compris), après l'influence du groupe (47.2 % de VE, du raisonnement non verbal : 14.9 % de VE) tous groupes confondus. Seule la mesure phonologique MétaPh prédit le langage mais un peu plus faiblement (3.2 % de VE) dans ce cas. Notons que les pourcentages de variance expliquée restent relativement faibles cependant. La restriction des analyses de régression aux groupes appariés en âge ou en niveau linguistique montre de manière analogue que l'inhibition auditive est le premier prédicteur du niveau de langage après le groupe auquel vient s'ajouter le raisonnement non verbal pour la comparaison en âge. L'inhibition non verbale de type conflit (Stroop animaux) intervient de manière moindre mais non négligeable pour la comparaison en âge, plus fortement pour les groupes appariés en niveau linguistique. Dans le cadre du TDL, les mesures d'inhibition verbale cocktail et non verbale conflit s'avèrent être de bons prédicteurs voire meilleurs que les mesures

phonologiques. Comme souligné, le fait d'avoir un score combiné de mémoire phonologique et de métaphonologie a peut-être contribué à une perte d'information des prédicteurs phonologiques contenus dans notre mesure globale (MétaPh) (cf. paragraphes limites). En outre l'analyse factorielle discriminante a montré que seule la fonction comprenant les performances de langage (FCLO) et celles d'inhibition auditive sous trois forme (motrice, conflit non verbal/Stroop Animaux et conflit verbal/cocktail) était significative et permettait de discriminer le groupe TDL des deux autres groupes à développement typique (DT_A et L). Ce dernier point donne un statut d'importance à l'inhibition, en comparaison des mesures phonologiques, même lorsque l'âge et le raisonnement sont contrôlés.

3.2. Stroop animaux, inhibition cognitive non verbale – TDL « general domain »

Cette thèse montre l'implication de mécanismes verbaux mais aussi celle de mécanismes d'inhibition plus généraux (cognitifs non verbaux) dans le TDL. Les résultats concernant l'inhibition, auditive mais aussi l'inhibition cognitive non verbale, évoque en effet l'implication de mécanismes généraux de haut niveau, sinon amodaux, au moins affectant différents sous-types d'inhibition non exclusivement langagiers et partageant certainement des ressources ou des réseaux cérébraux communs.

Notre problématique s'est portée sur l'intervention des fonctions exécutives considérant plus spécifiquement celle de l'inhibition, sous différentes formes, dans le langage. Les résultats vont dans le sens actuel de la littérature référençant le TDL comme un trouble n'affectant pas exclusivement le domaine linguistique (ex. Marton & al., 2012 ; Epstein, Melara & al., 2014 ; Bishop, Snowling, Thompson & Greenhalgh, 2016).

Pour la tranche d'âge étudiée, 4 ½ à 5 ½ ans, les enfants avec TDL présentent de moins bonnes performances d'inhibition de type conflit, verbal et non verbal. Nous pouvons spécifier l'existence d'un lien prédictif de l'inhibition sur le langage. L'inhibition non verbale, quoiqu'ayant une influence moindre par rapport à celle de l'inhibition auditive, permet également de prédire le niveau de langage ou le groupe et s'avère avec le langage et l'inhibition auditive prédire le TDL.

A l'image des travaux de Ziegler et collaborateurs (2005, 2011), chez les enfants de 8 à 12 ans, nous avons retrouvé des difficultés de ségrégation dans le bruit particulièrement présentes dans le TDL, difficultés qui prédisent le TDL et le niveau de langage chez l'enfant plus jeune (4 ½ à 5 ½ ans). En outre, les moindres capacités de traitement dans le bruit (linguistique dans cette thèse) prédisent une part de variance significativement plus importante que les mesures liées à l'hypothèse phonologique (mémoire phonologique et métaphonologie combinée ou mémoire de travail en modalité verbale) suggérant le rôle prépondérant du traitement linguistique dans le bruit. Ziegler et collaborateurs (2005, 2011) avaient de surcroît suggéré le caractère causal et général des difficultés de traitement dans

le bruit. Notre étude corrobore ces résultats et permet aussi d'apporter une validation expérimentale au caractère général de ce type de traitement puisque nous avons pu retrouver des résultats analogues au niveau de l'inhibition non verbale de type conflit (de moindre amplitude toutefois) montrant l'influence de l'inhibition tant auditive que non verbale. De plus, les corrélations significatives, entre inhibition auditive et inhibition non verbale de type conflit, attestent de liens entre ces compétences. Le caractère général, avec l'implication de mécanismes de haut niveau cognitif, verbaux et non verbaux est renforcé. Contrairement à l'hypothèse émise par Van der Lely (2005), notre étude, comme un certain nombre d'autres, va plutôt dans le sens de l'implication de processus « general domain ». Les difficultés observées dans le TDL reflètent ainsi une problématique d'ordre cognitif général. Il s'agit, entre autre, de pouvoir gérer des compétitions de différents niveaux, selon l'input, selon le type d'apprentissage ou encore selon le matériel et les interférences intermodales diverses. Déjà petit, l'enfant rejette les sons non natifs pour pouvoir se focaliser sur les sons natifs qui lui permettent de développer son langage ultérieur (Conboy, Sommerville & Kuhl, 2004). Cette capacité à rejeter les sons non natifs est liée à ses performances d'inhibition alors que sa préférence pour les sons natifs prédit son langage ultérieur. Il est vrai que le lien n'est pas direct dans l'étude de Conboy, Sommerville & Kuhl, (2004) mais ces deux points suggèrent l'implication de l'inhibition, de manière au moins indirecte, dans le développement du langage puisqu'il apparaît nécessaire au tout jeune enfant de se spécialiser pour les sons de sa langue afin de se l'approprier (ex. Tsao, Liu & Kuhl, 2004 ; Molfese & Molfese, 1985). En outre, la catégorisation, qu'elle soit phonologique (ex. sons natifs versus non natif) ou d'un autre ordre (grand versus petit), suppose l'implication de mécanismes fins d'inhibition permettant l'exclusion d'une catégorie au profit d'une autre.

Différents auteurs (ex. Parisse & Maillart, 2006) soutiennent aussi l'idée qu'une seule théorie ne permet pas de tout expliquer dans le TDL ou émettent l'hypothèse des déficits multiples notamment quand le TDL est associé par la suite à un trouble des apprentissages (ex. Pennington & Bishop, 2009). C'est aussi la position que nous soutenons ici. Il paraît incontestable que le TDL se manifeste par l'altération de mécanismes linguistiques (ex. faiblesses des représentations phonologiques). Néanmoins, le fait que des mécanismes, non spécifiquement langagiers, sont impliqués nécessite que l'on s'interroge sur les implications en lien, entre autres cliniques. La littérature témoigne d'un développement important des fonctions inhibitrices entre 3½ et 7 ans parallèlement au développement préfrontal (Diamond, 2001) avec notamment une augmentation du nombre de bonnes réponses à des tâches de type Stroop entre 3 et 6 ans (Gerstadt & al., 1994 ; Simpson & Riggs, 2005) et une diminution progressive des temps de réponse (Diamond, 2007). L'existence de liens réciproques entre fonctions exécutives et langage, au cours du développement, a été soulevée avec toutefois un effet important pour l'implication des fonctions exécutives sur le langage mesuré entre 6-7 ans (Gooch & al., 2016). La possibilité qu'à un moment donné, le langage serve de médiateur aux fonctions de contrôle est réelle. Nous n'avons cependant

pas étudié ce lien de réciprocité dans notre étude mais il semble bel et bien exister des liens prédictifs des fonctions exécutives, et plus particulièrement de l'inhibition sur le langage.

Comme évoqué dans l'introduction théorique, la moitié des cas de TDL se résorberait entre 4 et 6 ans alors que pour l'autre moitié, les troubles perdureraient (Bishop & Adams, 1990) et pourraient s'accompagner de troubles d'apprentissage (langage écrit, faits arithmétiques, difficultés générales d'apprentissage ; ex. Rescorla, 2002 ; Snowling & al., 2001 ; Zesiger, 2006, 2009). Or à 4-6 ans les fonctions de contrôle se mettent en place avec un pic de développement vers 6-7 ans. L'idée qu'un bon développement des fonctions exécutives contribue à faire évoluer positivement le langage dans cette tranche d'âge est largement suggérée ici.

3.3. Statut de l'inhibition auditive de type conflit/ségrégation auditive

Les travaux de Grataloup (2007) ou de Ziegler et collaborateurs (2005, 2011) avaient déjà souligné que les effets sur le traitement de la parole ambiante étaient différents selon que le bruit interférant était de nature linguistique ou non. Si le nombre de voix du bruit interférent et le ratio signal-bruit, sont contrôlés, un masquage de type informationnel peut alors fortement être présent dans un cocktail party. Grataloup (2007) avait retrouvé ce masquage informationnel pour un cocktail naturel à 4 voix pour les mots et jusqu'à 6 voix pour les pseudomots chez l'adulte. Sous un angle neuropsychologique, les effets liés au masquage, informationnel versus énergétique, suggèrent des processus de type top-down au-delà des mécanismes bottom-up classiquement référencés dans les travaux sur la ségrégation auditive. Chez l'adulte dyslexique, des différences au niveau cérébral ont été mises en évidence, reflétant un manque d'asymétrie des aires dévolues à l'audition (Grataloup, 2007). Rappelons aussi l'incroyable adaptabilité de l'oreille qui, par le biais des voies rétrocochléaires descendantes permet de diminuer ou d'augmenter l'amplitude vibratoire des cellules ciliées de l'oreille interne et ceci, de manière spécifique, afin d'optimiser le message sur lequel se porte l'attention. Ce type de travaux, avec cette méthodologie, n'a pas été réalisé à notre connaissance chez l'enfant avec TDL et notamment chez le jeune enfant.

Par un contrôle méthodologique conséquent de la tâche cocktail, tel que proposé par Grataloup (2007), nous avons voulu maximiser le masquage informationnel en optimisant l'effet des voix parasites du cocktail party. Il s'agissait donc d'inhiber d'autant plus cette perception au profit de l'input langagier cible ou de reconstruire de manière plus conséquente le message. En prenant des pseudomots contenant des syllabes de faible fréquence phonotactique, nous avons de surcroît voulu réduire l'impact de la mémoire à long terme lexicale et supralexicale sur l'appréhension des cibles verbales (les pseudomots). Tout enfant confronté à un nouveau mot dans la vie de tous les jours se retrouve en définitive confronté à ce type de situation. Du fait de la faible teneur en informations pertinentes lexicales ou supralexicales (issues de la mémoire à long terme), de ces

pseudomots ou nouveaux mots, les processus de restructuration peuvent difficilement s'opérer et les processus d'inhibition doivent d'autant plus jouer leur rôle afin d'inhiber la parole interférente pour se focaliser sur la cible. Avec un masquage de type informationnel, et pas simplement énergétique, des phénomènes inhibiteurs de contrôle sont alors engagés pour inhiber les voix concurrentes au message cible, impliquant une véritable inhibition cognitive de haut niveau puisqu'à l'interface avec les informations stockées en mémoire ou précédemment activée. On comprend dès lors l'effet délétère que peut avoir une défaillance des processus d'inhibition sur cette prise d'information nouvelle. Contrairement au propos de Diamond (2013), pour qui un cocktail party n'interfère que sur les bas niveaux, selon les qualités psychoacoustiques du cocktail (nombre de voix concurrentes, RSB) tout porte à croire que des mécanismes de plus haut niveau interviennent. Le lien retrouvé entre inhibition auditive et inhibition non verbale souligne fortement la possibilité de tels processus. Outre les lexicalisations repérées et directement comptabilisées dans les scores cocktail, un certain nombre d'erreurs de persévération, sur l'item précédent (ou provenant de deux items précédents) ont également été repérées. Ces erreurs témoignent, pour les premières, de l'intervention des informations linguistiques stockées en mémoire (information lexicale, récupérée en mémoire, non pertinente pour la tâche en cours), pour les secondes, de la difficulté à inhiber des informations précédemment activées. En raison de contraintes statistiques, nous n'avons pu prendre en compte ces erreurs de manière isolée, néanmoins, l'analyse qualitative subsidiaire donne des éléments intéressants quant aux traitements qui se jouent et documente ces phénomènes d'interférences (i.e. les défauts d'inhibition). Il serait intéressant de documenter statistiquement ces données mais aussi la durée d'activation des informations précédemment donnant lieu à des erreurs. Les analyses qualitatives de ces erreurs de persévérations sur notre corpus suggèrent en effet l'incidence de phénomènes de suractivation/défaut de désengagement de la trace. Ces phénomènes pourraient rendre compte des persévérations phonologiques et lexico-sémantiques et expliquer le traitement délicat entre deux items (ex. clics, images) s'ils sont présentés de manière trop rapprochée. Certains enfants pourraient en effet présenter des durées d'activation trop importantes en raison d'un défaut d'inhibition/désengagement entraînant systématiquement des interférences avec l'item suivant lorsqu'il est présenté trop rapidement après (persévération) ou lorsqu'il est trop ressemblant. Ce dernier élément de réflexion n'est pas sans rappeler les hypothèses de Tallal & Piercy (1975), qui pourraient être revues à la lumière des processus d'inhibition, sur la difficulté d'enfants avec troubles du langage à percevoir deux clics proches, ou de la difficulté de ces enfants à percevoir des sons complexes (plusieurs consonnes présentées à la suite) comparativement à des syllabes simples où la voyelle permet l'allongement de la durée entre deux consonnes. Une suractivation d'éléments linguistiques précédemment activés ou captés (ex. mots, phonèmes, clics) en raison d'un déficit d'inhibition, pourrait impacter le traitement des éléments cibles, mots nouveaux, représentations activées en mémoire. Selon le niveau où se fixe l'attention (intonation, phonèmes, syllabes, mots) cela pourrait moduler le traitement.

3.4. Implication de l'inhibition dans le TDL

Une des questions à laquelle cette thèse cherche à répondre est aussi de savoir quelle est l'implication de l'inhibition auditive et de l'inhibition en général dans le développement des troubles du langage. Nous n'avons pas pu mettre en évidence que l'inhibition motrice (Statue) était un prédicteur du niveau de langage oral isolément. En revanche, cette mesure contribue à différencier les enfants en fonction du groupes d'appartenance (avec ou sans TDL) dans l'analyse factorielle discriminante. Les capacités d'inhibition motrice, comme évoquées précédemment, jouent certainement un rôle indirect sur l'ensemble des apprentissages en permettant à l'enfant de se poser face à une situation d'apprentissage ou à s'autoréguler pour pouvoir s'ajuster à la situation comme évoqué précédemment. Nos résultats invitent en revanche, de manière claire, à penser que les enfants du groupe avec troubles du langage, ont de moins bonnes performances d'inhibition non verbale de type conflit comparativement aux groupes à développement typique du langage (DT-A et DT-L). Ils inhiberaient moins les informations cognitives non pertinentes comparativement au groupe avec développement typique du langage (DT), ce qui leur vaudrait un traitement moins efficaces, ne permettant pas de trier efficacement les informations pertinentes provenant d'informations conflictuelles de l'environnement (ex. visuelle) de celles stockées en mémoire (ex. sémantiques) ou encore de celles précédemment activées. Ceci engendrerait des difficultés de traitement en rapport avec les données présentées conjointement, celles préexistantes ou encore celles activées en mémoire, en vue de répondre à un objectif (cible). En retour, ceci induirait une moins bonne activation des données et réseaux pertinents et donc un moins bon apprentissage avec une adaptabilité moindre aux situations. Cette inhibition pourrait parallèlement empêcher les actions efficaces de type top-down, en empêchant la sélection efficace des informations stockées en mémoire (procédurales par exemple), ou en cours de traitement, sinon en parasitant un traitement davantage contrôlé en vue d'optimiser des processus de sortie ou de s'ajuster aux attentes en permettant d'aller récupérer des formes morphosyntaxiques moins fréquentes par exemple (cf. analyses subsidiaires en annexe VII sur la variable *ms_exp* (cpl)). Ce type d'inhibition pourrait notamment faire défaut chez le jeune enfant avec TDL pour ajuster ses productions, pour contrôler sa production immédiate, pour s'autocorriger après une réponse erronée, ou encore pour corriger des formes archaïques (précédemment stockées en mémoire) à l'issue d'un feed-back correctif qui lui est proposé par exemple.

De manière spécifique pour l'inhibition auditive, les enfants avec troubles du langage oral apparaissent avoir des difficultés à inhiber des informations auditives non pertinentes (ex. bruit/parole de l'environnement) ce qui les empêchent de se focaliser sur des informations pertinentes de leur environnement. Ces difficultés impactent a fortiori leur capacité à ajuster leur attention sur la cible et pourrait être le reflet du rétrocontrôle cochléaire de plus ou moins haut niveau comme montré dans les travaux de Grataloup (2007) chez le dyslexique adulte en ce qui concerne ce déficit et leur capacité à reconstruire un message. Dans le développement du langage typique, l'inhibition auditive apparaît déjà avoir des

implications à différents moments du développement et sur différents niveaux. Les travaux de Tsao, Liu & Kuhl (2004) ont ainsi montré que l'écart de performance, à 6 mois, entre capacités de discrimination des sons natifs et de discrimination des sons non natifs corrélait avec le niveau ultérieur de langage à 13, 16 et 18 mois sur différents domaines du langage (compréhension et expression, lexique et morphosyntaxe). Conboy, Sommerville & Kuhl (2008) ont ensuite trouvé des corrélations entre l'inhibition et la capacité à ignorer les sons non natifs suggérant que l'éviction des sons non natifs, en lien avec les performances d'inhibition, contribuait à la spécialisation des phonèmes pour la langue native. Différents auteurs (Vance & Martindale ; 2012 ; Ziegler & et al. ; 2005, Ziegler & al. 2011) ont mis en évidence que le groupe avec trouble du développement du langage discriminait moins bien les paires phonologiquement proches dans le bruit à 5 à 7 ans, comparativement au groupe avec développement typique. Ceci se portait principalement sur le trait de voisement (trait le moins saillant visuellement) et il existait des corrélations significatives entre scores de discrimination dans le bruit et scores de langage. Toutefois, les auteurs, pour certains, n'ont pas investigué le lien causal, ni considéré ces capacités à discriminer dans le bruit sous l'angle de l'inhibition (score brut, dans le bruit, par sujet et non indice comparant condition avec et condition sans bruit). Les travaux sur les effets de la perception d'enfants plus âgés et la ségrégation auditive n'ont pas spécifiquement testé l'inhibition et ont plutôt testé l'effet d'un masquage énergétique (vingt locuteurs ou RSB de 0) comme développé dans la l'introduction. Nous ne pouvons pas statuer sur le fait qu'un masquage énergétique est plus ou moins gênant qu'un masquage informationnel puisque tel n'était pas l'objet de cette thèse. En revanche, nous pouvons statuer sur le fait qu'un masquage informationnel interfère déjà avec une cible verbale lorsque le bruit concurrent est présenté dix décibels en dessous de la cible (RSB de 10) et que cette caractéristique permet de discerner développent typique et TDL déjà à 4 ½ à 5 ½ ans.

Concernant le recouvrement entre les troubles du développement du langage oral et de l'écrit, différentes hypothèses ont été proposées comme exposé dans la partie théorique. Les travaux de Grataloup (2007) ont montré une diminution des performances d'écoute dans le bruit chez de jeunes adultes dyslexiques. Notons que les enfants avec TDL qui présentent des FE inférieures sont également ceux qui peinent en décodage (Booth & al., 2010) et que l'inhibition verbale ou non verbale permet de prédire le décodage à 10 ½ ans à 11 ½ ans, chez les enfants avec ou sans trouble du langage oral (TDL), lorsque la vitesse de traitement, l'âge et l'intelligence sont contrôlés (vitesse non significative) (Messer, Henry & Nash, 2016). Nos études successives, dans une population d'enfants tout-venants, ont pu montrer un lien entre inhibition conflit et développement typique du langage oral, entre 4 et 6 ans, mais aussi que ces compétences permettaient de prédire le langage oral et écrit deux ans plus tard ou que les processus d'inhibition permettaient de prédire le TDL. Nous n'avons en revanche pas testé ici la lecture chez l'enfant avec TDL pour savoir si les

compétences d'inhibition permettaient de prédire à la fois le langage oral et le langage écrit et le recouvrement des difficultés en oral et en déchiffrement de lecture chez ces enfants en particulier. A l'issue de cette thèse, l'idée que des déficits multiples (Pennington, 2006 ; Pennington & Bishop, 2009), impliquant l'inhibition, puissent rendre compte du recouvrement des troubles du développement du langage oral et de ceux langage écrit nous interpelle. En outre, cette inhibition, qu'elle soit auditive ou visuelle, apparaît très souvent défaillante en clinique dans les pathologies du langage oral mais aussi celles de la communication dans les troubles autistiques par exemple. L'inhibition questionne.

Au cours du développement, il est aussi fort à croire que l'inhibition conflit, auditive ou non, et les fonctions exécutives de manière plus générale, permettent le traitement selon le niveau de développement de l'enfant. Une étude intéressante en la matière est celle de Paul et collaborateurs (2007) montrant que les jeunes enfants présentent des préférences en lien avec les énoncés procurant de l'information linguistique qu'ils sont spécifiquement en train d'acquérir⁴¹ (phonologique versus morphosyntaxique). Cet intérêt de l'enfant pour les éléments en lien avec son niveau de développement langagier interroge aussi (Paul & al., 2007). Il n'est pas sans faire penser au concept de zone proximale d'apprentissage (Vigotsky, 1980) et à l'action croisée des réseaux de récompenses et de nouveautés évoquée dans le modèle neurobiologique de Lachaux (2011). En s'intéressant à des aspects en liens avec sa zone de compétence, ni trop, ni trop peu, l'enfant solliciterait les réseaux du plaisir renforçant alors la demande et l'apprentissage. Alors qu'un enfant avec un développement standard s'intéressera aux patterns propices à son développement langagier, l'enfant avec une fragilité langagière et des processus inefficaces d'inhibition (conflit, verbale et non verbale), et plus globalement des difficultés au niveau des mécanismes de sélectivité attentionnelle et de contrôle de haut niveau, risque donc de ne pas filtrer correctement et donc, de ne pas sélectionner les indices pertinents lui permettant de nourrir son développement.

3.5. Question de la persistance et de la sévérité des troubles dans le TDL et inhibition : les systèmes de contrôle à pointer du doigt ?

Un diagnostic de TDL comprend d'une part un effondrement d'au moins deux scores langagiers, mais aussi et surtout, une persistance des symptômes. Au-delà d'une fragilité des mécanismes langagiers, la question de la persistance, en tant que telle, mérite de

⁴¹ Les enfants montrent un plus grand intérêt pour les extraits langagiers selon leur niveau de développement langagier : les plus jeunes, lorsqu'ils sont au stade des premiers mots, s'intéressaient davantage aux patterns rythmiques leur permettant d'identifier les frontières lexicales alors que les plus âgés du groupe, à la période des premières combinaisons, s'intéressaient davantage aux extraits de langage respectant les pauses morphosyntaxiques.

s'interroger. La question est en effet de savoir dans quelle mesure, un trouble d'inhibition ne pourrait pas être le signe d'une moins grande adaptabilité de manière générale, laquelle engendrerait une persistance des troubles.

Eu égard à nos résultats, l'inhibition motrice, l'inhibition auditive et non verbale conflit sont des variables qui, avec le niveau de langage, permettent de mieux identifier le groupe avec TDL dans notre fonction discriminante. L'enfant avec difficultés de langage, présentant conjointement de faibles performances d'inhibition, ne semble pas pouvoir inhiber efficacement les informations non pertinentes. Il peut être davantage parasité par des informations non appropriées. Les informations propres à son autorégulation et les informations, précédemment activées, peuvent aussi avoir un impact négatif sur la perception de la cible auditive. L'enfant peut persévérer sur un comportement ou aussi sur une forme linguistique précédemment activée. Il peut alors continuer sur un mouvement articulatoire inadapté ou encore activer une forme phonologique encore plus éloignée de la cible (car sous spécifiée dans le TDL) dont il n'a perçu que quelques bribes dans le cocktail party ou dans son environnement. On imagine donc bien l'impact croisé d'une faiblesse des processus d'inhibition et d'une altération des formes stockées en mémoire à long terme ou de leur accès en raison de processus attentionnels défaillants (selon modèle A-O-STM, Majérus, 2012). Il en peut en découler une prise d'information problématique et des conséquences en cascade sur la perception du message cible, sur son traitement et ensuite sur l'élaboration du langage des enfants qui présentent ce type de difficultés.

L'enfant doit, entre autre, gérer les interférences liées au fait que la parole de son interlocuteur est souvent recouverte par d'autres bruits, par d'autres paroles dans son environnement. Il doit rejeter les stimuli saillants de son environnement, ou ceux qui lui procurent du plaisir pour porter attention à son prénom puis à l'interlocuteur, aux signaux visuels (mouvement de la bouche, pointage) et auditifs (linguistique) qu'il envoie. Il doit aussi ségréguer l'information linguistique des bruits ou d'autres informations linguistiques non adéquats. Il doit identifier le nouveau nom entendu et l'associer à l'objet montré ou rejeter les objets qu'il connaît pour déduire qu'on ne parle pas de ceux-ci. Il faut inhiber les informations de l'environnement qui ne sont pas pertinentes au profit de celles qui font sens, de celles en accord avec les représentations stockées en mémoire ou encore de celles en accord avec le contexte. Ultérieurement, l'enfant doit inhiber les formes les plus fréquentes (les heuristiques) au profit de formes plus adaptées à la situation. Il doit choisir une forme moins fréquente et inhiber une forme très fréquente, pour accorder les verbes (ex. il prend / nous prenons), choisir la bonne forme d'un nom ou d'un adjectif infléchi (ex. malin/maligne) par exemple. L'enfant doit en définitive gérer des compétitions en tout genre, au niveau linguistique lui-même mais aussi à d'autres niveaux. Il doit gérer les interférences entre une forme nouvellement entendue, proposée par le parent et ses informations stockées en mémoire par exemple. Il doit dans tous les cas inhiber la forme la plus active dans son système, peut-être erronée, pour pouvoir s'autocorriger.

Dans la limite de ces résultats et de la réflexion menée autour de ce thème, un défaut d'inhibition permettrait d'expliquer par exemple que l'enfant ait des difficultés à inhiber les formes morphologiques ou les structures de phrases les plus fréquentes (ou les plus fréquentes pour lui) comparativement à des éléments moins fréquents (ex. relatives imbriquées). Les heuristiques (i.e. « procédures automatiques, rapides, efficaces la plupart du temps mais pas toujours », Houdé, 2014) peuvent alors peiner à être inhibées au profit de structures plus adaptées mais « effortfull ». Les formes erronées, stockées en mémoire à long terme, peuvent réapparaître systématiquement, ne parvenant pas être rejetées, contribuant ainsi à l'apprentissage implicite de l'erreur et entraînant des phénomènes en cascade sur le langage.

Différents travaux ont souligné la difficulté pour l'enfant avec TDL d'extraire les régularités implicites référant à des troubles de la mémoire procédurale (Ullman & Pierpont, 2005). Les enfants avec TDL semblent peiner à s'approprier de manière implicite les règles, et notamment celles qui sous-tendent le langage. Les règles implicites supposent de porter régulièrement attention à des situations récurrentes permettant d'en extraire la règle (principe du bébé statisticien), et de les intégrer progressivement, de mettre de côté ce qui ne convient plus. Or, avec des processus d'attention/inhibition altérés, ces règles sont a fortiori plus difficilement extraites, et s'actualisent plus difficilement en raison de la difficulté à gérer les conflits entre la règle stockée en mémoire et la nouvelle règle. Selon Ullman & Pierpont, (2005), les enfants avec TDL peuvent compenser avec un apprentissage explicite ou avec la mémoire déclarative. Ils montrent en effet des effets de fréquence sur des items infléchis selon leur fréquence dans la langue (Van der Lely & Ullman, 2001), attestant d'une lexicalisation de la forme (la forme infléchiée est apprise comme une forme figée équivalente d'un mot), alors que ces enfants pêchent classiquement avec les inflexions. L'effet facilitant de la règle donnée explicitement en rééducation sur les enfants avec TDL en est un exemple. Notons toutefois, qu'une forme mal infléchiée est fortement repérée dans le langage alors qu'un mot remplacé par un autre, proche et plus fréquent, l'est moins. L'impact d'un défaut d'inhibition dans le TDL est donc peut-être moins flagrant pour la mémoire déclarative que pour la mémoire procédurale. Au-delà de l'effet facilitant, lié à la présentation explicite de la règle, il faudra aussi des processus d'inhibition efficaces pour autocontrôler les productions et arrêter une production automatique ou erronée au profit d'une réponse plus adaptée comme évoqué précédemment.

L'âge de 5-7 ans, pour faire référence à ce pic de développement des FE déjà évoqué, est aussi l'âge où cliniquement, des modifications dans le comportement des enfants sont observés et où ils peuvent davantage s'autocorriger ce qui peut entraîner une progression très rapide en langage chez certains. Il est fort à croire qu'à certain moment du développement, les fonctions exécutives assurent un meilleur contrôle des cognitions, pensées et actions permettant une meilleure compréhension et une meilleure production langagières mais entraîne aussi des modifications du comportement général permettant

notamment à l'enfant de mieux s'ajuster, de mieux anticiper sa réponse, de mieux planifier le mouvement et de mieux s'autocorriger.

Les jeunes enfants, avec trouble du développement du langage, présentent des productions erronées persistantes témoignant de représentations (phonologiques, lexicales ou morphosyntaxiques) dites archaïques, immatures ou encore déviantes. Différentes explications sont évoquées pour documenter la naissance de ces formes erronées, le manque de maîtrise du crible phonologico-articulatoire, des troubles auditifs de type séro-muqueux induisant des modifications de la perception (et diminuant la stimulation des aires auditives pendant une période critique, cf. chapitre organe de Corti) ou de l'attention conjointe (diminuée lors des passages d'otites séro-muqueuses). L'ensemble peut modifier la production pendant un temps donné ou à plus long terme lorsque cela persiste. L'enfant crée alors de mauvaises représentations ou de mauvaises productions et peine ensuite à s'en débarrasser. Sur le long terme l'ensemble peut laisser place à des persévérations nombreuses sur ces formes immatures ou erronées et affecter fortement le langage. Pour autocorriger ces formes erronées, stockées en mémoire, il est nécessaire de mettre en perspective une forme de haute fréquence, la représentation erronée (fortement activées dans les réseaux) et une forme de basse fréquence, la forme plus adaptée (proposée lorsqu'un feed-back a été fourni ou travaillé au cours de quelques séances sporadiques d'intervention par exemple). Un conflit entre deux informations, l'une fréquente, l'autre moins fréquente, l'une précédemment activée, l'autre immédiatement activée se manifesterait. Ces mécanismes recrutent les processus d'inhibition et sont très coûteux.

La motivation doit être suffisamment importante (ex. faire plaisir aux parents, obtenir quelque chose) pour faire émerger le contrôle nécessaire ou alors la fréquence de la nouvelle forme suffisamment concurrentielle pour que le pattern s'inverse entre la forme archaïque et la forme nouvelle à générer. Seuls des programmes intensifs d'intervention peuvent donner à l'enfant une réelle opportunité de modifier efficacement, quantitativement et qualitativement, ses représentations et productions. Cette inhibition fait d'ailleurs très probablement défaut aussi dans les dyspraxies verbales. Une fois engagé, un acte moteur réalisé juste avant (ex. voisement dans un phonème voisé), ou inadéquat (stocké en mémoire), peut ne pas parvenir à être inhibé engendrant des persévérations parfois massive parasitant la cible articulatoire/phonologique à atteindre parfois tout au long d'une séance de rééducation logopédique. La dichotomie régulièrement décrite entre difficulté à produire un geste sur demande alors que celui-ci peut être produit de manière automatique, signant son stockage en mémoire, à un autre moment en témoigne aussi. Cliniquement, vers 6-7 ans, on assiste à une modification des patterns comportementaux et d'autocorrections. Or, cette tranche d'âge est également celle où un pic des fonctions exécutives est observé. Il serait intéressant d'objectiver ces points en vue d'une prise en charge plus adaptée au niveau moteur.

Mettre en évidence l'implication de l'inhibition, sous différentes formes, dans les troubles développementaux du langage revient en définitive à réfléchir et à déterminer leur implication dans les processus de traitement langagiers eux-mêmes mais aussi dans la prise d'information générale et surtout dans les phénomènes de persistance des troubles. Intervenir sur les mécanismes de persistance eux-mêmes apparaît être une piste manifeste d'intervention, au-delà de la prise en charge spécifique des aspects langagiers.

4. LIMITES

Les points suivants constituent les principales limites de cette thèse.

4.1. Limites concernant le recrutement des participants

La difficulté à recruter des participants monolingues à développement typique ou atypique du langage et le fait de devoir être deux examinateurs dans les écoles suisses ont constitué un premier frein. Des démarches auprès de l'Éducation nationale en France ont permis d'aller dans les écoles d'Annecy (France) où les enfants monolingues étaient plus nombreux et d'y aller à un seul expérimentateur. Les enseignants ont ensuite contribué à nous donner des informations sur la langue parlée à la maison, ce qui a facilité le recrutement des enfants à développement typique. Le monolinguisme a ensuite été confirmé par les familles au moyen des formulaires anamnestiques. Pour ce qui est du recrutement des enfants avec TDL, le recrutement a été très laborieux et nous n'avons pu, malgré nos efforts, recruter le nombre d'enfants initialement souhaité. Le bilinguisme des enfants dans les cabinets genevois ou le manque de collaborations établies avec les centres de diagnostics ou de soins logopédiques ou associations professionnelles ou de patients ont certainement été une contrainte à ce recrutement. Un réseau professionnel clinique a contribué au recrutement des participants avec TDL, notamment sur le bassin annécien.

4.2. Limites sur les tâches choisies

Métaphonologie et empan de chiffres envers

Les prédicteurs phonologiques que nous avons étudiés, parallèlement aux mécanismes d'inhibition, sont la mémoire de travail (up-dating), la mémoire phonologique à court terme, la métaphonologie : jugement de rimes, jugement de paires phonologiquement proches (PAIRES). L'appréhension de ces exercices pour les plus jeunes enfants ou pour ceux qui présentaient un TDL a pu être difficile.

Les tâches de jugement de RIMES ou de PAIRES phonologiquement proches, telles que celles proposées dans ces études, impliquent un traitement qui peut être coûteux. La tâche de jugement de paires phonologiques proches avait d'ailleurs été initialement proposée

comme tâche phonologique (et non métaphonologique) mais nous nous sommes rendus à l'évidence, avec l'évaluation des plus jeunes (études 2), ou pour les enfants avec troubles (étude 4), qu'elle était assez compliquée et surtout coûteuse puisque les enfants devaient réaliser un véritable traitement métaphonologique ou d'une autre nature. Certains enfants étaient en effet capables de répéter adéquatement la paire de phonèmes présentée (ex. BA/DA ou BA/BA) suggérant qu'ils percevaient bien les distinctions entre les sons proposés mais n'étaient pas en mesure de dire si les deux sons (syllabes) entendus étaient ou non les mêmes. La tranche d'âge 4-4 ½ / 5-5 ½, correspond à la classe de moyenne section de maternelle (France) ou 1PH (Suisse). Dans ces classes, les entraînements formels sur les rimes et sur les phonèmes ne sont pas encore systématisés. La notion de pareil/pas pareil n'était en soit pas évidente pour cette tâche comme pour celle de jugement de RIMES. La tâche de jugement de RIMES vient ajouter à cela la difficulté de savoir où se trouve le début versus la fin du mot ce qui est difficile pour certains enfants (plus que la sensibilité à la rime en définitive). Nous n'avons donc pas étudié en soi la discrimination phonologique. Nous avons donc décidé de parler de métaphonologie pour faire référence à la tâche de jugement de paires phonologiquement proches et de rimes. Dans de telles conditions, ces tâches impliquent nécessairement un aspect de traitement important pour réactiver la compréhension de la notion tout juste introduite ce qui implique un surcoût au traitement. En d'autres termes ces tâches, telles que présentées ici et dans des groupes d'enfants jeunes, impliquent les représentations d'ordre linguistiques (chiffres, syllabes, phonèmes) et nécessairement une part d'attention. Même si différentes études tendent à trouver des liens entre métaphonologie et langage (ex. Mounir, 2012 en langue française) ceci tient certainement pour beaucoup à la tâche en elle-même et à sa pureté dans le traitement phonologique et métaphonologique, à la connaissance de la tâche, aux compétences transversales de traitement (ex. attentionnelles, mise en place de stratégies). Bowey (1996) avait par exemple souligné l'existence d'un facteur commun de traitement phonologique (« facteur phonologique latent ») permettant la réalisation de tâche de métaphonologie et de mémoire phonologique. D'autres tâches auraient certainement été plus probantes dans le cadre de cette thèse et aurait permis de dissocier la part liée aux représentations d'ordre linguistique, des aspects de traitement attentionnel.

La tâche d'empan envers de chiffres implique que l'enfant retienne des informations verbales et qu'il opère un traitement sur celles-ci. La mesure d'empan envers de chiffres n'a pas été incluse dans un score global, avec les autres prédicteurs phonologiques. Le fait d'avoir séparé cette mesure, du score moyen de métaphonologie (MétaPh), avait pour objectif d'extraire le fonctionnement de l'administrateur central recoupant selon un certain nombre de travaux une dimension de contrôle attentionnel (ex. SAS, Norman & Shallice, 1980) et impliquant de la mise à jour (up-dating). Dans différents modèles (ex. Diamond, 2013), la mémoire de travail, et surtout la mise à jour (Friedman & Miyake, 2012) fait partie intégrantes des fonctions exécutives. Bien que de faible portée, notre tâche a constitué en une mesure de la mémoire de travail reflétant l'idée d'un traitement sur de l'information à

caractère verbal. Cette tâche ne permet donc pas d'exclure l'aspect lié au traitement linguistique. La passation de l'épreuve n'a, en outre, pas été facile pour certains enfants pour lesquels nous avons insisté sur la phase préparatoire de l'épreuve, leur présentant parfois les éléments visuellement, pour nous assurer de leur compréhension de la tâche. Nous n'avons pas d'effet plancher à cette épreuve ce qui nous permet de prendre en compte les résultats obtenus à leur juste mesure. Une tâche non verbale et recrutant davantage la mise à jour aurait cependant été préférable. En outre, des mesures relatives à l'attention de base ainsi que d'autres relatives au traitement sériel de l'item versus aux informations relatives à l'item auraient pu être davantage probantes à la lumière de modèles incorporant ces aspects et notamment les aspects attentionnels sous-jacents (ex. Majérus, 2009).

Une autre remarque concerne la nécessité de clarification du concept de mémoire de travail, en tant qu'entité permettant à la fois la rétention et le traitement des informations. Un raisonnement avec un tel concept est en effet apparu complexe au cours du cheminement de cette thèse, soit qu'il regroupait des réalités différentes selon les auteurs, soit qu'il constituait une entité bien trop générique pour pouvoir adéquatement dépeindre la réalité des phénomènes actuellement observés. La fonction de up-dating, adoptée dans un grand nombre d'études actuelles, et consistant principalement à rafraîchir l'information, est certainement plus probante, celle de seuil attentionnel et de période réfractaire aussi. Chercher le plus à dissocier le maintien de l'information (verbale ou visuelle) en cours de traitement, du maintien de la cible à atteindre est un premier élément de clarification, cerner les seuils attentionnels et la période réfractaire inter-stimuli en est un second.

Inhibition motrice- STATUE

En ce qui concerne l'inhibition motrice, nous ne sommes pas convaincus de l'intérêt de notre tâche « STATUE », dans cette thèse puisque les groupes tendaient tous à montrer un effet plafond. L'absence de différence de moyenne significative entre nos groupes était donc équivoque dans de telles conditions. Il serait hasardeux de conclure sur cette donnée. Nous n'émettons donc pas d'avis motivé quant au fait que l'inhibition motrice contribue ou non au développement du langage ou à l'identification du TDL. En outre, les données sont assez pauvres dans la littérature quant à ce point. Le peu, sinon l'absence, de travaux dans la littérature sur les liens entre inhibition motrice et langage ne nous incitait pas à attendre un effet notable de cette variable. Nos hypothèses n'étaient donc pas particulièrement enthousiastes sur le plan théorique en la matière. Il apparaît très certainement plus probant qu'elle contribue, dans tous les cas, moins que l'inhibition auditive ou cognitive au développement du langage ou à un trouble de ce développement. Toutefois, cliniquement parlant, une impulsivité comportementale majeure, au-delà d'un certain point, sera certainement un frein à l'apprentissage en raison du manque d'opportunité à entrer dans une situation d'apprentissage ou relationnelle mais ceci ne concerne pas exclusivement le

langage. Il faudra aussi discerner ce qui relève d'un comportement physiquement hyperactif, d'un comportement psycho-relationnellement débordant. Dans le premier cas, l'enfant pourra bouger en fonction de ce que l'environnement lui propose (ex. le tram qui passe et qui impose à l'enfant d'aller à la fenêtre) et néanmoins profiter des éléments qu'il rencontre, dans ce deuxième cas, l'enfant pourra être dépassé par les émotions qui le traverse et qui lui apparaîtront plus durablement saillantes car dépendant probablement de mécanismes neurochimiques qu'il ne parvient pas à inhiber. Un accès de frustration ou de colère sera ainsi manifesté physiquement et pourra de surcroît activer des schémas déjà préexistants, en mémoire, qu'il faudra aussi inhiber. Il s'agira alors davantage d'un phénomène top-down dont l'implication physique pourra être non négligeable. L'ensemble pourra induire des interférences avec l'entourage ou les situations d'apprentissage. Ceci correspond à une dimension externalisée du non rejet de phénomènes physiologiques ou des pensées suractivées qui interfère avec le but de la tâche à accomplir. Une modulation de la dimension externalisée pourra en partie être modulée par les schémas d'action ou de pensées progressivement stockés en mémoire à long terme ou, par des techniques de relaxation ou d'autorégulation verbale, qui permettront de diminuer plus rapidement l'action sur l'émotion ressentie induisant en retour une action sur le comportement.

4.3. Limites statistiques

Compte tenu du caractère écologique et transversal des études menées dans cette thèse, un nombre important de tests statistiques ont été réalisés dans cette thèse. Combiné à cela, les difficultés de recrutement rencontrées rendent moins porteurs, statistiquement parlant, les résultats obtenus. La correction de Bonferroni, visant à ajuster les seuils de significativité en fonction du nombre de tests réalisés, n'a pas été appliquée en raison des critiques émises quant à l'application de cette correction à des études utilisant un grand nombre de mesures et de tests à visée clinique (ex. Moran, 2003 ; Peneger, 1998). D'une part, la correction de Bonferroni s'applique principalement au rejet de l'hypothèse générale nulle ce qui, typiquement, n'est pas l'objet de la recherche clinique de ce type (« the Bonferroni method is concerned with the general null hypotheses (that null hypotheses are true simultaneously), which is rarely of interest or use to researchers », Peneger, 1998). D'autre part, cette correction rend quasiment impraticable la recherche sur de petits échantillons qui étudient plus d'un critère à la fois de manière longitudinale. Or, plus une recherche étudie des points précis et tente de mettre en rapport différents facteurs, comme dans une hypothèse multi-causale dans le cadre du développement par exemple, moins elle sera recevable avec cette correction (puisque celle-ci rejettera systématiquement les résultats au-delà de cinq variables) alors même qu'il s'agit d'un but principal en clinique (adjusting statistical significance for the number of tests that have been performed on study data-the Bonferroni method-creates more problems than it solves, (Peneger, 1998). En définitive, l'application de la correction de Bonferroni, à ce type d'études, va à l'encontre de ce qui est recherché et justifie le fait de ne pas l'appliquer, dans un cadre clinique notamment,

lorsqu'il existe des hypothèses spécifiques a priori (Peneger, 1998). Une ligne de conduite doit néanmoins être tenue, à savoir : qu'un résultat fournit des évidences mais pas, a fortiori, de preuves conclusives contre l'hypothèse nulle, que les résultats doivent être interprétés en rapport avec le contexte et les autres évidences, que la reproductibilité des résultats renforcent les évidences, que les résultats doivent satisfaire à des règles de logiques et de raison (Sterne & Smith, 2001).

4.4. Limites concernant le calcul de mesures composites

Un certain nombre d'études (ex. Mounir, 2012 ; Frauenfelder & Delage, 2012) ont étudié ces processus en lien avec une dimension particulière du langage (ex. lexique ; morphosyntaxe). Nous avons initialement prévu d'étudier l'effet de chacune de nos mesures tests sur l'ensemble des mesures de langage afin de rendre compte de ce qui pouvait impacter chaque dimension du langage. En raison de contraintes statistiques, nous avons toutefois été tenus d'utiliser un score composite de langage (FCLO_4), un score composite de mesures phonologiques (MétaPh : PAIRES, RIMES et MPCT) ou encore des scores de vitesse ou de précision en déchiffrage de lecture pour les listes confondues de mots réguliers, irréguliers et pseudomots (étude 3B). Le fait de ne pas retrouver directement de lien entre ces mesures de métaphonologie ou mémoire de travail et le facteur langagier tient donc possiblement aussi à l'utilisation de ces mesures composites et à la perte de sensibilité qu'elles induisent (au profit d'une meilleure puissance statistique). Du fait de ces contraintes, nous avons combiné des mesures qui n'auraient peut-être pas dû être amalgamées. Cependant, l'objet de cette thèse n'était pas de cerner précisément le rôle des mesures phonologiques sur le langage mais plutôt de mettre en perspective le rôle de ces mesures combinées, par rapport aux variables d'inhibition. L'étude 2 donne aussi des éléments de réponse concernant l'effet des mesures d'inhibition sur les différents registres du langage.

4.5. Limites concernant les contraintes de recrutement

Comme suggéré, un ensemble de facteurs peuvent influencer les compétences au niveau des fonctions exécutives, par exemple : le genre, le milieu socio-économique, le stress, la fatigue. Ces facteurs n'ont pu être contrôlés strictement même si nous avons tenté de panacher notre échantillon au mieux.

4.6. Limites concernant les appariements en niveau linguistique et en raisonnement pour l'étude 4 et implication écologique

Comme nous l'avons établi dans la partie méthodologie, malgré tous les efforts réalisés pour appairer au mieux les enfants en niveau de langage général pour le contraste TDL/DT-L, il n'a pas été possible d'obtenir un appariement sur l'ensemble des mesures langagières hormis pour la variable de compréhension morphosyntaxique, qui a servi de

variable d'appariement. De même, nous souhaitions initialement appairer le raisonnement ou le genre mais cela n'a pas été possible de manière rigoureuse. Ceci questionne fortement la faisabilité d'appariements strictement rigoureux qui, d'un point de vue théorique est évidente, mais qui l'est bien moins sur un plan expérimental et clinique, toutes contraintes confondues. Ceci témoigne d'un obstacle méthodologique fort puisque nous ne pouvons établir véritablement que nos différences ne sont, en définitives, pas liées à une différence de niveau linguistique. De plus, il est aussi à rappeler que nos participants, avec TDL présentant les scores les plus échoués, ont tout bonnement été éliminés de l'étude faute de participants à développement typique équivalents en niveau de morphosyntaxe réceptive. Ceci interpelle quant à la validité écologique et clinique de ces études. Avant 4 ans, seuls les enfants à développement typiques les plus avancés, voire à haut potentiel intellectuel, ont pu réaliser le testing dans son entièreté, ce qui nous avait d'ailleurs contraints à ne pas étudier le groupe d'âge des 3-4 ans, initialement prévu, dans notre plan de recherche.

De même, pour le QI, les appariements sont souvent difficilement réalisables et constituent un frein à une application des procédures expérimentales cliniques. En raison des limitations en langage dans le TDL, il peut en effet être difficile à ces enfants d'appréhender les tests d'intelligence puisqu'ils impliquent très souvent une part explicite de langage mais aussi une part implicite médiatisée par les représentations linguistiques ou leurs corrélats. Le développement du langage verbal et son rayonnement participe sans nul doute à la construction des interactions, à la prise d'informations venant de l'environnement, à la construction du monde environnant. L'élaboration du système de logique implique, par la force des choses, une forme de langage efficace quel qu'il soit, permettant le traitement des liens logiques et des inférences. Sans récupération efficace du langage, cet écart dans les performances d'intelligence des enfants avec TDL semble d'ailleurs se creuser à mesure qu'ils avancent en âge (ex. Majérus, 2009). En outre, en clinique, bon nombre d'enfants avec TDL témoignent de capacités d'adaptation importantes, voire supérieures, mais peinent à obtenir des scores d'intelligence reflétant vraiment leur potentiel, avec des scores échoués aux tests psychométriques, étonnant toujours, malgré un potentiel réel apparent. La question de la représentativité de ces tests d'intelligence, pour des populations d'enfants à développement particulier, est en ce sens questionnable et nécessiterait d'autres formes d'investigation reflétant davantage un potentiel adaptatif. Dans tous les cas, de moindres scores à des tests d'intelligence ne sauraient refléter le potentiel adaptatif réel de ces enfants et ne sauraient refléter leur parcours ultérieur ou l'orientation à prendre.

5. QUELQUES IMPLICATIONS POUR LA CLINIQUE

Dans la limite de cette étude, un point majeur est celui de considérer l'inhibition comme un moteur de l'apprentissage et un prédicteur du langage oral et de l'entrée dans l'écrit. Il conviendrait donc d'évaluer systématiquement les processus en lien avec l'inhibition

(principalement de type cocktail ou non verbale de type conflit). Un enfant qui viendrait pour une évaluation logopédique, en raison d'un décalage avec sa classe d'âge sur le plan langagier, et qui présenterait à la fois de faibles performances d'inhibition auditive de type cocktail et de faibles performances d'inhibition non verbale de type Stroop animaux (cf. résultat de l'analyse discriminante) pourrait être identifié comme porteur d'un trouble du développement du langage (TDL) avec peu de risque de se tromper et le discriminant de profils moins à risque de perdurer.

La création d'outils performants (i.e. rapides et efficaces en clinique) en est une des clefs, tout comme la formation des professionnels, pour cerner toute l'importance des processus attentionnels de contrôle et capitaliser sur leurs effets, en vue d'améliorer le développement du langage (oral et écrit).

Du fait de l'essor des travaux et de l'intérêt pour l'attention ces dix dernières années, les effets de ces moyens d'aide à l'attention ou de la stimulation de l'attention, sont en cours d'expérimentation. Ils comprennent différents niveaux d'action : éducation à l'attention, entraînement. Des procédures d'entraînement de l'inhibition pourraient être envisagées avec mesure de leurs effets sur le langage. Pour Lachaux (2015, 2018), l'éducation au fonctionnement de l'attention chez l'enfant permettrait d'améliorer l'accès aux apprentissages. Les premières études sont en cours. Elles comprennent l'éducation à trois points : définir le plus justement la cible, savoir reconnaître les signes de distraction, se réorienter vers la cible. Lachaux (2015) parle de PIM task set⁴². Rappelons qu'il n'y a apprentissage que lorsqu'il y a coactivation entre les réseaux neuronaux entre eux (Sekeris & al. 2015), les perturbations attentionnelles au moment des coactivations ont donc un effet sur l'apprentissage. D'autres recherches s'organisent autour de la diminution des seuils attentionnels pour améliorer le désengagement (cf. travaux de Molinaro & al., 2016, par exemple) afin de permettre une meilleure détection des stimuli séquentiellement proches d'une part, des stimuli pertinents d'autre part (ex. : Bediou, Adams, Mayer, Tipton, Green & Bavelier, 2018 ; Franceschini, Trevisan, Ronconi, Bertoni, Colmar, Double, Facoetti & Gori,

⁴² PIM task set :

- *P comme Perception* : les perceptions doivent pouvoir s'organiser autour de la cible (dans le cas contraire, un effet de saillance perceptive mais aussi émotionnelle et affective prendra le dessus en vue de nourrir les circuits de récompenses ou de nouveautés pour les distracteurs externes ou se mettre en mode par défaut activant les images internes ; les circuits par défaut se suppriment

- *I comme Intention* : elle doit être optimale pour permettre la précision mais aussi l'activation des circuits de récompenses en retour (plaisir d'une réalisation bien faite). Si elle est suffisamment précise, la réorganisation réflexe du système vers la cible pourra se faire (Corbetta & al., 2008).

quand d'autres s'activent, quand l'attention se porte vers des éléments saillants par effet pop-out).

- *M comme Manière de percevoir la cible* : elle doit être suffisamment claire, précise et définie dans le temps. Une fois la tâche comprise, le système est prêt (effet de facilitation top-down), il est reconfiguré pour la tâche à accomplir. L'activité des neurones se dégrade cependant très vite d'où l'intérêt de micro objectifs de rafraichissement efficaces de la cible. Les doubles tâches dans cette perspective sont donc peu probantes car elles créent des conflits entre les informations. Or, la prise de décision se fait dans un laps de temps extrêmement court (200ms) et lorsqu'il y a un doute, il y a risque de mauvaise décision, il faut donc préciser l'intention de la cible.

2017, pour les effets des jeux d'action sur les fonctions exécutives et sur les apprentissages ; Kochhar, Batty, Liddle, Groom, Scerif, Liddel & Hollis, 2011, pour les troubles du spectre autistique ; Lallier, Molinaro, Lizarazu, Bourguignon & Carreiras, 2017). Des programmes d'entraînement à des jeux vidéo d'action de manière fréquente (5 x 45 minutes pendant 12 semaines) ne module pas la compétence visée en première intention. En effet, cet entraînement tend à accroître les fonctions exécutives (dont l'inhibition) ce qui a un effet sur l'apprentissage statistique. Les seuils de réactivité s'en trouvent abaissés mais surtout la performance à rejeter les d'éléments non pertinents. Ces effets apparaissent persistants dans le temps et ont un effet sur les performances de lecture. Il reste à adapter ces jeux d'action (destinés à une catégorie de joueurs adultes) aux enfants et à tester l'influence de l'effet d'un entraînement de ce type sur le langage oral et écrit et leurs troubles. Le travail de régulation par le biais de la relaxation apparaît également prometteur (ex. Valk, Bernhardt, Trauwein, Böckler, Kanske, Guizard, Collins, Singer, 2017).

Des programmes d'entraînement efficaces, partant du fonctionnement cérébral et de ses corrélats, devraient permettre la mise en place d'un climat de base permettant l'accès à l'apprentissage déjà sur un plan éducatif ensuite avec des moyens plus spécifiques encore, (ex. outils d'aide à l'attention) pour les prises en charge en logopédie par exemple. La considération des processus attentionnels doit désormais faire partie intégrante du questionnement sur les traitements cliniques en logopédie. L'implication de leur entraînement sur les apprentissages nécessite d'être évaluée de manière adaptée. Un effet majeur de la canalisation de l'attention par l'enseignant ou par le thérapeute est certainement un facteur essentiel des effets positifs sur l'apprentissage.

Rappelons aussi que deux des plus gros fléaux des mécanismes en lien avec la concentration apparaissent être le manque de sommeil et le stress qui induisent des perturbations au niveau des circuits noradrénergiques et dopaminergiques gérant notamment la capacité neuronale à filtrer de l'information (Lachaux, 2018). Or, le stress est souvent un élément récurant chez l'enfant en difficultés scolaires relationnelles ou académiques (en raison d'un TDL, d'un trouble d'apprentissage, d'un TSA par exemple) avec aussi parfois des répercussions sur le sommeil. Assurer un climat serein à ces enfants est donc un élément majeur à considérer.

6. RECHERCHES ULTERIEURES

L'inhibition est sous-tendue par vaste réseau s'échelonnant des circuits neuronaux primaires aux zones de traitement cortical et notamment au cortex préfrontal. Son étude en est rendue complexe en raison des implications multiples à considérer. Néanmoins, repenser les troubles du langage à la lumière du fonctionnement exécutif apparaît être une voix de recherche et d'intervention nécessaire et sans ambiguïté. Spécifier les mécanismes

et les interrelations de ceux-ci à travers les âges est essentiel. Il paraît en effet capital de pouvoir cerner les fenêtres de développement mais aussi pouvoir anticiper les effets réciproques ou le co-développement de processus langagiers et exécutifs. L'attention se portant selon le niveau de développement sur des éléments spécifiques ou en lien, il serait intéressant d'étudier des cohortes d'enfants entre 0 et 4 ans pour savoir si d'inhibition prédit les déficits linguistiques ultérieurs.

Le recouvrement des TDL et des troubles de l'écrit ou de l'apprentissage en général serait également à spécifier sous l'angle des fonctions exécutives en général et sous celui des fonctions inhibitrices en particulier. Concernant l'écrit, les travaux de Grataloup (2007), ont pu montrer une diminution des performances d'écoute dans le bruit chez de jeunes adultes dyslexiques. Or, les enfants avec TDL qui ont des performances inférieures en fonctions exécutives sont également ceux qui peinent en décodage (Booth & al., 2010) et l'inhibition verbale ou non verbale permet de prédire le décodage entre 10 ½ ans à 11 ½ ans chez les enfants avec ou sans trouble du langage oral (TDL) lorsque la vitesse de traitement, l'âge et l'intelligence sont contrôlés (vitesse non significative) (Messer, Henry & Nash, 2016). Nous n'avons ici pas testé la lecture chez l'enfant avec TDL pour savoir si les compétences d'inhibition permettaient de prédire à la fois le langage oral et le langage écrit. Quoi qu'il en soit, les études de cette thèse ont pu montrer des liens prédictifs entre inhibition et développement typique du langage oral mais aussi entre inhibition et TDL. La comorbidité des TDL et du langage écrit pourrait s'inscrire dans l'idée que des déficits multiples (ex. phonologie et inhibition) pourraient être un facteur explicatif probant (Pennington, 2006 ; Pennington & Bishop, 2009) avec l'idée que le déficit d'un facteur général (ex. inhibition) pourrait sous-tendre les deux.

Le passage des 6 ans apparaît, tant au niveau du développement du langage que de celui des fonctions exécutives et de l'inhibition, semble décrire un tournant qui contribue à la persistance de difficultés observées chez les plus jeunes. Il serait en ce sens intéressant d'étudier les liens réciproques relatifs au pic de développement à cet âge, et la capacité à s'autocorriger et à progresser, ainsi que l'effet d'un entraînement actif de ces fonctions d'inhibition sur le développement du langage chez le jeune enfant avec TDL.

Les études cross-syndromes montrent une comorbidité interpellante entre trouble déficit d'attention (TDA/H) et TSA (Simonoff & al., 2008, Ronald, Simonoff, Kuntsi, Asherson & Plomin, 2008) ou avec les TDL (ex. : Bishop, 2010), par exemple. Ces études soutiennent (ex. : Arnette & al., 2018 ; Thévenon, 2018), que les TSA et les troubles d'attention partagent des déficits cognitifs sous-tendus par des facteurs génétiques communs par exemple. Des travaux en génétique moléculaire cross-syndromes (ex. Thevenon & al., 2013) ont remarqué une base génétique commune (ex. micro délétion du gène 12p13.33) à des formes plus ou moins importantes de dyspraxie verbale, TDL, déficience intellectuelle, TDA-H. Des altérations génétiques/moléculaires communes apparaissent donc s'exprimer

de manière très variables tout en partageant certainement des caractéristiques cognitives et comportementales communes. Il n'est pas à exclure qu'un substrat génétique commun puisse être responsable de troubles très fins au niveau neuromoléculaire dont l'expression, variable, pourrait moduler des fonctions cognitives centrales (ex. attention au sens large). Des troubles affectant les systèmes dopaminergiques ont par exemple été rapportés dans les troubles de la coordination motrice, le TDAH, le TDL. Or les circuits dopaminergiques agissent également sur le contrôle attentionnel par exemple, fonctions qui apparaissent perturbées dans un certain nombre de ces troubles. La pénétrance de ces altérations moléculaires tout comme l'expression des troubles ne sont pas encore très connues. Les études génétiques restent, pour ce type de troubles, de l'ordre de l'expérimental. L'ensemble de ces points a bien sûr besoin d'être étoffé et il est bien évident qu'une analyse génétique moléculaire ne sera pas pratiquée en première intention pour diagnostiquer un TDL ou une dyslexie par exemple. Néanmoins, identifier des facteurs génétiques communs aux troubles couramment pris en charge en logopédie (TSA, TDAH, TDL, dyspraxie de la parole) peut donner des pistes d'intervention clinique plus adaptées.

Les troubles du spectre autistique, la dyslexie ou encore les dyspraxies verbales (ou troubles des sons de la parole) non étudiés ici, sont notamment un des vastes champs de recherche à reconsidérer certainement sous cet angle. Revisiter ces troubles sous l'angle de l'inhibition et de l'attention au sens large ouvre un champ d'intervention essentiel dès lors qu'il est pris en charge précocement. Les troubles du spectre autistique (TSA) montrent en effet des déficits d'ajustement de la taille du focus attentionnel avec des troubles du désengagement attentionnel (ex. : Meaux, Gillet, Bonnet-Brihault, Barthélémy & Batty, 2011 ; Landry & Bryson, 2004) et il apparaît nécessaire de se pencher sur des prises en charge en logopédie sous l'angle attentionnel au sens large tant dans leur évaluation que dans leur prise en charge. Il n'est pas rare non plus en clinique de voir évoluer un enfant avec diagnostic de TSA et jargon à 3-4 ans vers profil d'enfant avec TDL et troubles attentionnels et exécutifs vers 7 ans après prise en charge précoce et spécifique. Ce dernier point questionne. Des phénomènes environnementaux au sens large pourraient intervenir. La stimulation éducative ou les prises en charge thérapeutiques spécifiques précoces ont certainement une action positive modulant aussi les phénomènes en cascade qui alimentent le handicap de ces troubles. Se pencher sur les aspects pouvant occasionner ces phénomènes en cascade, dans ce type de trouble, ou entraîner une persistance des troubles, au-delà des aspects spécifiquement langagiers est nécessaire et à documenter.

7. CONCLUSIONS

En définitive, ces études renseignent l'évolution et le fonctionnement de l'inhibition ainsi que l'implication de ces mécanismes sur le développement du langage oral et écrit et les troubles développementaux du langage oral chez l'enfant de 4 à 8 ans. Le poids de ces prédicteurs langagiers au sens large n'est pas négligeable en comparaison des prédicteurs

cognitifs en lien avec l'hypothèse phonologique classiquement référencés dans la littérature (mémoire phonologique à court terme et conscience phonologique). Comme avancé dans nos hypothèses, ces résultats avisent surtout des effets prédictifs de l'inhibition de type conflit, auditif et cognitif, sur le développement du langage oral, de la vitesse de déchiffrage et surtout des TDL. L'inhibition verbale de type cocktail et les mécanismes complexes impliqués dans cette tâche s'avère être des éléments prépondérants de la différenciation des TDL versus des variations typiques du développement standard du langage. Un certain nombre de limites ont été évoquées en regard de cette thèse qui se voulait avant tout clinique et longitudinale, débutant chez l'enfant préscolaire et brassant des domaines vastes que sont le développement des fonctions exécutives et du langage (oral et écrit) et les troubles développementaux du langage.

A la lumière de l'explosion des travaux sur l'attention et les fonctions exécutives au sens large, et sur l'inhibition en particulier, au cours des dix dernières années les résultats recueillis dans cette thèse prennent tout leur sens même si la reproductibilité des travaux ou la convergence d'évidences restent de mise. L'inhibition se révèle effectivement être un mécanisme complexe et central, de haut niveau, affectant différentes modalités de sortie et dont l'incidence rayonnante montre un effet sur le développement du langage et ses troubles, dès le plus jeune âge. L'idée que ces processus d'inhibition contribuent notamment à la persistance des troubles du développement du langage ou aux phénomènes en cascade sera à élargir. La clinique logopédique devra aussi évoluer avec l'idée que sa pratique ne saurait plus se réduire exclusivement aux mécanismes langagiers mais qu'elle doit veiller à évaluer ces processus centraux et à envisager des prises en charge considérant ces aspects. La revue d'experts sur les TDL de 2016 (Bishop, Snowling, Thompson & Greenhalgh, 2016) concernant ce positionnement doit en être un exemple.

L'idée que le TDL n'est pas un trouble spécifique au langage, comme cela a longtemps été considéré, doit évoluer aussi dans la clinique. Nonobstant ces points, les recherches convergent à ce jour sur l'implication de processus cognitifs de haut niveau, sinon génétiques ou moléculaires, lesquels pourraient être communs à différentes pathologies (TDL, TDAH, dyspraxie, dyslexie). Il paraît nécessaire de se pencher davantage sur ces mécanismes en vue d'optimiser la compréhension de ces troubles et leur prise en charge. Ces aspects nécessitent d'être développés à leur juste mesure.

Ethique

- i. Les projets des études 1, 2, 3 et 4 ont été soumis et acceptés par la commission d’Ethique de la FAPSE de l’université de Genève pour lesquels nous nous sommes engagés au respect des procédures énoncées.
- ii. Tous les parents des enfants vus dans ces études ont accepté et signé le formulaire de consentement qui leur a été donné. Pour les études réalisées en partenariat avec les écoles, les projets ont été approuvés ou soumis pour approbation à l’académie de Grenoble qui a proposé aux directions d’établissement et aux enseignants de participer, lesquels ont accepté.

Bibliographie

A

- Alain, C., & Woods, D. L. (1999). Age-related changes in processing auditory stimuli during visual attention: evidence for deficits in inhibitory control and sensory memory. *Psychology and aging*, 14(3), 507-519.
- Alloway, T. P., Gathercole, S. E., Willis, C., & Adams, A. M. (2004). A structural analysis of working memory and related cognitive skills in young children. *Journal of experimental child psychology*, 87(2), 85-106.
- American Psychiatric Association. (2013). *Diagnostic and statistical manual of mental disorders (DSM-5®)*. American Psychiatric Pub.
- Anderson, J. L., Morgan, J. L., & K. S. White (2003). A Statistical Basis for Speech Sound Discrimination. *Language and speech*, 43-46 (2-3), 155-182 .
- Anderson, P. (2002). Assessment and development of executive function (EF) during childhood. *Child Neuropsychology*, 8(2), 71-82.
- Anderson, R. C., & Freebody, P. (1982). Reading comprehension and the assessment and acquisition of word knowledge. *Center for the Study of Reading Technical Report; no. 249*.
- Anderson, V., Levin, H. S., & Jacobs, R. (2002). Executive functions after frontal lobe injury: A developmental perspective.
- Archibald, L. M., & Gathercole, S. E. (2007). The complexities of complex memory span: Storage and processing deficits in specific language impairment. *Journal of memory and language*, 57(2), 177-194.
- Archibald, S. J., & Kerns, K. A. (1999). Identification and description of new tests of executive functioning in children. *Child Neuropsychology*, 5(2), 115-129.
- Arnback, E., & Elbro, C. (2000). The Effects of Morphological Awareness Training on the Reading and Spelling Skills of Young Dyslexics. *Scandinavian Journal of Educational Research*, 44, 229-251.

B

- Baddeley, A. (1996). Exploring the central executive. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology Section A*, 49(1), 5-28.
- Baddeley, A. D. (2000). The episodic buffer: A new component of working memory? *Trends in Cognitive Sciences*, 4, (11): 417-423.
- Baddeley, A. D., & Hitch, G. J. (1974). Working memory. In G. H. Bower (Ed.), *The psychology of learning and motivation*, Vol. 8 (pp. 47– 89). New York: Academic Press.
- Banel, M. H., & Bacri, N. (1997). Rôle des indices métriques et des indices phonotactiques lors de la segmentation lexicale en français. *Annee Psychol*, 97, 77-112.
- Barker, B. A., & Newman, R. S. (2004). Listen to your mother! The role of talker familiarity in infant streaming. *Cognition*, 94(2), B45-B53.
- 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.
- Bediou, B., Adams, D. M., Mayer, R. E., Tipton, E., Green, C. S., & Bavelier, D. (2018). Meta-analysis of action video game impact on perceptual, attentional, and cognitive skills. *Psychological Bulletin*, 144(1), 77-110.
- Bellagamba, F., Laghi, F., Lonigro, A., Pace, C. S., & Longobardi, E. (2014). Concurrent relations between inhibitory control, vocabulary and internal state language in 18-and 24-month-old Italian-speaking infants. *European Journal of Developmental Psychology*, 11(4), 420-432.
- Benasich, A. A., & Tallal, P. (2002). Infant discrimination of rapid auditory cues predicts later language impairment. *Behavioural brain research*, 136(1), 31-49.
- Bergman Nutley, S., Söderqvist, S., Bryde, S., Thorell, L. B., Humphreys, K., & Klingberg, T. (2011). Gains in fluid intelligence after training non-verbal reasoning in 4-year-old children: A controlled, randomized study. *Developmental science*, 14(3), 591-601.
- Bergman-Nutley, S., & Klingberg, T. (2014). Effect of working memory training on working memory, arithmetic and following instructions. *Psychological research*, 78(6), 869-877.
- Best, C. C., & McRoberts, G. W. (2003). Infant perception of non-native consonant contrasts that adults assimilate in different ways. *Language and speech*, 46(2-3), 183-216.

- Best, C. T. (1994). The emergence of native-language phonological influences in infants: A perceptual assimilation model. *The development of speech perception: The transition from speech sounds to spoken words*, 167(224), 233-277.
- Best, J. R., & Miller, P. H. (2010). A developmental perspective on executive function. *Child development*, 81(6), 1641-1660.
- Bialystok, E. (2001). Bilingualism in development: Language, literacy, and cognition. Cambridge University Press.
- Bialystok, E. (2011). Reshaping the mind: the benefits of bilingualism. *Canadian Journal of Experimental Psychology/Revue canadienne de psychologie expérimentale*, 65(4), 229.
- Bialystok, E., & Viswanathan, M. (2009). Components of executive control with advantages for bilingual children in two cultures. *Cognition*, 112(3), 494-500.
- Bird, J., & Bishop, D. (1992). Perception and awareness of phonemes in phonologically impaired children. *International Journal of Language & Communication Disorders*, 27(4), 289-311.
- Bishop, D. V. (2002). Motor immaturity and specific speech and language impairment: Evidence for a common genetic basis. *American Journal of Medical Genetics*, 114(1), 56-63.
- Bishop, D. V. (2006). Developmental cognitive genetics: How psychology can inform genetics and vice versa. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 59(7), 1153-1168.
- Bishop, D. V. (2010). Overlaps between autism and language impairment: phenomimicry or shared etiology?. *Behavior genetics*, 40(5), 618-629.
- Bishop, D. V. M. (1992). The underlying nature of specific language impairment. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 33, 3-66.
- Bishop, D. V. M. (2004). Specific language impairment: diagnostic dilemmas. In L. Verhoeven & H. Van Balkom (Eds.), *Classification of Developmental Language Disorders* (pp. 309-326). Mahwah, N. J.: Erlbaum.
- Bishop, D. V. M., & Edmundson, A. (1987). Language-impaired 4-year-olds: Distinguishing transient from persistent impairment. *Journal of speech and hearing disorders*, 52(2), 156-173.
- Bishop, D. V., & Adams, C. (1990). A prospective study of the relationship between specific language impairment, phonological disorders and reading retardation. *Journal of child psychology and psychiatry*, 31(7), 1027-1050.
- Bishop, D. V., & McArthur, G. M. (2005). Individual differences in auditory processing in specific language impairment: a follow-up study using event-related potentials and behavioural thresholds. *Cortex*, 41(3), 327-341.
- Bishop, D. V., & Norbury, C. F. (2005). Executive functions in children with communication impairments, in relation to autistic symptomatology: I: Generativity. *Autism*, 9(1), 7-27.
- Bishop, D. V., & Snowling, M. J. (2004). Developmental dyslexia and specific language impairment: Same or different?. *Psychological bulletin*, 130(6), 858.
- 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(1), 155-168.
- Bishop, D. V., Nation, K., & Patterson, K. (2014). When words fail us: insights into language processing from developmental and acquired disorders.
- Bishop, D. V., North, T., & Donlan, C. H. R. I. S. (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.
- Bishop, D. V., Snowling, M. J., Thompson, P. A., Greenhalgh, T., Catalise-2 Consortium, Adams, C., ... & Boyle, C. (2017). Phase 2 of CATALISE: A multinational and multidisciplinary Delphi consensus study of problems with language development: Terminology. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 58(10), 1068-1080.
- Blachman, B. A., Ball, E. W., Black, R. S., & Tangel, D. M. (1994). Kindergarten teachers develop phoneme awareness in low-income, inner-city classrooms. *Reading and Writing*, 6(1), 1-18.

- Blair, C., & Razza, R. P. (2007). Relating effortful control, executive function, and false belief understanding to emerging math and literacy ability in kindergarten. *Child development*, 78(2), 647-663.
- Booth, J. N., Boyle, J. M., & Kelly, S. W. (2010). Do tasks make a difference? Accounting for heterogeneity of performance of children with reading difficulties on tasks of executive function: Findings from a meta-analysis. *British Journal of Developmental Psychology*, 28(1), 133-176.
- Bortfeld, H., Morgan, J. L., Golinkoff, R. M., & Rathbun, K. (2005). Mommy and me: Familiar names help launch babies into speech-stream segmentation. *Psychological science*, 16(4), 298-304.
- Botting, N. (2005). Non-verbal cognitive development and language impairment. *Journal of child psychology and psychiatry*, 46(3), 317-326.
- Botvinick, M. M., Braver, T. S., Barch, D. M., Carter, C. S., & Cohen, J. D. (2001). Conflict monitoring and cognitive control. *Psychological review*, 108(3), 624.
- Bowey, J. A. (1996). On the association between phonological memory and receptive vocabulary in five-year-olds. *Journal of Experimental Child Psychology*, 63(1), 44-78.
- Brent, M. R., & Cartwright, T. A. (1996). Distributional regularity and phonotactic constraints are useful for segmentation. *Cognition*, 61, 93-125.
- Brocki, K. C., & Bohlin, G. (2004). Executive functions in children aged 6 to 13: A dimensional and developmental study. *Developmental neuropsychology*, 26(2), 571-593.
- Brooks, P. J., Hanauer, J. B., Padowska, B., & Rosman, H. (2003). The role of selective attention in preschoolers' rule use in a novel dimensional card sort. *Cognitive Development*, 18(2), 195-215.
- Brungart, D. S. (2001). Informational and energetic masking effects in the perception of two simultaneous talkers. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 109(3), 1101-1109.
- Brungart, D. S., Chang, P. S., Simpson, B. D., & Wang, D. (2006). Isolating the energetic component of speech-on-speech masking with ideal time-frequency segregation. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 120(6), 4007-4018.
- Bunge, S. A., Dudukovic, N. M., Thomason, M. E., Vaidya, C. J., & Gabrieli, J. D. (2002). Immature frontal lobe contributions to cognitive control in children: evidence from fMRI. *Neuron*, 33(2), 301-311.
- Burgess, P. W., Dumontheil, I., & Gilbert, S. J. (2007). The gateway hypothesis of rostral prefrontal cortex (area 10) function. *Trends in cognitive sciences*, 11(7), 290-298.
- Burgess, P.W. & Shallice, T. (1997). The Hayling and Brixton Tests. Bury St. Edmunds, UK: Thames Valley Test Company.**
- Bush, G., Luu, P., & Posner, M. I. (2000). Cognitive and emotional influences in anterior cingulate cortex. *Trends in cognitive sciences*, 4(6), 215-222.

C

- Cairns, P., Shillcock, R., Chater, N., & Levy, J. (1997). Bootstrapping word boundaries: A bottom-up corpus-based approach to speech segmentation. *Cognitive Psychology*, 33(2), 111-153.
- Campbell, W. N., & Skarakis-Doyle, E. (2007). School-aged children with SLI: The ICF as a framework for collaborative service delivery. *Journal of Communication Disorders*, 40(6), 513-535.
- Caramazza, A. (1997). How many levels of processing are there in lexical access?. *Cognitive neuropsychology*, 14(1), 177-208.
- Caravolas, M., Hulme, C., & Snowling, M. J. (2001). The foundations of spelling ability: Evidence from a 3-year longitudinal study. *Journal of memory and language*, 45(4), 751-774.
- Carlson & Meltzoff (2008). Bilingual experience and executive functioning in young children. *Dev sci* 11, 282-98.
- Carlson, S. M., & Meltzoff, A. N. (2008). Bilingual experience and executive functioning in young children. *Developmental science*, 11(2), 282-298.
- Carlson, S. M., & Moses, L. J. (2001). Individual differences in inhibitory control and children's theory of mind. *Child development*, 72(4), 1032-1053.
- Catale, C., & Meulemans, T. (2009). The Real Animal Size Test (RAST) A New Measure of Inhibitory Control for Young Children. *European Journal of Psychological Assessment*, 25(2), 83-91.
- Catts, H. W., Adlof, S. M., Hogan, T. P., & Weismer, S. E. (2005). Are specific language impairment and dyslexia distinct disorders?. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 48(6), 1378-1396.

- Catts, H. W., Compton, D., Tomblin, J. B., & Bridges, M. S. (2012). Prevalence and nature of late-emerging poor readers. *Journal of educational psychology*, 104(1), 166-181
- Catts, H. W., Fey, M. E., Zhang, X., & Tomblin, J. B. (2001). Estimating the risk of future reading difficulties in kindergarten children: A research-based model and its clinical implementation. *Language, speech, and hearing services in schools*, 32(1), 38-50.
- Cepeda, N. J., Kramer, A. F., & Gonzalez de Sather, J. (2001). Changes in executive control across the life span: examination of task-switching performance. *Developmental psychology*, 37(5), 715-730.
- Chatham, C. H., Claus, E. D., Kim, A., Curran, T., Banich, M. T., & Munakata, Y. (2012). Cognitive control reflects context monitoring, not motoric stopping, in response inhibition. *PloS one*, 7(2), e31546.
- Cherry, E. C. (1953). Some experiments on the recognition of speech, with one and with two ears. *The Journal of the acoustical society of America*, 25(5), 975-979.
- Chevalier, N. (2010). Les fonctions exécutives chez l'enfant: Concepts et développement. *Canadian Psychology/Psychologie Canadienne*, 51(3), 149-163.
- Chevrié-Muller, C., & Plaza, M. (2001). *Nouvelles épreuves pour l'examen du langage (N-EEL)*. Paris: Éditions du centre de psychologie appliquée.
- Chiat, S. (2001). Mapping theories of developmental language impairment: Premises, predictions and evidence. *Language and cognitive processes*, 16(2-3), 113-142.
- Christopher, M. E., Miyake, A., Keenan, J. M., Pennington, B., DeFries, J. C., Wadsworth, S. J., ... & Olson, R. K. (2012). Predicting word reading and comprehension with executive function and speed measures across development: a latent variable analysis. *Journal of Experimental Psychology: General*, 141(3), 470.
- Colé, P., Casalis, S., Gutiérrez, A. B. D., Leybaert, J., Schelstraete, M. A., & Sprenger-Charolles, L. (2012). *Lecture et pathologies du langage oral*. Presses universitaires de Grenoble.
- Colin, C., & Radeau, M. (2003). Les illusions McGurk dans la parole: 25 ans de recherches. *L'année psychologique*, 103(3), 497-542.
- Collette, F., Salmon, E., Van der Linden, M., Chicherio, C., Belleville, S., Degueldre, C., ... & Franck, G. (1999). Regional brain activity during tasks devoted to the central executive of working memory. *Cognitive Brain Research*, 7(3), 411-417.
- Collette, F., Van der Linden, M., Laureys, S., Delfiore, G., Degueldre, C., Luxen, A., & Salmon, E. (2005). Exploring the unity and diversity of the neural substrates of executive functioning. *Human brain mapping*, 25(4), 409-423.
- Colombo, J., & Bundy, R. S. (1983). Infant response to auditory familiarity and novelty. *Infant Behavior and Development*, 6(2-3), 305-311.
- Coltheart, M. (1978). Lexical access in simple reading tasks. *Strategies of information processing*, 151-216.
- Coltheart, M., & Rastle, K. (1994). Serial processing in reading aloud: Evidence for dual-route models of reading. *Journal of Experimental Psychology: human perception and performance*, 20(6), 1197-1211.
- Conboy, B. T., Sommerville, J. A., & Kuhl, P. K. (2008). Cognitive control factors in speech perception at 11 months. *Developmental psychology*, 44(5), 1505-1512.
- Conti-Ramsden, G., & Botting, N. (1999). Classification of children with specific language impairment: Longitudinal considerations. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 42(5), 1195-1204.
- Conway, A. R., Kane, M. J., & Engle, R. W. (2003). Working memory capacity and its relation to general intelligence. *Trends in cognitive sciences*, 7(12), 547-552.
- Cooper, N. P., & Guinan, J. J. (2003). Separate mechanical processes underlie fast and slow effects of medial olivocochlear efferent activity. *The Journal of physiology*, 548(1), 307-312.
- Corbetta, M. (1998). Frontoparietal cortical networks for directing attention and the eye to visual locations: Identical, independent, or overlapping neural systems?. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 95(3), 831-838.
- Cowan, N. (1995). *Attention and memory: An integrated framework* New York: Oxford University Press.

- Cowan, N., AuBuchon, A. M., Gilchrist, A. L., Ricker, T. J., & Sauls, J. S. (2011). Age differences in visual working memory capacity: Not based on encoding limitations. *Developmental science*, 14(5), 1066-1074.
- Cowan, N., Sauls, J. S., & Elliott, E. M. (2002). The search for what is fundamental in the development of working memory. In *Advances in child development and behavior* (Vol. 29, pp. 1-49). JAI.
- Crollen, V., & Noël, M. P. (2015). The role of fingers in the development of counting and arithmetic skills. *Acta Psychologica*, 156, 37-44.
- Crone, E. A., Wendelken, C., Donohue, S., van Leijenhorst, L., & Bunge, S. A. (2006). Neurocognitive development of the ability to manipulate information in working memory. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 103(24), 9315-9320.
- Czernochowski, D., Nessler, D., & Friedman, D. (2010). On why not to rush older adults—relying on reactive cognitive control can effectively reduce errors at the expense of slowed responses. *Psychophysiology*, 47(4), 637-646.

D

- Daneman, M., & Green, I. (1986). Individual differences in comprehending and producing words in context. *Journal of memory and language*, 25(1), 1-18.
- Darowski, E. S., Helder, E., Zacks, R. T., Hasher, L., & Hambrick, D. Z. (2008). Age-related differences in cognition: The role of distraction control. *Neuropsychology*, 22(5), 638-644.
- Davidson, M. C., Amso, D., Anderson, L. C., & Diamond, A. (2006). Development of cognitive control and executive functions from 4 to 13 years: Evidence from manipulations of memory, inhibition, and task switching. *Neuropsychologia*, 44(11), 2037-2078.
- Davis, C. L., Tomporowski, P. D., McDowell, J. E., Austin, B. P., Miller, P. H., Yanasak, N. E., ... & Naglieri, J. A. (2011). Exercise improves executive function and achievement and alters brain activation in overweight children: a randomized, controlled trial. *Health Psychology*, 30(1), 91-98.
- de Boysson-Bardies, B. (1996). *Comment la parole vient aux enfants*. Odile Jacob.
- De Jong, P. F. (2006). Understanding normal and impaired reading development: A working memory perspective. *Working memory and education*, 33-60.
- DeCasper, A. J., & Fifer, W. P. (1980). Of human bonding: Newborns prefer their mothers' voices. *Science*, 208(4448), 1174-1176.
- Dehaene, S. (2014). *Le Code de la conscience*. Paris, Odile Jacob.
- Delage, H., & Frauenfelder, U. (2012). Développement de la mémoire de travail et traitement des phrases complexes: Quelle relation?. In *SHS Web of Conferences* (Vol. 1, pp. 1555-1573). EDP Sciences.
- Demont, E., & Botzung, A. (2003). Contribution de la conscience phonologique et de la mémoire de travail aux difficultés en lecture: étude auprès d'enfants dyslexiques et apprentis lecteurs. *L'année psychologique*, 103(3), 377-409.
- Dempster, F. N. (1993). Resistance to interference: Developmental changes in a basic processing mechanism. In *Emerging themes in cognitive development* (pp. 3-27). Springer, New York, NY.
- Dempster, F. N., & Corkill, A. J. (1999). Interference and inhibition in cognition and behavior: Unifying themes for educational psychology. *Educational Psychology Review*, 11(1), 1-88.
- D'Esposito, M., Postle, B. R., Ballard, D., & Lease, J. (1999). Maintenance versus manipulation of information held in working memory: an event-related fMRI study. *Brain and cognition*, 41(1), 66-86.
- Diamond A. (1988). Abilities and neural mechanisms underlying AB Performance. *Child Development*, 59, 523-527.
- Diamond, A. (1985). Development of the ability to use recall to guide action, as indicated by infants' performance on AB. *Child development*, 868-883.
- Diamond, A. (1988). Abilities and neural mechanisms underlying AB performance. *Child development*, 523-527.
- Diamond, A. (1995). Evidence of robust recognition memory early in life even when assessed by reaching behavior. *Journal of Experimental Child Psychology*, 59(3), 419-456.
- Diamond, A. (2001). A model system for studying the role of dopamine in the prefrontal cortex during early development in humans: Early and continuously treated phenylketonuria. In C. A. Nelson & M.

Luciana (Eds.), *Handbook of developmental cognitive neuroscience* (pp. 433-472). Cambridge, MA: MIT Press.

Diamond, A. (2002). Normal development of prefrontal cortex from birth to young adulthood: Cognitive functions, anatomy, and biochemistry. *Principles of frontal lobe function*, 466-503.

Diamond, A. (2006). The early development of executive functions. *Lifespan cognition: Mechanisms of change*, 210, 70-95.

Diamond, A. (2013). Executive functions. *Annual review of psychology*, 64, 135-168.

Diamond, A., & Doard, B. (1989). The performance of human infants on a measure of frontal cortex function, the delayed response task. *Developmental Psychobiology*, 22, 271-294.

Diamond, A., & Gilbert, J. (1989). Development as progressive inhibitory control of action: retrieval of a contiguous object. *Cognitive Development*, 4(3), 223-249.

Diamond, A., & Kirkham, N. (2005). Not quite as grown-up as we like to think: Parallels between cognition in childhood and adulthood. *Psychological Science*, 16(4), 291-297.

Diamond, A., & Lee, K. (2011). Interventions shown to aid executive function development in children 4 to 12 years old. *Science*, 333(6045), 959-964.

Diamond, A., (1996). Evidence for the importance of dopamine for prefrontal cortex functions early in life. *Philosophical Transaction of The Royal Society of London*, 351, 1483-1494.

Diamond, A., Barnett, W. S., Thomas, J., & Munro, S. (2007). Preschool program improves cognitive control. *Science (New York, NY)*, 318(5855), 1387-1388.

Diamond, A., Briand, L., Fossella, J., & Gehlbach, L. (2004). Genetic and neurochemical modulation of prefrontal cognitive functions in children. *American Journal of Psychiatry*, 161(1), 125-132.

Dockrell, J. E., Lindsay, G., Norbury, C., Tomblin, B., & Bishop, D. (2008). Inclusion versus specialist provision: Ideology versus evidence based practice for children with language and communication difficulties. *Understanding developmental language disorders in children: From theory to practice*, 131-147.

Dosenbach, N. U., Fair, D. A., Miezin, F. M., Cohen, A. L., Wenger, K. K., Dosenbach, R. A., ... & Schlaggar, B. L. (2007). Distinct brain networks for adaptive and stable task control in humans. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 104(26), 11073-11078.

Driver, J., & Spence, C. (2004). Crossmodal spatial attention: Evidence from human performance. *Crossmodal space and crossmodal attention*, 179-220.

Duncan, J., Parr, A., Woolgar, A., Thompson, R., Bright, P., Cox, S., ... & Nimmo-Smith, I. (2008). Goal neglect and Spearman's g: Competing parts of a complex task. *Journal of Experimental Psychology: General*, 137(1), 131-148.

Dunn, L. M., & Dunn, L. M. (1981). *Peabody picture vocabulary test: Forms L and M*. American Guidance Service.

Dunn, L. M., Thériault-Whalen, C. M., & Dunn, L. M. (1993). Echelle de vocabulaire en images peabody [French adaptation of Peabody Picture Vocabulary Test, Revised]. *Paris, France: ATM*.

Durston, S., Thomas, K. M., Yang, Y., Uluğ, A. M., Zimmerman, R. D., & Casey, B. J. (2002). A neural basis for the development of inhibitory control. *Developmental Science*, 5(4), F9-F16.

E

Echols, C. H., Crowhurst, M. J., & Childers, J. B. (1997). The perception of rhythmic units in speech by infants and adults. *Journal of memory and language*, 36(2), 202-225.

Edition, F., & American Psychiatric Association. (2013). Diagnostic and statistical manual of mental disorders. *Arlington: American Psychiatric Publishing*.

Edwards, J., & Munson, B. E. N. J. A. M. I. N. (2009). Speech perception and production in child language disorders. *Handbook of child language disorders*, 216-231.

Edwards, J., Fox, & R.A., Rogers, C. L. (2002). Final consonant discrimination in children: Effects of phonological disorder, vocabulary size, and articulatory accuracy. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 45, 231-242.

Eimas, P. D. (1974). Auditory and linguistic processing of cues for place of articulation by infants. *Perception & Psychophysics*, 16(3), 513-521.

- Eimas, P. D., & Miller, J. L. (1980). Discrimination of information for manner of articulation. *Infant Behavior & Development*, 3(4), 367-375.
- Eimas, P. D., Siqueland, E. R., Jusczyk, P., & Vigorito, J. (1971). Speech perception in infants. *Science*, 171(3968), 303-306.
- Elbro, C., & Scarborough, H. S. (2004). Early identification. In *Handbook of children's literacy* (pp. 339-359). Springer, Dordrecht.
- Eldreth, D. A., Patterson, M. D., Porcelli, A. J., Biswal, B. B., Rebbecki, D., & Rypma, B. (2006). Evidence for multiple manipulation processes in prefrontal cortex. *Brain research*, 1123(1), 145-156.
- Elman, J. L., & Zipser, D. (1988). Learning the hidden structure of speech. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 83(4), 1615-1626.
- Engle, R. W., Conway, A. R., Tuholski, S. W., & Shisler, R. J. (1995). A resource account of inhibition. *Psychological Science*, 6(2), 122-125.
- Epstein, B., Shafer, V. L., Melara, R. D., & Schwartz, R. G. (2014). Can children with SLI detect cognitive conflict? Behavioral and electrophysiological evidence. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 57(4), 1453-1467.
- Ericsson, K. A., Nandagopal, K., & Roring, R. W. (2009). Toward a science of exceptional achievement. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1172(1), 199-217.
- Er-Rafiqi, M., Roukoz, C., Le Gall, D., & Roy, A. (2017). Les fonctions exécutives chez l'enfant: développement, influences culturelles et perspectives cliniques. *Revue de neuropsychologie*, 9(1), 27-34.
- Espy, K. A., & Cwik, M. F. (2004). The development of a trial making test in young children: the TRAILS-P. *The Clinical Neuropsychologist*, 18(3), 411-422.
- Espy, K. A., & Bull, R. (2005). Inhibitory processes in young children and individual variation in short-term memory. *Developmental Neuropsychology*, 28(2), 669-688.
- Evans, J. L., Saffran, J. R., & Robe-Torres, K. (2009). Statistical learning in children with specific language impairment. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 52(2), 321-335.

F

- Ferrer, E., O'Hare, E. D., & Bunge, S. A. (2009). Fluid reasoning and the developing brain. *Frontiers in neuroscience*, 3(1), 46-51.
- Finneran, D. A., Francis, A. L., & Leonard, L. B. (2009). Sustained attention in children with specific language impairment (SLI). *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 52(4), 915-929.
- Fiore, F., Borella, E., Mammarella, I. C., & De Beni, R. (2012). Age differences in verbal and visuo-spatial working memory updating: evidence from analysis of serial position curves. *Memory*, 20(1), 14-27.
- Fiser, J., & Aslin, R. N. (2002). Statistical learning of new visual feature combinations by infants. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 99(24), 15822-15826.
- Flapper, B. C., & Schoemaker, M. M. (2013). Developmental coordination disorder in children with specific language impairment: Co-morbidity and impact on quality of life. *Research in developmental disabilities*, 34(2), 756-763.
- Floccia, C., Nazzi, T., & Bertoncini, J. (2000). Unfamiliar voice discrimination for short stimuli in newborns. *Developmental Science*, 3(3), 333-343.
- Flook, L., Smalley, S. L., Kitil, M. J., Galla, B. M., Kaiser-Greenland, S., Locke, J., ... & Kasari, C. (2010). Effects of mindful awareness practices on executive functions in elementary school children. *Journal of applied school psychology*, 26(1), 70-95.
- Fourrier, I. (2000). Erreurs d'intrusion de code dans le transcodage numérique chez les patients atteints de Démence de Type Alzheimer : étude longitudinale et transversale. Etude de la double hypothèse de déficit d'inhibition et de trouble de transcodage dans les erreurs de transcodage numérique la démence de type Alzheimer (Mémoire de licence 3 en logopédie, sous la direction de Turconi, E. et Seron, X. , Université de Louvain- la- Neuve, Belgique).
- Friedman, N. P., & Miyake, A. (2004). The relations among inhibition and interference control functions: a latent-variable analysis. *Journal of Experimental Psychology*, 133(1), 101-135.

Frye, D., Zelazo, P. D., & Palfai, T. (1995). Theory of mind and rule-based reasoning. *Cognitive development*, 10(4), 483-527.

G

Gabriel Mounir, D. (2012). *Le développement lexical chez l'enfant d'âge préscolaire: rôle des compétences phonologiques et prédiction des habiletés langagières* (Doctoral dissertation, University of Geneva).

Garon, N., Bryson, S. E., & Smith, I. M. (2008). Executive function in preschoolers: a review using an integrative framework. *Psychological bulletin*, 134(1), 31.

Gathercole, S. E. (2006). Nonword repetition and word learning: The nature of the relationship. *Applied Psycholinguistics*, 27(4), 513-543.

Gathercole, S. E., & Alloway, T. P. (2008). *Working memory and learning: A practical guide for teachers*. Los Angeles, CA: Sage Publications.

Gathercole, S. E., & Baddeley, A. D. (1989). Evaluation of the role of phonological STM in the development of vocabulary in children: A longitudinal study. *Journal of memory and language*, 28(2), 200-213.

Gathercole, S. E., & Baddeley, A. D. (1990). Phonological memory deficits in language disordered children: Is there a causal connection?. *Journal of memory and language*, 29(3), 336-360.

Gathercole, S. E., & Baddeley, A. D. (1993). Phonological working memory: A critical building block for reading development and vocabulary acquisition?. *European Journal of Psychology of Education*, 8(3), 259-272.

Gathercole, S. E., Pickering, S. J., Ambridge, B., & Wearing, H. (2004). The structure of working memory from 4 to 15 years of age. *Developmental psychology*, 40(2), 177-190.

Gathercole, S. E., Service, E., Hitch, G. J., Adams, A. M., & Martin, A. J. (1999). Phonological short-term memory and vocabulary development: further evidence on the nature of the relationship. *Applied Cognitive Psychology: The Official Journal of the Society for Applied Research in Memory and Cognition*, 13(1), 65-77.

Gathercole, S. E., Willis, C. S., Emslie, H., & Baddeley, A. D. (1992). Phonological memory and vocabulary development during the early school years: A longitudinal study. *Developmental psychology*, 28(5), 887-898.

Gathercole, S. E., Willis, C., & Baddeley, A. D. (1991). Differentiating phonological memory and awareness of rhyme: Reading and vocabulary development in children. *British Journal of Psychology*, 82(3), 387-406.

Gathercole, S. E., Willis, C., Emslie, H., & Baddeley, A. D. (1991). The influences of number of syllables and wordlikeness on children's repetition of nonwords. *Applied psycholinguistics*, 12(3), 349-367.

Gazzaley, A., Cooney, J. W., McEvoy, K., Knight, R. T., & D'Esposito, M. (2005). Top-down enhancement and suppression of the magnitude and speed of neural activity. *Journal of cognitive neuroscience*, 17(3), 507-517.

Georgopoulos, A. P., Lurito, J. T., Petrides, M., Schwartz, A. B., & Massey, J. T. (1989). Mental rotation of the neuronal population vector. *Science*, 243(4888), 234-236.

Gerstadt, C. L., Hong, Y. J., & Diamond, A. (1994). The relationship between cognition and action: performance of children 312-7 years old on a stroop-like day-night test. *Cognition*, 53(2), 129-153.

Gillam, R. B., Cowan, N., & Day, L. S. (1995). Sequential memory in children with and without language impairment. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 38(2), 393-402.

Giraud, A. L., Garnier, S., Micheyl, C., Lina, G., Chays, A., & Chéry-Croze, S. (1997). Auditory efferents involved in speech-in-noise intelligibility. *Neuroreport*, 8(7), 1779-1783.

Goh, W. D., & Pisoni, D. B. (2003). Effects of lexical competition on immediate memory span for spoken words. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology Section A*, 56(6), 929-954.

Gómez, R. L., & Gerken, L. (2000). Infant artificial language learning and language acquisition. *Trends in cognitive sciences*, 4(5), 178-186.

Gooch, D., Hulme, C., Nash, H. M., & Snowling, M. J. (2014). Comorbidities in preschool children at family risk of dyslexia. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 55(3), 237-246.

- Gooch, D., Thompson, P., Nash, H. M., Snowling, M. J., & Hulme, C. (2016). The development of executive function and language skills in the early school years. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 57(2), 180-187.
- Gopnik, M. (1990). Feature-blind grammar and dysphasia. *Nature*, 344,(6268) : 715-715.
- Gopnik, M. (1997). Language deficits and genetic factors. *Trends in Cognitive Sciences*, 1(1), 5-9.
- Gout, A. (2001). *Etapas précoces de l'acquisition du lexique* (Doctoral dissertation, Paris, EHESS).
- Grant, D. A., & Berg, E. (1948). A behavioral analysis of degree of reinforcement and ease of shifting to new responses in a Weigl-type card-sorting problem. *Journal of experimental psychology*, 38(4), 404-411.
- Grataloup, C. (2007). *La reconstruction cognitive de la parole dégradée: étude de l'intelligibilité comme indice d'une capacité cognitive humaine* (Doctoral dissertation, Lyon 2).
- Grosjean, F., & Gee, J. P. (1987). Prosodic structure and spoken word recognition. *Cognition*, 25(1-2), 135-155.

H

- Hamilton, A. C., & Martin, R. C. (2007). Proactive interference in a semantic short-term memory deficit: Role of semantic and phonological relatedness. *Cortex*, 43(1), 112-123.
- Hari, R., & Renvall, H. (2001). Impaired processing of rapid stimulus sequences in dyslexia. *Trends in cognitive sciences*, 5(12), 525-532.
- Harnishfeger, K. K. (1995). The Development of cognitive inhibition: Theories, definitions and research evidence (pp. 175-204). In F. N. Dempster & C. J. Brainerd (Eds.), *Interference and inhibition in cognition*. San Diego, CA: Academic Press.
- Harnishfeger, K. K., & Bjorklund, D. F. (1994). A developmental perspective on individual differences in inhibition. *Learning and individual differences*, 6(3), 331-355.
- Hart, B., & Risley, T. R. (1995). *Meaningful differences in the everyday experience of young American children*. Paul H Brookes Publishing.
- Hasher, L., & Zacks, R. T. (1979). Automatic and effortful processes in memory. *Journal of experimental psychology: General*, 108(3), 356-388.
- Hasher, L., Stoltzfus, E. R., Zacks, R. T., & Rypma, B. (1991). Age and inhibition. *Journal of experimental psychology: Learning, memory, and cognition*, 17(1), 163-169.
- Hay, J. F., Pelucchi, B., Estes, K. G., & Saffran, J. R. (2011). Linking sounds to meanings: Infant statistical learning in a natural language. *Cognitive psychology*, 63(2), 93-106.
- Hazan, V., & Barrett, S. (2000). The development of phonemic categorization in children aged 6–12. *Journal of phonetics*, 28(4), 377-396.
- Hazard, M. C., De Cara, B., & Chanquoy, L. (2007). Normes d'âge d'acquisition objectif des mots et recherche de prédicteurs: importance du choix de la base de fréquence lexicale. *L'Année psychologique*, 107(3), 427-457.
- Hedden, T., & Park, D. (2001). Aging and interference in verbal working memory. *Psychology and aging*, 16(4), 666-681.
- Henry, L. A., Messer, D. J., & Nash, G. (2012). Executive functioning in children with specific language impairment. *Journal of child psychology and psychiatry*, 53(1), 37-45.
- Hirt, E. R., Devers, E. E., & McCrea, S. M. (2008). I want to be creative: Exploring the role of hedonic contingency theory in the positive mood-cognitive flexibility link. *Journal of personality and social psychology*, 94(2), 214-230.
- Hollich, G., Newman, R. S., & Jusczyk, P. W. (2005). Infants' use of synchronized visual information to separate streams of speech. *Child development*, 76(3), 598-613.
- Holmes, J., Gathercole, S. E., Place, M., Dunning, D. L., Hilton, K. A., & Elliott, J. G. (2010). Working memory deficits can be overcome: Impacts of training and medication on working memory in children with ADHD. *Applied Cognitive Psychology*, 24(6), 827-836.
- Houdé, O. (2014). *Apprendre à résister*. Paris, Le Pommier.
- Huizinga M., Dolan C. V. & van der Molen M. W. (2006). Age-related change in executive function: developmental trends and a latent variable analysis. *Neuropsychologia*, 44, 2017-2036.

Hulme, C., Roodenrys, S., Schweickert, R., Brown, G. D., Martin, S., & Stuart, G. (1997). Word-frequency effects on short-term memory tasks: Evidence for a redintegration process in immediate serial recall. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 23(5), 1217-1232.

I

Im-Bolter, N., Johnson, J., & Pascual-Leone, J. (2006). Processing limitations in children with specific language impairment: The role of executive function. *Child development*, 77(6), 1822-1841.

Isaki, E., Spaulding, T. J., & Plante, E. (2008). Contributions of language and memory demands to verbal memory performance in language-learning disabilities. *Journal of Communication Disorders*, 41(6), 512-530.

J

Jacoby, L. L. (1991). A process dissociation framework: Separating automatic from intentional uses of memory. *Journal of Memory and Language*, 30, 513-541.

Joanisse, M. F., & Seidenberg, M. S. (1998). Specific language impairment: A deficit in grammar or processing? *Trends in cognitive sciences*, 2(7), 240-247.

Jones, M. R., & Boltz, M. (1989). Dynamic attending and responses to time. *Psychological review*, 96(3), 459-491.

Jusczyk, P. W. (1997). Finding and remembering words: Some beginnings by English-learning infants. *Current Directions in Psychological Science*, 6(6), 170-174.

Jusczyk, P. W., & Aslin, R. N. (1995). Infants' detection of the sound patterns of words in fluent speech. *Cognitive psychology*, 29(1), 1-23.

Jusczyk, P. W., Cutler, A., & Redanz, N. J. (1993). Infants' preference for the predominant stress patterns of English words. *Child development*, 64(3), 675-687.

Jusczyk, P. W., Friederici, A. D., Wessels, J. M., Svenkerud, V. Y., & Jusczyk, A. M. (1993). Infants' sensitivity to the sound patterns of native language words. *Journal of memory and language*, 32(3), 402-420.

Jusczyk, P. W., Houston, D. M., & Newsome, M. (1999). The beginnings of word segmentation in English-learning infants. *Cognitive psychology*, 39(3-4), 159-207.

Jusczyk, P. W., Luce, P. A., & Charles-Luce, J. (1994). Infants' sensitivity to phonotactic patterns in the native language. *Journal of Memory and Language*, 33(5), 630-645.

K

Kail, R., & Hall, L. K. (1994). Processing speed, naming speed, and reading. *Developmental Psychology*, 30(6), 949-954.

Kamhi, A. G., & Catts, H. W. (1986). Toward an understanding of developmental language and reading disorders. *Journal of Speech and Hearing Disorders*, 51(4), 337-347.

Kane, M. J., & Engle, R. W. (2002). The role of prefrontal cortex in working-memory capacity, executive attention, and general fluid intelligence: An individual-differences perspective. *Psychonomic bulletin & review*, 9(4), 637-671.

Kapa, L. L., & Colombo, J. (2013). Attentional control in early and later bilingual children. *Cognitive development*, 28(3), 233-246.

Kapa, L. L., & Plante, E. (2015). Executive function in SLI: Recent advances and future directions. *Current developmental disorders reports*, 2(3), 245-252.

Karayanidis, F., Whitson, L. R., Heathcote, A., & Michie, P. T. (2011). Variability in proactive and reactive cognitive control processes across the adult lifespan. *Frontiers in psychology*, 2, 1-19.

Karbach, J., & Kray, J. (2009). How useful is executive control training? Age differences in near and far transfer of task-switching training. *Developmental science*, 12(6), 978-990.

Khamsi, A. (2001). *ELO. Evaluation du langage oral*. Paris: Les Editions du Centre de Psychologie Appliquée.

Kirchner, W. K. (1958). Age differences in short-term retention of rapidly changing information. *Journal of experimental psychology*, 55(4), 352-358.

Kirkham, N. Z., Cruess, L., & Diamond, A. (2003). Helping children apply their knowledge to their behavior on a dimension-switching task. *Developmental Science*, 6(5), 449-467.

- Klingberg, T. (2010). Training and plasticity of working memory. *Trends in cognitive sciences*, 14(7), 317-324.
- Klingberg, T., Fernell, E., Olesen, P. J., Johnson, M., Gustafsson, P., Dahlström, K., ... & Westerberg, H. (2005). Computerized training of working memory in children with ADHD-a randomized, controlled trial. *Journal of the American Academy of Child & Adolescent Psychiatry*, 44(2), 177-186.
- Kochhar, P., Batty, M. J., Liddle, E. B., Groom, M. J., Scerif, G., Liddle, P. F., & Hollis, C. P. (2011). Autistic spectrum disorder traits in children with attention deficit hyperactivity disorder. *Child: care, health and development*, 37(1), 103-110.
- Korkman, M., Kirk, U., & Kemp, S. (2004). *NEPSY. Bilan neuropsychologique de l'enfant*. ECPA (Editions du centre de psychologie appliquée).
- Kuhl, P. K. (1993). Innate predispositions and the effects of experience in speech perception: The native language magnet theory. In *Developmental neurocognition: Speech and face processing in the first year of life* (pp. 259-274). Springer, Dordrecht.
- Kuhl, P. K. (2004). Early language acquisition: cracking the speech code. *Nature reviews neuroscience*, 5(11), 831-843.
- Kuhl, P. K., Conboy, B. T., Padden, D., Nelson, T., & Pruitt, J. (2005). Early speech perception and later language development: Implications for the "critical period". *Language Learning and Development*, 1(3-4), 237-264.
- Kuhl, P. K., Stevens, E., Hayashi, A., Deguchi, T., Kiritani, S., & Iverson, P. (2006). Infants show a facilitation effect for native language phonetic perception between 6 and 12 months. *Developmental science*, 9(2), 13-21.

L

- Lachaux, J.-P. (2018). *Les réseaux de l'attention*. Communication orale présentée au congrès de la SOFTAL, Grenoble, France.
- Lachaux, J. -P. (2011). *Le cerveau attentif: contrôle, maîtrise et lâcher-prise*. Paris : Odile Jacob.
- Lachaux, J.-P. (2015). *Le cerveau funambule : comprendre et apprivoiser son attention grâce aux neurosciences*. Paris : Odile Jacob.
- Lakes, K. D., & Hoyt, W. T. (2004). Promoting self-regulation through school-based martial arts training. *Journal of Applied Developmental Psychology*, 25(3), 283-302.
- Lallier, (2018) communication orale, congrès SOFTAL, 2018).
- Lallier, M., Molinaro, N., Lizarazu, M., Bourguignon, M., & Carreiras, M. (2017). Amodal atypical neural oscillatory activity in dyslexia: a cross-linguistic perspective. *Clinical Psychological Science*, 5(2), 379-401.
- Landry, R., & Bryson, S. E. (2004). Impaired disengagement of attention in young children with autism. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 45(6), 1115-1122.
- Le Normand, M. T. (1999). Retards de langage et dysphasies. *Troubles du langage*. Sprimont: Mardaga.
- Leach, J. M., Scarborough, H. S., & Rescorla, L. (2003). Late-emerging reading disabilities. *Journal of educational psychology*, 95(2), 211-224.
- Leclerc, A.-L. & Leroy, S. (2012). Introduction générale à la dysphasie : caractéristiques linguistiques et approches théoriques. Dans, Maillart, C., & Schelstraete, M. A., *Les dysphasies : de l'évaluation à la rééducation* (p 5-33). Issy-les- Moulineaux : Elsevier-Masson.
- Leclercq, A. L., & Majerus, S. (2010). The relationship between serial order STM and vocabulary development: a longitudinal study. *Developmental Psychology*, 46(2), 417-427.
- Lecocq, P. (1996). *L'ECOSSE : une épreuve de compréhension syntaxico-sémantique (manuel et épreuve)*. Villeneuve d'Ascq, France: Presses Universitaires du Septentrion.
- Lee, K., Bull, R., & Ho, R. M. (2013). Developmental changes in executive functioning. *Child development*, 84(6), 1933-1953.
- Lehto, J. E., Juujärvi, P., Kooistra, L., & Pulkkinen, L. (2003). Dimensions of executive functioning: Evidence from children. *British Journal of Developmental Psychology*, 21(1), 59-80.
- Leonard, L. B. (1979). Language impairment in children. *Merrill-Palmer Quarterly of Behavior and Development*, 25(3), 205-232.

- Leonard, L. B., Caselli, M. C., Bortolini, U., McGregor, K. K., & Sabbadini, L. (1992). Morphological deficits in children with specific language impairment: The status of features in the underlying grammar. *Language Acquisition*, 2(2), 151-179.
- Leonard, L. B., Weismer, S. E., Miller, C. A., Francis, D. J., Tomblin, J. B., & Kail, R. V. (2007). Speed of processing, working memory, and language impairment in children. *Journal of speech, language, and hearing research*, 50(2), 408-428.
- Leong, V., & Goswami, U. (2014). Assessment of rhythmic entrainment at multiple timescales in dyslexia: evidence for disruption to syllable timing. *Hearing research*, 308, 141-161.
- Leonard, L.B. (1998). Children with specific language impairment. Cambridge, MA, The MIT PRESS.
- Lété, B., Sprenger-Charolles, L., & Colé, P. (2004). MANULEX: A grade-level lexical database from French elementary school readers. *Behavior Research Methods, Instruments, & Computers*, 36(1), 156-166.
- Lindsay, G., & Dockrell, J. E. (2008). Language intervention in the school years: a systemic approach. *Revista de Logopedia, foniatria y audiológia*, 28(4), 207-217.
- Liston, C., McEwen, B. S., & Casey, B. J. (2009). Psychosocial stress reversibly disrupts prefrontal processing and attentional control. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 106(3), 912-917.
- Liu, H. M., Kuhl, P. K., & Tsao, F. M. (2003). An association between mothers' speech clarity and infants' speech discrimination skills. *Developmental Science*, 6(3), 1-10.
- Lum, J. A., Gelgic, C., & Conti-Ramsden, G. (2010). Procedural and declarative memory in children with and without specific language impairment. *International Journal of Language & Communication Disorders*, 45(1), 96-107.
- Lundberg, I., Olofsson, Å., & Wall, S. (1980). Reading and spelling skills in the first school years predicted from phonemic awareness skills in kindergarten. *Scandinavian Journal of psychology*, 21(1), 159-173.
- Luria, A. R., Karpov, B. A., & Yarbuss, A. L. (1966). Disturbances of active visual perception with lesions of the frontal lobes. *Cortex*, 2(2), 202-212.

M

- MacLeod, C. M. (1991). Half a century of research on the Stroop effect: an integrative review. *Psychological bulletin*, 109(2), 163-203.
- Maillart, C. et Schelstraete, M.A.(2005). Grammatical Judgement in french speaking children with spécific language impairment. *Journal of Multilingual Communication Disorders*, 3(2),103-109.
- Maillart, C., & Parisse, C. (2006). Phonological deficits in French speaking children with SLI. *International Journal of Language & Communication Disorders*, 41(3), 253-274.
- Maillart, C., Schelstraete, M.-A., & Hupet, M. (2004). Phonological representations of children with SLI: a study of French. *Journal of Speech, Hearing and Language Research*, 47, 187 - 198.
- Maillart, C., Van Reybroeck, M., & Alegria, J. (2005). Représentations phonologiques et troubles du développement linguistique: théorie et évaluation. *Le langage de l'enfant*, 99-120.
- Majérus, S. (2014). Fondement cognitif des apprentissages scolaires [cours en ligne du Collège de France].https://www.college-de-france.fr/media/stanislas-dehaene/UPL2812985053430393578_Cours_2_Fondements_cognitifs_des_apprentissages_scolaires_v6.pdf
- Majerus, S. (2009). Verbal short-term memory and temporary activation of language representations: The importance of distinguishing item and order information. *Interactions between short-term and long-term memory in the verbal domain*, 244.
- Majerus, S. (2010). Les multiples déterminants de la mémoire à court terme verbale: Implications théoriques et évaluatives. *Développements*, (1), 5-15.
- Majerus, S. (2012). L'évaluation de la mémoire à court terme. Dans Seron, X. & Van der Linden, M : *Traité de neuropsychologie clinique*, (2ème éd, p 167-177). Marseille : Solal.
- Majerus, S., & Zesiger, P. (2009). Les troubles spécifiques du développement du langage. In M. Poncelet, S. Majerus & M. Van Der Linden. *Traité de neuropsychologie de l'enfant*, (pp. 97-134). Marseille : Solal.
- 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. *Journal of Experimental Child Psychology*, 93(2), 95-119.

- Majerus, S., Van der Linden, M., Mulder, L., Meulemans, T., & Peters, F. (2004). Verbal short-term memory reflects the sublexical organization of the phonological language network: Evidence from an incidental phonotactic learning paradigm. *Journal of Memory and Language*, 51(2), 297-306.
- Mandel, D.R., Jusczyk, P. W. et Pisoni, D.B. 1995. Infants' recognition of the sounds patterns of their own names. *Psychological Science*, 6(5), 314-317.
- Marcovitch, S., & Zelazo, P. D. (2009). A hierarchical competing systems model of the emergence and early development of executive function. *Developmental science*, 12(1), 1-18.
- Markman, E. M. (1990). Constraints children place on word meanings. *Cognitive science*, 14(1), 57-77.
- Marton, K., & Schwartz, R. G. (2003). Working memory capacity and language processes in children with specific language impairment. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 46(5), 1138-1153.
- Marton, K., Campanelli, L., Scheuer, J., Yoon, J., & Eichorn, N. (2012). Executive function profiles in children with and without specific language impairment. *Rivista di psicolinguistica applicata*, 12(3), 57-73.
- Marton, K., Kelmenson, & L., Pinkhasova, M. (2007). Inhibition control and working memory capacity in children with SLI. *Psychologia*, 50(2), 110 -121.
- Mattys, S. L., & Jusczyk, P. W. (2001). Phonotactic cues for segmentation of fluent speech by infants. *Cognition*, 78(2), 91-121.
- Mattys, S. L., White, L., & Melhorn, J. F. (2005). Integration of multiple speech segmentation cues: a hierarchical framework. *Journal of Experimental Psychology: General*, 134(4), 477.
- Mayor Dubois, C. (2010). *Apprentissage procédural chez l'enfant: études développementales et cliniques (Doctoral dissertation, University of Geneva)*.
- Mazuka, R., Jincho, N., & Oishi, H. (2009). Development of executive control and language processing. *Language and Linguistics Compass*, 3(1), 59-89.
- McArthur, G. M., & Bishop, D. V. M. (2001). Auditory perceptual processing in people with reading and oral language impairments: Current issues and recommendations. *Dyslexia*, 7(3), 150-170.
- McArthur, G. M., Hogben, J. H., Edwards, V. T., Heath, S. M., & Mengler, E. D. (2000). On the "specifics" of specific reading disability and specific language impairment. *The Journal of Child Psychology and Psychiatry and Allied Disciplines*, 41(7), 869-874.
- McGurk, H., & MacDonald, J. (1976). Hearing lips and seeing voices. *Nature*, 264(5588), 746-748.
- Meaux, E., Gillet, P., Bonnet-Brilhault, F., Barthélémy, C., & Batty, M. (2011). Atypical perception processing and facial emotion disorder in autism. *L'Encephale*, 37(5), 371-378.
- Mehler, J., Bertoncini, J., Barriere, M., & Jassik-Gerschenfeld, D. (1978). Infant recognition of mother's voice. *Perception*, 7(5), 491-497.
- Mehler, J., Dupoux, E., & Nazzi, T. (2014). Coping with linguistic diversity: The infant's viewpoint. In *Signal to syntax* (pp. 113-128). Psychology Press.
- Mehler, J., Jusczyk, P., Lambertz, G., Halsted, N., Bertoncini, J., & Amiel-Tison, C. (1988). A precursor of language acquisition in young infants. *Cognition*, 29(2), 143-178.
- Melby-Lervåg, M., Lyster, S. A. H., & Hulme, C. (2012). Phonological skills and their role in learning to read: a meta-analytic review. *Psychological bulletin*, 138(2), 322-352.
- Messaoud-Galusi, S., & Marshall, C. R. (2010). Introduction to this special issue exploring the overlap between dyslexia and SLI: The role of phonology. In Guendouzi, J. & Loncke, F. & Williams, M. J., *Handbook of Psycholinguistic and Cognitive Process: Perspective in Communication Disorders* (chap 14, 1-7). New York, US : Psychologie Press.
- Messer, D., Henry, L. A., & Nash, G. (2016). The relation between executive functioning, reaction time, naming speed, and single word reading in children with typical development and language impairments. *British Journal of Educational Psychology*, 86(3), 412-428.
- Messer, D. J., Henry, L.C. & Nash, G. (2012). Executive Functioning and Decoding in Young People with and without Language Impairments. Oral Communication in Development of Executive Functions WORKSHOP, Utrecht, Netherlands.
- 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.), *Word recognition in beginning literacy* (pp. 89-120). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.

Meyer, M. S., Wood, F. B., Hart, L. A., & Felton, R. H. (1998). Longitudinal course of rapid naming in disabled and nondisabled readers. *Annals of Dyslexia*, 48(1), 89-114.

Miller, C. A., Kail, R., Leonard, L. B., & Tomblin, J. B. (2001). Speed of processing in children with specific language impairment. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 44(2), 416-433.

Mirak, J., & Rescorla, L. (1998). Phonetic skills and vocabulary size in late talkers: Concurrent and predictive relationships. *Applied Psycholinguistics*, 19(1), 1-17.

Mischel, W., & Moore, B. (1973). Effects of attention to symbolically presented rewards on self-control. *Journal of Personality and Social Psychology*, 28(2), 172-179.

Miyake, A., & Friedman, N. P. (2012). The nature and organization of individual differences in executive functions: Four general conclusions. *Current directions in psychological science*, 21(1), 8-14.

Miyake, A., Friedman, N. P., Emerson, M. J., Witzki, A. H., Howerter, A., & Wager, T. D. (2000). The unity and diversity of executive functions and their contributions to complex "frontal lobe" tasks: A latent variable analysis. *Cognitive psychology*, 41(1), 49-100.

Moffitt, T. E., Arseneault, L., Belsky, D., Dickson, N., Hancox, R. J., Harrington, H., ... & Sears, M. R. (2011). A gradient of childhood self-control predicts health, wealth, and public safety. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 108(7), 2693-2698.

Molfese, D. L. (2000). Predicting dyslexia at 8 years of age using neonatal brain responses. *Brain and language*, 72(3), 238-245.

Molfese, D. L., & Molfese, V. J. (1985). Electrophysiological indices of auditory discrimination in newborn infants: The bases for predicting later language development?. *Infant Behavior and Development*, 8(2), 197-211.

Molinaro, N., Lizarazu, M., Lallier, M., Bourguignon, M., & Carreiras, M. (2016). Out-of-synchrony speech entrainment in developmental dyslexia. *Human brain mapping*, 37(8), 2767-2783.

Monette, S., & Bigras, M. (2008). La mesure des fonctions exécutives chez les enfants d'âges préscolaire. *Canadian Psychology*, 49(4), 323-341.

Monette, S., Bigras, M., & Guay, M. C. (2011). The role of the executive functions in school achievement at the end of Grade 1. *Journal of experimental child psychology*, 109(2), 158-173.

Moran, M. D. (2003). Arguments for rejecting the sequential Bonferroni in ecological studies. *Oikos*, 100(2), 403-405.

Morse, P. A. (1979). The infancy of infant speech perception: The first decade of research. *Brain, behavior and evolution*, 16(5-6), 351-373.

Mulak, K. E., Best, C. T., Tyler, M. D., Kitamura, C., & Irwin, J. R. (2013). Development of phonological constancy: 19-month-olds, but not 15-month-olds, identify words in a non-native regional accent. *Child Development*, 84(6), 2064-2078.

Müller, U., Jacques, S., Brocki, K., & Zelazo, P. D. (2009). The executive functions of language in preschool children. In A. Winsler, C. Fernyhough, & I. Montero (Eds.), *Private speech, executive functioning, and the development of verbal self-regulation* (pp. 53-68). New York, NY, US: Cambridge University Press.

Munakata, Y., Herd, S. A., Chatham, C. H., Depue, B. E., Banich, M. T., & O'Reilly, R. C. (2011). A unified framework for inhibitory control. *Trends in cognitive sciences*, 15(10), 453-459.

Munakata, Y., Snyder, H. R., & Chatham, C. H. (2012). Developing cognitive control: Three key transitions. *Current directions in psychological science*, 21(2), 71-77.

Muter, V., Hulme, C., Snowling, M. J., & Stevenson, J. (2004). Phonemes, rimes, vocabulary, and grammatical skills as foundations of early reading development: evidence from a longitudinal study. *Developmental psychology*, 40(5), 665-681.

N

Nakisa, R. C., & Plunkett, K. (1998). Evolution of a rapidly learned representation for speech. *Language and cognitive processes*, 13(2-3), 105-127.

- Eimas, P. D., & Miller, J. L. (1980). Contextual effects in infant speech perception. *Science*, 209(4461), 1140-1141.
- Nash, H. M., Hulme, C., Gooch, D., & Snowling, M. J. (2013). Preschool language profiles of children at family risk of dyslexia: continuities with specific language impairment. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 54(9), 958-968.
- Nazzi, T., Jusczyk, P. W., & Johnson, E. K. (2000). Language discrimination by English-learning 5-month-olds: Effects of rhythm and familiarity. *Journal of Memory and Language*, 43(1), 1-19
- Newman, R. S. (2005). The cocktail party effect in infants revisited: listening to one's name in noise. *Developmental Psychology*, 41(2), 352-362.
- Newman, R. S. (2009). Infants' listening in multitalker environments: Effect of the number of background talkers. *Attention, Perception, & Psychophysics*, 71(4), 822-836.
- Newman, R. S., & Jusczyk, P. W. (1996). The cocktail party effect in infants. *Perception & Psychophysics*, 58(8), 1145-1156.
- Newman, R., Ratner, N. B., Jusczyk, A. M., Jusczyk, P. W., & Dow, K. A. (2006). Infants' early ability to segment the conversational speech signal predicts later language development: a retrospective analysis. *Developmental psychology*, 42(4), 643.
- Nigg, J. T. (2000). On inhibition/disinhibition in developmental psychopathology: views from cognitive and personality psychology and a working inhibition taxonomy. *Psychological bulletin*, 126(2), 220-246.
- Norman, D.A., & Shallice, T. (1980). Attention to action: willed and automatic control of behaviour. Center for human information processing (Technical Report No.99). (Reprinted in revised form in. In Davidson, R. J., Schwartz, G. E., Shapiro, D. (Eds.), *Consciousness and self regulation*. Advances in research, (1986), 4 (1-18). New York & London: Plenum Press.
- Noterdaeme, M., Amorosa, H., Mildenerberger, K., Sitter, S., & Minow, F. (2001). Evaluation of attention problems in children with autism and children with a specific language disorder. *European child & adolescent psychiatry*, 10(1), 58-66.
- Novick, J. M., Hussey, E., Teubner-Rhodes, S., Harbison, J. I., & Bunting, M. F. (2014). Clearing the garden-path: Improving sentence processing through cognitive control training. *Language, Cognition and Neuroscience*, 29(2), 186-217.
- Novick, J. M., Trueswell, J. C., & Thompson-Schill, S. L. (2005). Cognitive control and parsing: Reexamining the role of Broca's area in sentence comprehension. *Cognitive, Affective, & Behavioral Neuroscience*, 5(3), 263-281.
- Nowell, A., & Simon, H. (1972). Human Problem Solving. Englewood Cliffs. N. J.: Prentice-Hall, 364-377.

O

- Oaten, M., & Cheng, K. (2005). Academic examination stress impairs self-control. *Journal of social and clinical psychology*, 24(2), 254-279.
- Oram, J., Fine, J., Okamoto, C., & Tannock, R. (1999). Assessing the language of children with attention deficit hyperactivity disorder. *American Journal of Speech-Language Pathology*, 8(1), 72-80.
- Ort ga,  ., & L t , B. (2010). eManulex: Electronic version of Manulex and Manulex-infra databases. Online:< <http://www.manulex.org>.
- O'Shaughnessy, T. E., Lane, K. L., Gresham, F. M., & Beebe-Frankenberger, M. E. (2003). Children placed at risk for learning and behavioral difficulties: Implementing a school-wide system of early identification and intervention. *Remedial and Special Education*, 24(1), 27-35.
- Ouellette, G., & Beers, A. (2010). A not-so-simple view of reading: How oral vocabulary and visual-word recognition complicate the story. *Reading and writing*, 23(2), 189-208.

P

- Papagno, C., Valentine, T., & Baddeley, A. (1991). Phonological short-term memory and foreign-language vocabulary learning. *Journal of Memory and Language*, 30(3), 331-347.
- Pardo, J. V., Pardo, P. J., Janer, K. W., & Raichle, M. E. (1990). The anterior cingulate cortex mediates processing selection in the Stroop attentional conflict paradigm. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 87(1), 256-259.

- Parisse, C., & Maillart, C. (2004). Les déficits phonologiques des enfants francophones ayant des troubles spécifiques de développement du langage. *Glossa*, 89, 34-47.
- Parisse, C., & Maillart, C. (2007). Phonology and syntax in French children with SLI: A longitudinal study. *Clinical linguistics & phonetics*, 21(11-12), 945-951.
- Parisse, C., & Maillart, C. (2010). Nouvelles propositions pour la recherche et l'évaluation du langage chez les enfants dysphasiques. Dans, Gruaz, C. & Jacquet-Pfau, C, *Autour du mot : pratiques et compétences* (p 201-222). Limoges : Lambert-Lucas.
- Parra, M. A., Abrahams, S., Logie, R. H., Méndez, L. G., Lopera, F., & Della Sala, S. (2010). Visual short-term memory binding deficits in familial Alzheimer's disease. *Brain*, 133(9), 2702-2713.
- Passler, M. A., Isaac, W., & Hynd, G. W. (1985). Neuropsychological development of behavior attributed to frontal lobe functioning in children. *Developmental Neuropsychology*, 1(4), 349- 370.
- Paul, R., Chawarska, K., Fowler, C., Cicchetti, D., & Volkmar, F. (2007). "Listen my children and you shall hear": Auditory preferences in toddlers with autism spectrum disorders. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 50(5), 1350-1364.
- Peereman, R., Lété, B., & Sprenger-Charolles, L. (2007). Manulex-infra: Distributional characteristics of grapheme—phoneme mappings, and inflexal and lexical units in child-directed written material. *Behavior Research Methods*, 39(3), 579-589.
- Peña, M., Bonatti, L. L., Nespor, M., & Mehler, J. (2002). Signal-driven computations in speech processing. *Science*, 298(5593), 604-607.
- Pena, M., Werker, J. F., & Dehaene-Lambertz, G. (2012). Earlier speech exposure does not accelerate speech acquisition. *Journal of Neuroscience*, 32(33), 11159-11163.
- Pennington, B. F. (2006). From single to multiple deficit models of developmental disorders. *Cognition*, 101(2), 385-413.
- Pennington, B. F., & Bishop, D. V. (2009). Relations among speech, language, and reading disorders. *Annual review of psychology*, 60, 283-306.
- Perneger, T. V. (1998). What's wrong with Bonferroni adjustments. *Bmj*, 316(7139), 1236-1238.
- Petersen, I. T., Bates, J. E., & Staples, A. D. (2015). The role of language ability and self-regulation in the development of inattentive—hyperactive behavior problems. *Development and Psychopathology*, 27(1), 221-237.
- Petersen, S. E., & Posner, M. I. (2012). The attention system of the human brain: 20 years after. *Annual review of neuroscience*, 35, 73-89.
- Peterson, R. L., Pennington, B. F., Shriberg, L. D., & Boada, R. (2009). What influences literacy outcome in children with speech sound disorder?. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 52(5), 1175-1188.
- Piaget, J. (1954). La construction du réel chez l'enfant Neuchâtel. *Translation: The Construction of Reality in the Child*. New York, US.
- Piérart, B., Comblain, A., Grégoire, J., & Mousty, P. (2005). *Isadyle: Instruments pour le screening et l'approfondissement des dysfonctionnements du langage chez l'enfant*. TEMA, Bruxelles.
- Poncelet, M. (1999). Exploration du rôle des composants phonologique et visuel de la mémoire à court terme dans l'apprentissage des procédures de lecture (*Thèse de doctorat non publiée, Université de Liège, Liège, Belgique*).
- Posner, M. I., & Petersen, S. E. (1990). The attention system of the human brain. *Annual review of neuroscience*, 13(1), 25-42.
- Poulin-Dubois, D., Blaye, A., Coutya, J., & Bialystok, E. (2011). The effects of bilingualism on toddlers' executive functioning. *Journal of experimental child psychology*, 108(3), 567-579.
- Power, A. J., Mead, N., Barnes, L., & Goswami, U. (2013). Neural entrainment to rhythmic speech in children with developmental dyslexia. *Frontiers in human neuroscience*, 7, 777, 1-19.
- Pujol, R. (2016). Voyage au centre de l'audition. En ligne, <http://www.cochlea.eu>. par Pujol, R. & al., Neuroreille, Montpellier.
- Pull, C. B. (Ed.). (1993). *Classification internationale des troubles mentaux et des troubles du comportement* (Vol. 5). Elsevier Masson.

R

- Ramus, F. (2004). Neurobiology of dyslexia: a reinterpretation of the data. *TRENDS in Neurosciences*, 27(12), 720-726.
- Ramus, F., Marshall, C. R., Rosen, S., & van der Lely, H. K. (2013). Phonological deficits in specific language impairment and developmental dyslexia: towards a multidimensional model. *Brain*, 136(2), 630-645.
- Rapin, I. (1996). Practitioners review: Developmental disorders: A clinical update. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 37, 643-655.
- Raven, J. (2000). The Raven's progressive matrices: change and stability over culture and time. *Cognitive psychology*, 41(1), 1-48.
- Raver, C. C., Jones, S. M., Li-Grining, C., Zhai, F., Bub, K., & Pressler, E. (2011). CSRP's impact on low-income preschoolers' preacademic skills: self-regulation as a mediating mechanism. *Child development*, 82(1), 362-378.
- Reilly, S., Eadie, P., Bavin, E. L., Wake, M., Prior, M., Williams, J., ... & Ukoumunne, O. C. (2006). Growth of infant communication between 8 and 12 months: A population study. *Journal of paediatrics and child health*, 42(12), 764-770.
- Rescorla, L. (2002). Language and reading outcomes to age 9 in Late-talking toddlers. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 45, 360-371.
- Rescorla, L. (2005). Age 13 language and reading outcomes in late-talking toddlers. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 48(2), 459-472.
- Rescorla, L., Roberts, J., & Dahlsgaard, K. (1997). Late talkers at 2: Outcome at age 3. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 40(3), 556-566.
- Rice, M. L., & Wexler, K. (1996). Toward tense as a clinical marker of specific language impairment in English-speaking children. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 39(6), 1239-1257.
- Riggs, N. R., Greenberg, M. T., Kusché, C. A., & Pentz, M. A. (2006). The mediational role of neurocognition in the behavioral outcomes of a social-emotional prevention program in elementary school students: Effects of the PATHS curriculum. *Prevention Science*, 7(1), 91-102.
- Rizzolatti, G., Riggio, L., Dascola, I., & Umiltà, C. (1987). Reorienting attention across the horizontal and vertical meridians: evidence in favor of a premotor theory of attention. *Neuropsychologia*, 25(1), 31-40.
- Robertson, E. K., Joanisse, M. F., Desroches, A. S., & Ng, S. (2009). Categorical speech perception deficits distinguish language and reading impairments in children. *Developmental Science*, 12(5), 753-767.
- Roca, M., Parr, A., Thompson, R., Woolgar, A., Torralva, T., Antoun, N., ... & Duncan, J. (2009). Executive function and fluid intelligence after frontal lobe lesions. *Brain*, 133(1), 234-247.
- Romine, C. B., & Reynolds, C. R. (2005). A model of the development of frontal lobe functioning: Findings from a meta-analysis. *Applied neuropsychology*, 12(4), 190-201.
- Ronald, A., Simonoff, E., Kuntsi, J., Asherson, P., & Plomin, R. (2008). Evidence for overlapping genetic influences on autistic and ADHD behaviours in a community twin sample. *Journal of Child psychology and Psychiatry*, 49(5), 535-542.
- Roodenrys, S., Hulme, C., Alban, J., Ellis, A. W., & Brown, G. D. (1994). Effects of word frequency and age of acquisition on short-term memory span. *Memory & Cognition*, 22(6), 695-701.
- Rose, S. A., Feldman, J. F., & Jankowski, J. J. (2011). Modeling a cascade of effects: The role of speed and executive functioning in preterm/full-term differences in academic achievement. *Developmental science*, 14(5), 1161-1175.
- Rossi, A. F., Pessoa, L., Desimone, R., & Ungerleider, L. G. (2009). The prefrontal cortex and the executive control of attention. *Experimental Brain Research*, 192(3), 489-497.
- Rothbart, M. K. (2007). Temperament, development, and personality. *Current directions in psychological science*, 16(4), 207-212.
- Rothbart, M. K. (2011). Temperament and personality in development. In, Rothbart, *Becoming Who We Are*. New York, London: Guilford Press.

Russell, J., Jarrold, C., & Hood, B. (1999). Two intact executive capacities in children with autism: Implications for the core executive dysfunctions in the disorder. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 29(2), 103-112.

Rutman, A. M., Clapp, W. C., Chadick, J. Z., & Gazzaley, A. (2010). Early top-down control of visual processing predicts working memory performance. *Journal of cognitive neuroscience*, 22(6), 1224-1234.

S

Sadeh, A., Gruber, R., & Raviv, A. (2003). The effects of sleep restriction and extension on school-age children: What a difference an hour makes. *Child development*, 74(2), 444-455.

Saffran J. R., Aslin, R.N., Newport, E. L. (1996). Statistical learning by 8-month-old infants. *Science*, 274, 1926-1928.

Scarborough, H. S. (1991). Early syntactic development of dyslexic children. *Annals of Dyslexia*, 41(1), 207-220.

Scarborough, H. S. (2005). Developmental relationships between language and reading: Reconciling a beautiful hypothesis with some ugly facts. *The connections between language and reading disabilities*, 3-24.

Schelstraete, M. -A.(2012). Relations entre langage oral et écrit dans les troubles spécifiques du développement du langage oral. Dans, Maillart, C., & Schelstraete, M. -A. (2012). *Les dysphasies: de l'évaluation à la rééducation*. Issy- le - Moulineaux, Elsevier-Masson.

Schneider, W., & Shiffrin, R. M. (1977). Controlled and automatic human information processing: I. Detection, search, and attention. *Psychological review*, 84(1), 1-66.

Sekeres, M. J., Moscovitch, M., & Winocur, G. (2017). Mechanisms of memory consolidation and transformation. In *Cognitive Neuroscience of Memory Consolidation* (pp. 17-44). Springer, Cham.

Serry, T., Rose, M., & Liamputtong, P. (2008). Oral language predictors for the at-risk reader: A review. *International journal of speech-language pathology*, 10(6), 392-403.

Shallice, T., & Burgess, P. (1996). The domain of supervisory processes and temporal organization of behaviour. *Phil. Trans. R. Soc. Lond. B*, 351(1346), 1405-1412.

Sharp, D. J., Bonnelle, V., De Boissezon, X., Beckmann, C. F., James, S. G., Patel, M. C., & Mehta, M. A. (2010). Distinct frontal systems for response inhibition, attentional capture, and error processing. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 107(13), 6106-6111.

Simkin, Z., & Conti-Ramsden, G. (2006). Evidence of reading difficulty in subgroups of children with specific language impairment. *Child language teaching and therapy*, 22(3), 315-331.

Simonoff, E., Pickles, A., Charman, T., Chandler, S., Loucas, T., & Baird, G. (2008). Psychiatric disorders in children with autism spectrum disorders: prevalence, comorbidity, and associated factors in a population-derived sample. *Journal of the American Academy of Child & Adolescent Psychiatry*, 47(8), 921-929.

Simpson, A., & Riggs, K. J. (2005). Inhibitory and working memory demands of the day-night task in children. *British Journal of Developmental Psychology*, 23(3), 471-486.

Smith, E. E., & Jonides, J. (1999). Storage and executive processes in the frontal lobes. *Science*, 283(5408), 1657-1661.

Snowling, M. J. (2005). Literacy outcomes for children with oral language impairments: Developmental interactions between language skills and learning to read. *The connections between language and reading disabilities*, 55-75.

Snowling, M., Bishop, D. V. M., & Stothard, S. E. (2000). Is preschool language impairment a risk factor for dyslexia in adolescence?. *The Journal of Child Psychology and Psychiatry and Allied Disciplines*, 41(5), 587-600.

Snowling, M.J., Adams, J.W., Bishop D.V. et Stothard, S.E. (2001). Educational attainments of school leavers with a preschool history of speech-language impairments. *J Lang Commun Disord*. 36(2), 173-83.

Solesio-Jofre, E., Lorenzo-López, L., Gutiérrez, R., López-Frutos, J. M., Ruiz-Vargas, J. M., & Maestú, F. (2011). Age-related effects in working memory recognition modulated by retroactive interference. *Journals of Gerontology Series A: Biomedical Sciences and Medical Sciences*, 67(6), 565-572.

Spaulding, T. J. (2010). Investigating mechanisms of suppression in preschool children with specific

language impairment. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 53(3), 725-738.

Spaulding, T. J., Plante, E., & Vance, R. (2008). 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.

Sterne, J. A., & Smith, G. D. (2001). Sifting the evidence—what's wrong with significance tests?. *Physical Therapy*, 81(8), 1464-1469.

Stothard, S. E., Snowling, M. J., Bishop, D. V., Chipchase, B. B., & Kaplan, C. A. (1998). Language-impaired preschoolers: A follow-up into adolescence. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 41(2), 407-418.

Stroop, J. R. (1935). Studies of interference in serial verbal reactions. *Journal of experimental psychology*, 18(6), 643-662.

Sylvestre, A., Cronk, C., St-Cyr Tribble, D., & Payette, H. (2002). Vers un modèle écologique de l'intervention orthophonique auprès des enfants. *Journal of Speech Language Pathology and Audiology*, 26(4), 180-96.

T

Tallal, P., & Piercy, M. (1973). Developmental aphasia: Impaired rate of non-verbal processing as a function of sensory modality. *Neuropsychologia*, 11, 389 – 398.

Tallal, P., Stark, R. E., & Mellits, D. (1985). The relationship between auditory temporal analysis and receptive language development: Evidence from studies of developmental language disorder. *Neuropsychologia*, 23(4), 527-534.

Tallal, P., Stark, R., 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, Language, and Hearing Research*, 24(3), 351-357.

Teuber, H. L. (1972). Unity and diversity of frontal lobe functions. *Acta Neurobiol. Exp*, 32, 615-656.

Lachaux, J.-P. (2018). *Les réseaux de l'attention*. Communication orale présentée au congrès de la SOFTAL, Grenoble, France.

Thevenon, J., Callier, P., Andrieux, J., Delobel, B., David, A., Sukno, S., ... & Bonnet, M. (2013). 12p13.33 microdeletion including ELKS/ERC1, a new locus associated with childhood apraxia of speech. *European Journal of Human Genetics*, 21(1), 82-88.

Thiessen, E. D., Saffran, J. R. (2003). Pattern induction by infant language learners. *Developmental Psychology*, 39(3), 484-894.

Tipper, S. P. (1985). The negative priming effect: Inhibitory priming by ignored objects. *The quarterly journal of experimental psychology*, 37(4), 571-590.

Todd, J. J., Fournie, D., & Marois, R. (2005). Visual short-term memory load suppresses temporo-parietal junction activity and induces inattention blindness. *Psychological science*, 16(12), 965-972.

Tomasello, M., & Barton, M. E. (1994). Learning words in nonostensive contexts. *Developmental psychology*, 30(5), 639-650.

Tomblin, J. B., & Zhang, X. (1999). Language patterns and etiology in children with specific language impairment. Dans, Tager-Flusberg, H., *Developmental cognitive neuroscience. Neurodevelopmental disorders* (pp. 361-382). Cambridge, MA, US: The MIT Press.

Tomblin, J. B., Freese, P. R., & Records, N. L. (1992). Diagnosing specific language impairment in adults for the purpose of pedigree analysis. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 35(4), 832-843.

Tomblin, J. B., Mainela-Arnold, E., & Zhang, X. (2007). Procedural learning in adolescents with and without specific language impairment. *Language Learning and Development*, 3(4), 269-293.

Tomblin, J. B., Smith, E., & Zhang, X. (1997). Epidemiology of specific language impairment: Prenatal and perinatal risk factors. *Journal of communication disorders*, 30(4), 325-344.

Trehub, S. E. (1976). The discrimination of foreign speech contrasts by infants and adults. *Child development*, 466-472.

Trueswell, J. C., Sekerina, I., Hill, N. M., & Logrip, M. L. (1999). The kindergarten-path effect: Studying on-line sentence processing in young children. *Cognition*, 73(2), 89-134.

- Tsao, F. M., Liu, H. M., & Kuhl, P. K. (2004). Speech perception in infancy predicts language development in the second year of life: A longitudinal study. *Child development*, 75(4), 1067-1084.
- Tsao, F. M., Liu, H. M., & Kuhl, P. K. (2006). Perception of native and non-native affricate-fricative contrasts: Cross-language tests on adults and infants. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 120(4), 2285-2294.
- Tun, P. A., Miller-Martinez, D., Lachman, M. E., & Seeman, T. (2013). Social strain and executive function across the lifespan: The dark (and light) sides of social engagement. *Aging, Neuropsychology, and Cognition*, 20(3), 320-338.

U

- Ullman, M. T., (2001). The declarative/procedural model of lexicon and grammar. *Journal of Psycholinguistic Research*, 30, 37-69.
- Ullman, M., T. & Pierpont, R. (2005). Specific language impairment is not specific to language: The procedural deficit hypothesis. *Cortex*, 41, 399-433.
- Urban, S., Van der Linden, M., & Barisnikov, K. (2011). Development of the ability to inhibit a prepotent response: influence of working memory and processing speed. *British Journal of Developmental Psychology*, 29(4), 981-998.

V

- Valk, S. L., Bernhardt, B. C., Trautwein, F. M., Böckler, A., Kanske, P., Guizard, N., ... & Singer, T. (2017). Structural plasticity of the social brain: Differential change after socio-affective and cognitive mental training. *Science Advances*, 3(10), e1700489. doi: 10.1126/sciadv.1700489. eCollection 2017 Oct.
- van Boxtel, G. J., van der Molen, M. W., Jennings, J. R., & Brunia, C. H. (2001). A psychophysiological analysis of inhibitory motor control in the stop-signal paradigm. *Biological psychology*, 58(3), 229-262.
- Van der Kaa, M. A., & Majerus, S. (2007). Evaluation et rééducation du versant «phonologique» de la mémoire à court terme. *Neuropsychologie de la mémoire de travail*, 87-111.
- Van der Lely, H. K. (2005). Domain-specific cognitive systems: insight from Grammatical-SLI. *Trends in cognitive sciences*, 9(2), 53-59.
- van der Lely, H. K., & Marshall, C. R. (2010). Assessing component language deficits in the early detection of reading difficulty risk. *Journal of Learning Disabilities*, 43(4), 357-368.
- Van der Lely, H. K., & Stollwerck, L. (1997). Binding theory and grammatical specific language impairment in children. *Cognition*, 62(3), 245-290.
- Van der Lely, H. K., & Ullman, M. (1996). The computation and representation of past-tense morphology in specifically language impaired and normally developing children. In *Proceedings of the 20th annual Boston University conference on language development* (pp. 804-815).
- Van der Lely, H. K., & Ullman, M. T. (2001). Past tense morphology in specifically language impaired and normally developing children. *Language and Cognitive Processes*, 16(2-3), 177-217.
- Van der Lely, H. K., Rosen, S., & McClelland, A. (1998). Evidence for a grammar-specific deficit in children. *Current Biology*, 8(23), 1253-1258.
- Van der Linden, M., Meulemans, T., Seron, X., Coyette, F., Andrès, P., & Prærial, C. (2000). L'évaluation des fonctions exécutives. In X. Seron & M. Van der Linden, *Traité de neuropsychologie clinique* (pp.275-300). Marseille : Solal.
- Vance, M., & Martindale, N. (2012). Assessing speech perception in children with language difficulties: effects of background noise and phonetic contrast. *International Journal of Speech-Language Pathology*, 14(1), 48-58.
- Vandewalle, E., Boets, B., Ghesquière, P., & Zink, I. (2010). Who is at risk for dyslexia? Phonological processing in five-to seven-year-old Dutch-speaking children with SLI. *Scientific Studies of Reading*, 14(1), 58-84.
- Vandewalle, E., Boets, B., Ghesquière, P., & Zink, I. (2012). Auditory processing and speech perception in children with specific language impairment: Relations with oral language and literacy skills. *Research in Developmental Disabilities*, 33(2), 635-644.

Vargha-Khadem, F., Watkins, K. E., Price, C. J., Ashburner, J., Alcock, K. J., Connelly, A., ... & Gadian, D. G. (1998). Neural basis of an inherited speech and language disorder. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 95(21), 12695-12700.

Vendrell, P., Junqué, C., Pujol, J., Jurado, M. A., Molet, J., & Grafman, J. (1995). The role of prefrontal regions in the Stroop task. *Neuropsychologia*, 33(3), 341-352.

Veuliet, E., Magnan, A., Ecalle, J., Thai-Van, H., & Collet, L. (2007). Auditory processing disorder in children with reading disabilities: effect of audiovisual training. *Brain*, 130(11), 2915-2928.

Vygotsky, L. S. (1980). *Mind in society: The development of higher psychological processes*. Harvard university press.

W

Wagner, D. T., Barnes, C. M., Lim, V. K., & Ferris, D. L. (2012). Lost sleep and cyberloafing: Evidence from the laboratory and a daylight saving time quasi-experiment. *Journal of Applied Psychology*, 97(5), 1068.

Walker, I., & Hulme, C. (1999). Concrete words are easier to recall than abstract words: Evidence for a semantic contribution to short-term serial recall. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 25(5), 1256.

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 writing*, 16 (1-2), 5-20.

Walton, M. E., Gan, J. O., & Phillips, P. E. (2011). The influence of dopamine in generating action from motivation. *Neural basis of motivational and cognitive control*, 163-187.

Wechsler, D. (2004). *WISC-IV: échelle d'intelligence de Wechsler pour enfants*. Harcourt Assessment.

Weighall, A. R. (2008). The kindergarten path effect revisited: Children's use of context in processing structural ambiguities. *Journal of experimental child psychology*, 99(2), 75-95.

Welsh, M. C. (1991). Rule-guided behavior and self-monitoring on the Tower of Hanoi disk-transfer task. *Cognitive Development*, 6(1), 59-76.

Wendelken, C., Chung, D., & Bunge, S. A. (2012). Rostrolateral prefrontal cortex: Domain-general or domain-sensitive?. *Human brain mapping*, 33(8), 1952-1963.

Werker, J. F., & Tees, R. C. (1984). Cross-language speech perception: Evidence for perceptual reorganization during the first year of life. *Infant behavior and development*, 7(1), 49-63.

Wexler, K., Schütze, C. T., & Rice, M. (1998). Subject case in children with SLI and unaffected controls: Evidence for the Agr/Tns omission model. *Language Acquisition*, 7(2-4), 317-344.

Wiebe, S. A., Espy, K. A., & Charak, D. (2008). Using confirmatory factor analysis to understand executive control in preschool children: I. Latent structure. *Developmental psychology*, 44(2), 575.

Wood, N., & Cowan, N. (1995). The cocktail party phenomenon revisited: how frequent are attention shifts to one's name in an irrelevant auditory channel?. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 21(1), 255.

X

Xu, F., & Tenenbaum, J. B. (2007). Word learning as Bayesian inference. *Psychological review*, 114(2), 245-272.

Z

Zacks, R. T., & Hasher, L. (1988). Capacity theory and the processing of inferences. *Language, memory, and aging*, 154-170.

Zanto, T. P., & Gazzaley, A. (2009). Neural suppression of irrelevant information underlies optimal working memory performance. *Journal of Neuroscience*, 29(10), 3059-3066.

Zanto, T. P., Rubens, M. T., Bollinger, J., & Gazzaley, A. (2010). Top-down modulation of visual feature processing: the role of the inferior frontal junction. *Neuroimage*, 53(2), 736-745.

Zelazo, P. D. (2006). The Dimensional Change Card Sort (DCCS): A method of assessing executive function in children. *Nature protocols*, 1(1), 297-301.

Zeng, F. G., Martino, K. M., Linthicum, F. H., & Soli, S. D. (2000). Auditory perception in vestibular neurectomy subjects. *Hearing research*, 142(1-2), 102-112.

Zesiger (1999). Les troubles de l'attention et des fonctions exécutives. In M. Poncelet, S. Majerus & M. Van der Linden (Eds.), *Traité de neuropsychologie de l'enfant* (pp. 331-358). Marseille : Solal.

- Zesiger, P. (2009). Les troubles de l'attention et des fonctions exécutives. *Traité de neuropsychologie de l'enfant*, 331-358.
- Zesiger, P. E. (2006). Les troubles du langage: quel impact sur l'apprentissage des mathématiques?. *Approche neuropsychologique des apprentissages chez l'enfant*, (85), 293-298.
- Zesiger, P. E. (2009). La dyslexie... avant l'apprentissage de la lecture. *Approche neuropsychologique des apprentissages chez l'enfant*, (103), 227-234.
- Ziegler, J. C., Pech-Georgel, C., George, F., & Lorenzi, C. (2011). Noise on, voicing off: Speech perception deficits in children with specific language impairment. *Journal of experimental child psychology*, 110(3), 362-372.
- Ziegler, J. C., Pech-Georgel, C., George, F., Alario, F. X., & Lorenzi, C. (2005). Deficits in speech perception predict language learning impairment. *Proceeding of National Academy of Sciences*, 102, 14110-14115.
- Zorman, M., Valdois, S., & Jacquier-Roux, M. (2002). Un outil de dépistage des dyslexies développementales (ODEDYS).

Annexes

Liste des annexes

ANNEXE I.a. Protocole commission d'éthique pour l'étude 1

ANNEXE I.b. Convention d'accueil dans les écoles françaises avec l'Education

ANNEXE II. Courriers recrutement des participants et formulaire de consentement

ANNEXE III. Questionnaires développementaux

ANNEXE IVa. Livret de passation (étude 2, 3A, 4)

ANNEXE IVb. Épreuves de lecture (étude 2)

ANNEXE V. Tableau de synthèse de l'étude 1

ANNEXE VI. Tableau de synthèse de l'étude 4

ANNEXE VII. Analyses subsidiaires des liens entre mesures phonologiques et d'inhibition et composantes langagières spécifiques- étude 4

ANNEXE I.a. Protocole commission d'éthique pour l'étude 1



UNIVERSITÉ
DE GENÈVE

FACULTÉ DE PSYCHOLOGIE
ET DES SCIENCES DE L'ÉDUCATION

**SOUSSION D'UN PROJET DE RECHERCHE
A LA COMMISSION FACULTAIRE D'ETHIQUE *FACULTE
DE PSYCHOLOGIE ET DES SCIENCES DE L'EDUCATION***

Soumission des projets de recherche à la commission facultaire d'éthique

A) Procédure de soumission d'un projet de recherche

1. Remplir le formulaire de soumission qui figure ci-après et l'adresser à la commission facultaire d'éthique (CommissionEthique-FPSE@unige.ch) ; une soumission est possible en tout temps.
2. Le formulaire d'information et de consentement et, le cas échéant, le questionnaire-s soumis aux participants doivent être joints à la demande.
3. La demande est examinée par la commission d'éthique, qui peut demander des compléments d'information ; si elle le juge nécessaire, elle consulte un groupe d'experts de l'une des Sections ou de l'Unité des technologies de formation et d'apprentissage (TECFA), y compris sur des aspects scientifiques du projet.
4. Elle donne, ou non, son aval pour la réalisation du projet ; le cas échéant, elle informe les chercheurs des motifs exacts de son refus et se tient à leur disposition pour les aider à une reformulation et à l'éventuelle re-soumission du projet.

En règle générale, la commission se réunit une fois par mois, durant la période de cours.

Important : l'Université de Genève a contracté une assurance globale de responsabilité civile qui couvre les projets de recherche pour autant qu'ils aient été évalués et approuvés par une commission d'éthique. Pour bénéficier de cette assurance, les projets listés sous B) doivent aussi être soumis à la Commission d'éthique.

1. Titre de la recherche Relation entre fonctions exécutives, processus de sélectivité et développement langagier chez des enfants monolingues de 3 à 6 ans
2. Dates prévues pour le début et la fin de la recherche : 1 ^{er} avril- 4 juillet 2011
3. Financement : <i>DIP</i>
4. Noms du/des chercheurs responsable/s, fonctions et coordonnées <u>Ingrid Fourrier</u> Orthophoniste Doctorante Laboratoire du développement du langage Faculté de Psychologie Université de Genève - Bd. du Pont d'Arves, 40 CH - 1205 Genève Tel: 022 379 9170 Ingrid.fourrier@unige.ch Sous la direction de Pascal Zésiger Professeur ordinaire Responsable académique du diplôme de logopédie (Orthophonie) Laboratoire du développement du langage Faculté de Psychologie Université de Genève - Bd. du Pont d'Arves, 40 CH - 1205 Genève Tel: 022 379 91 58 / Fax: 022 379 91 59 Pascal.Zesiger@unige.ch
5. Description du projet de recherche Cette recherche fait partie d'un ensemble d'études ayant pour objectif de déterminer les facteurs entrant en jeu dans l'apprentissage du langage oral et a pour but de cerner quels sont les mécanismes permettant à l'enfant de se centrer sur les formes qu'il ne maîtrise pas encore et ainsi de pouvoir les mémoriser. En d'autres termes il s'agira d'apporter un éclairage quant aux mécanismes de sélectivité et de traitement (attention, inhibition, flexibilité, mémoire) entrant en jeu dans l'apprentissage implicite de la langue maternelle et notamment pour les processus de phonologie et de morphologie.

La mise en mémoire des formes langagières suppose qu'à un moment donné l'enfant isole les formes pertinentes et supprime les formes non pertinentes par des mécanismes pour la plupart implicites. Déterminer ces mécanismes permettrait outre une meilleure compréhension des processus d'apprentissage, de suggérer des pistes de travail pour les enfants présentant des troubles du langage.

Les processus attentionnels, inhibiteurs, la mémoire de travail et la flexibilité mentale sont des processus indispensables au traitement des informations dans la mesure où ils permettent de se focaliser sur les informations importantes de l'environnement (en se concentrant sur un aspect important, en inhibant les éléments parasites, en déplaçant l'attention vers une source d'information plus importante) et ceci, avant n'importe quel autre traitement.

Il s'agira donc de déterminer quelle est leur importance dans l'apprentissage du langage et de savoir si des différences de performances pour ces facteurs permettent d'expliquer une part de la variabilité des performances langagières chez les enfants tout-venant ainsi que la variabilité liée à l'âge.

Ces premiers résultats auront, par ailleurs, valeur de témoin pour la comparaison ultérieure avec un groupe pathologique en langage.

6. Population ciblée et bassin de recrutement

40 enfants de 3-4 ans ; 40 enfants de 4-5 ans ; Annecy et Haute Savoie (74) FRANCE

7. Nombre de participants : 40 enfants par groupe d'âge soit 80 enfants au total

8. Objectifs poursuivis

Pour la recherche, mais surtout pour l'exercice de la clinique en orthophonie, il est important de savoir si, effectivement, ces processus sont liés au développement du langage chez l'enfant unilingue de 3 à 5 ans et dans un second temps au trouble du langage oral. Ainsi, si les résultats obtenus vont dans ce sens, ils donneraient lieu à de nouvelles perspectives dans la prise en charge pédagogique et orthophonique des enfants présentant un trouble du développement du langage oral.

9. Lieu du déroulement de la recherche : Écoles publiques et privées de Haute Savoie (France)

10. Matériel, à référencer (*les questionnaires doivent être annexés*)

Différentes tâches d'attention et d'inhibition, de flexibilité, de mémoire de travail, de langage ainsi que des tâches de contrôle seront administrées aux enfants et un questionnaire de développement à remplir par les parents. A savoir :

1. Mécanismes de sélectivité –fonctions exécutives

- Attention sélective
 - « attention auditive et réponses associées » partie 1 (sub-test de la NEPSY, Korkman & al., 1997, adaptation 2003) (3 min)
- Attention divisée
 - « écouter deux choses à la fois » (d'après le sub- test du TEA-ch, Manly & al., 2004) (3 min)
- Inhibition
 - Stroop fruits (Archibald & Kerns, 1999) : on présente à l'enfant plusieurs planches avec des éléments qu'il doit dénommer : couleurs, couleurs des fruits présentés, noms de fruits, couleur non concordante avec le fruit présenté. Dans cette dernière condition, l'enfant doit contrôler une réponse dominante et ainsi dénommer la couleur du dessin celle-ci étant non conforme à la couleur véritable du fruit. (4 min)
 - Suppression de la trace : tâche informatisée, créée, dans laquelle l'enfant voit deux images puis un cache puis une image, soit cette image est une des images vues précédemment soit elle est inconnue ; l'enfant doit dire s'il a déjà vu l'image via une clef de réponse (3 min)
 - « Attention auditive et réponses associées » partie 2 (sub-test NEPSY, Korkman & al., 1997, adaptation 2003) (3 min)
 - Perception de la parole dans le bruit : répétition de pseudo-mots de longueur et complexité variables avec bruit ambiant de parole (création d'un effet « cocktail party » à deux niveaux : 4 voix versus 6 voix concurrentes) : épreuve informatisée, présentée au casque ; créée dans le laboratoire (3 min)
- Flexibilité
 - TRAILS-P (Espy & Cwik, 2004) : l'enfant doit dans un premier temps relier des chiens de taille croissante puis dans un deuxième temps relier chiens et os d'une même taille puis par taille croissante (petit chien-

petit os, moyen chien-moyen os etc) (3 min) - Mémoire de travail - o Empan de chiffres endroit (WISC-IV, Weschler, 2005) (3 min) - o Catégorisation (Noël, Laboratoire de Louvain la Neuve, Belgique, 2009, non publié, cité dans Crollen & Noël, 2015) : l'enfant entend des mots de deux catégories sémantiques (ex. animaux et nourriture) puis doit restituer d'abord les noms d'animaux puis les mots de nourriture- administrateur central. (3 min) - o Répétition de pseudo-mots de longueur et de complexité variable : épreuve informatisée créée dans le laboratoire (3 min) 2. Langage - o Production d'inflexions verbales (sub-test de la NEEL, Chevrie-Muller, 2001) (3 min) - o Compréhension fine de marqueurs morphosyntaxiques : l'enfant doit désigner l'image correspondant à l'énoncé de l'examineur parmi 3 autres images distractrices (sous parties de l'ECOSSE, Lecocq, 1996) (5 min) - o Discrimination phonémique : tâche informatisée créée dans notre laboratoire où l'enfant entend, au casque, deux syllabes proches sur le plan phonémique et doit dire si elles sont identiques (ex : baz-baz) versus différentes (ex : baz-baj). L'enfant répond via un boîtier de réponse (4 min) - o Vocabulaire réceptif et expressif (NEEL, Chevrie-Muller, 2001) (7 min) - o Conscience phonologique (NEEL, Chevrie-Muller, 2001) (3 min) 3. Contrôle - o Sub- test des matrices (WPPSI-III, Wechsler, 2004) (5 min)- intelligence non-verbale : des matrices colorées sont présentées individuellement, chacune a une partie manquante et l'enfant doit choisir l'item pouvant adéquatement compléter la matrice parmi 4 ou 5 choix. 4. Questionnaire à l'attention des parents : développement et l'environnement de l'enfant (cf.annexe)
11. Procédure (récolte des données, information et consignes aux participants) Plus précisément, les exercices proposés aux enfants consistent à écouter puis répéter des séries de chiffres, des mots courts, des pseudomots (« mots » sans sens), à compléter des phrases (ex. Pierre lit, Pierre et Jean ... /lisent), montrer l'image correspondant à un objet ou à un énoncé, dire comment s'appelle tel ou tel objet, tracer des liens entre deux dessins, compléter des dessins incomplets avec l'image adéquate (au choix parmi d'autres images), appuyer sur la touche de réponse quand l'élément sélectionné est dit ou vu, dire si deux sons (ex. bas-baz) sont identiques ou différents, manipuler des sons (ex. diviser un mot en syllabe, dire la première syllabe du mot).
12. Avantages et bénéfices pour les participants Les différents exercices sont conçus spécialement pour les enfants et sont donc relativement ludiques. Même si aucun bénéfice direct n'est attendu pour l'enfant en particulier, une meilleure connaissance des processus impliqués dans l'apprentissage du langage permet d'envisager le traitement orthophonique pour les enfants avec des troubles du langage oral de manière plus efficace. De manière indirecte, ce partenariat avec les écoles permet un meilleur échange d'informations quant au développement du langage en général.
13. Inconvénients et risques éventuels pour les participants Aucun risque n'est encouru par l'enfant qui peut à tout moment décider d'arrêter l'exercice. L'examineur arrêtera la séance si l'enfant montre des signes de fatigue évidents.
14. Dispositif de contrôle des risques et inconvénients Aucun risque n'est encouru par l'enfant qui peut à tout moment décider d'arrêter l'exercice. L'examineur arrêtera la séance si l'enfant montre des signes de fatigue évidents.
15. Mesures de confidentialité, d'accès aux données Les réponses des enfants sont enregistrées en format audio grâce à un petit enregistreur numérique afin de retranscrire le plus adéquatement les réponses données par les enfants. Ces données seront traitées de manière confidentielle : les noms et prénoms des enfants seront remplacés par des codes rendant impossible leur identification ultérieure.
16. Mesures d'archivage/destruction des données Les participants sont entièrement libres d'accepter ou de refuser d'entrer dans cette étude avec leur enfant et peuvent à tout moment se soustraire à celle-ci sans justification et demander la destruction des données les concernant. Dans le cas échéant, les données seront archivées dans les locaux de la Faculté de psychologie de l'université de Genève ou détruits après traitement.

17. Diffusion publique des résultats

Il s'agit d'une étude de groupe dans laquelle les résultats ne sont pas traités individuellement hormis pour le dépouillement des données (et recodés afin de garantir l'anonymat des participants).

Les résultats des traitements statistiques réalisés dans un second temps pourront éventuellement faire l'objet d'une publication scientifique.

Un compte rendu succinct de l'étude de groupe sera éventuellement proposé aux parents et enseignants ayant participé.

Un accès au descriptif et résultats des études de notre laboratoire est disponible sur le site de l'université de Genève (www.unige.ch/fapse/devlang/Accueil.html).

L'ensemble de ces points respectant le strict anonymat des participants.

18. Consentement et/ou retrait des participants

Les différents exercices sont conçus spécialement pour les enfants et sont donc relativement ludiques. Même si aucun bénéfice direct n'est attendu pour mon enfant en particulier, une meilleure connaissance des processus impliqués dans l'apprentissage du langage permet d'envisager le traitement orthophonique pour les enfants avec des troubles du langage oral de manière plus efficace. De manière indirecte, ce partenariat avec les écoles permet un meilleur échange d'informations quant au développement du langage en général.

19. Compensations éventuelles

Cette étude a été soumise à la commission d'éthique de l'Université de Genève, Faculté de Psychologie, et acceptée. Conformément à la procédure, cette étude répond donc aux critères éthiques et se trouve couverte par les assurances dues, lesquelles en cas de litige serait en mesure couvrir les frais de dommages potentiels.

20. Date de la soumission

15/02/11

ANNEXE I.b. Convention d'accueil dans les écoles françaises avec l'Education Nationale

Convention type pour l'accueil d'un chercheur ou étudiant dans une école du 1^{er} degré

Vu la charte académique relative aux conditions du partenariat entre les établissements scolaires des 1^{er} et 2nd degrés et les établissements de recherche ou de formation, signée par le recteur le 12 octobre 2010 et publiée sur le site internet de l'académie de Grenoble.

Article 1^{er} : Parties à la convention

La présente convention règle les rapports entre :

- l'établissement de formation : Université de Genève (Suisse) 42 Boulevard du pont d'Arves- 1205 Genève représenté par : Pr Pascal Zésiger
- l'inspecteur d'académie, directeur des services départementaux de l'éducation nationale de Grenoble
- Le chercheur ou étudiant, menant le projet : Fourrier Ingrid

Article 2 : Objectifs du projet

2-1 Projet s'inscrivant dans le cadre de Relation entre fonctions exécutives, processus de sélectivité et développement du langage chez les enfants monolingues de 3 à 6 ans ; le descriptif détaillé du projet et l'avis de l'autorité académique est annexé à la présente convention.

2-2 Activités confiées au chercheur/étudiant en fonction de l'objectif du projet (description précise à déterminer avec le directeur d'école)

Article 3 : Lieu et durée du projet

3-1 Lieu précis de déroulement du projet : écoles du Bassin Annécien

3-2 Dates précises du projet dans l'école : année scolaire 2011-2012

3-3 Plages horaires de présence du chercheur/étudiant

Article 4 : Encadrement du chercheur/étudiant

Etablissement de formation : UNIVERSITE DE GENEVE- FACULTE DE PSYCHOLOGIE ET SCIENCES DE L'EDUCATION

Organisme d'accueil : le directeur de l'école + enseignant(s) référent(s) : le chercheur/étudiant doit respecter les consignes données par ces personnes.

Les directeur d'école et enseignant(s) référent(s) s'engagent à ne pas mettre le chercheur/étudiant dans une situation de risque ou de danger et doivent s'assurer qu'à aucun moment la présence du chercheur /étudiant n'est source de perturbation ou de risque pour les élèves.

Le chercheur/étudiant ne peut remplacer un personnel de l'école absent (notamment dans le cadre de la surveillance et de l'encadrement d'élèves qu'il ne peut assurer). Il ne peut donc être seul avec les élèves.

Article 5 : Protection sociale et responsabilité civile

Le chercheur/étudiant demeure sous le statut d'enseignant/étudiant de l'établissement de formation pendant la durée du projet. A ce titre, il conserve la protection sociale dans le cadre de l'assurance maladie dont il est bénéficiaire dans le cadre de sa profession/formation, à titre personnel ou comme ayant-droit.

Il bénéficie de la législation sur les accidents du travail prévue à l'article L412-8 du code de la sécurité sociale.

Il doit justifier d'une police d'assurance couvrant sa responsabilité civile personnelle.

Article 6 : Prestations

Le chercheur/étudiant ne perçoit aucun salaire ni gratification.

Article 7 : Obligations du chercheur/étudiant

Le chercheur/étudiant doit respecter les obligations décrites dans la charte académique mentionnée en visa et se soumettre au règlement intérieur de l'école.

Il doit également soumettre, préalablement, au directeur d'école toute demande de collecte de données personnelles, certaines pouvant nécessiter un accord exprès des parents.

En cas d'absence, le chercheur/étudiant doit informer le directeur d'école et l'établissement de formation dans les 24H ouvrables.

Article 8 : Bilan

8-1 Le chercheur/étudiant adresse au directeur d'école un exemplaire du bilan du projet ; un double est envoyé à l'inspecteur d'académie ayant validé le projet.

8-2 Description des conditions de délivrance d'une attestation de présence par le directeur d'école.

Article 9 : Durée et résiliation de la convention d'accueil

La présente convention est en vigueur pour la durée et la période mentionnée en article 3.

Si l'une des trois parties décide d'interrompre définitivement le projet, elle doit en informer les deux autres par un courrier motivé et en adresser une copie au directeur d'école. Un préavis peut être prévu (5 jours par exemple).

Toutefois, en cas de manquement à la discipline et/ou de faute grave du chercheur/étudiant, ou en cas de perturbation du fonctionnement de l'école, l'inspecteur d'académie, en lien avec le directeur d'école, se réserve le droit de mettre fin au projet sans préavis et en informe immédiatement l'établissement de formation.

Fait à....., le....

(signature et tampon)

Le représentant de l'établissement de formation

L'inspecteur d'académie, DSDEN

Pr Pascal Zésiger

Le chercheur/étudiant certifie avoir pris connaissance de la présente convention et de la charte académique

Ingrid Fourrier

Visa :

Visa :

Visa :

Inspecteur de circonscription

Directeur d'école

Enseignant(s) référent(s)

DESCRIPTIF DETAILLE DU PROJET

Cette recherche fait partie d'un ensemble d'études ayant pour objectif de déterminer les facteurs entrant en jeu dans l'apprentissage du langage oral. Elle a pour but de cerner les mécanismes permettant à l'enfant de se centrer sur les formes qu'il ne maîtrise pas encore pour pouvoir les mémoriser.

En d'autres termes il s'agira d'apporter un éclairage quant aux mécanismes de sélectivité et de traitement (attention, inhibition, flexibilité, mémoire) impliqués dans l'apprentissage implicite de la langue maternelle, notamment pour les processus de phonologique et morphologique.

La mise en mémoire des formes langagières suppose que l'enfant isole les formes pertinentes et supprime les formes non pertinentes par des mécanismes pour la plupart implicites.

Déterminer ces mécanismes permettrait non seulement de mieux comprendre les processus d'apprentissage, mais aussi de suggérer des pistes de travail pour les enfants présentant des troubles du langage.

L'attention, l'inhibition, la mémoire de travail et la flexibilité mentale sont des processus indispensables au traitement des informations dans la mesure où ils permettent de se focaliser sur les informations importantes de l'environnement et ceci, avant n'importe quel autre traitement.

Il s'agira donc de déterminer quelle est leur importance dans l'apprentissage du langage et de savoir si des différences de performances pour ces facteurs permettent d'expliquer une part de la variabilité des performances langagières chez les enfants tout-venant ainsi que la variabilité liée à l'âge.

Ces premiers résultats auront, par ailleurs, valeur de témoin pour la comparaison ultérieure d'un groupe d'enfants présentant des troubles de langage.

Plus précisément :

- la population ciblée correspond à des enfants, du bassin Annécien, de 3 à 6 ans (30-40 enfants par groupe

d'âge) monolingues.

- les exercices proposés aux enfants consistent à écouter puis répéter des séries de chiffres, des mots courts, des pseudomots (« mots » sans sens), à compléter des phrases (ex. Pierre lit, Pierre et Jean ... /lisent), montrer l'image correspondant à un objet ou à un énoncé, dire comment s'appelle tel ou tel objet, tracer des liens entre deux dessins, compléter des dessins incomplets avec l'image adéquate (au choix parmi d'autres images), appuyer sur la touche de réponse quand l'élément sélectionné est dit ou vu, dire si deux sons (ex. bas-baz) sont identiques ou différents, dire si deux mots riment ou non. Les différents exercices sont conçus spécialement pour les enfants et sont donc relativement ludiques.

(Pour un descriptif plus détaillé des épreuves voir formulaire de la commission d'éthique du 4/3/11. Ci-joint ; quelques épreuves peuvent cependant faire l'objet d'adaptation avant le début des passations.)

- mesure de confidentialité : un code sera affecté à chaque enfant une fois que les parents (pour ceux qui acceptent- cf. lettre d'information et formulaire de consentement) auront transmis leur accord de participation à la recherche. Les enfants recevront alors, sous pli à leur nom, un exemplaire du « questionnaire développemental » comportant uniquement le code attribué. Les parents transmettront alors le formulaire rempli, uniquement avec le code au chercheur. Les réponses des enfants seront enregistrées en format audio grâce à un petit enregistreur numérique afin de retranscrire le plus adéquatement les réponses données par les enfants. Ces données seront traitées de manière confidentielle : les noms et prénoms des enfants seront remplacés par les codes de remplacement rendant impossible leur identification ultérieure.

- aucun résultat individuel ne sera donné dans la mesure où il s'agit d'une étude de groupe et non de données normatives

Même si aucun bénéfice direct n'est attendu pour un enfant en particulier, une meilleure connaissance des processus impliqués dans l'apprentissage du langage permet d'envisager le traitement orthophonique pour les enfants avec des troubles du langage oral de manière plus efficace. De manière indirecte, ce partenariat avec les écoles permet un meilleur échange d'informations quant au développement du langage en général.

Annecy, le 20/5/11

AVIS DU SERVICE ACADEMIQUE :

date :

service :

ANNEXE II. Courriers participation et recrutement des participants

LETTRE AUX DIRECTIONS D'ETABLISSEMENT

Madame la directrice, Monsieur le directeur

Je me permets de solliciter la participation de votre établissement pour un projet de recherche conduit dans le cadre d'un projet de thèse de doctorat à l'Université de Genève et ce, au sein d'écoles maternelles.

Il s'agit d'une étude ayant pour objectif de déterminer les facteurs qui entrent en jeu dans l'apprentissage du langage chez les jeunes enfants (3 à 6 ans) monolingues. Celles-ci ont pour but cerner le rôle des mécanismes d'attention, d'inhibition et de contrôle permettant à l'enfant de se centrer sur les formes linguistiques qu'il ne maîtrise pas encore et ainsi de pouvoir les mémoriser.

L'étude se déroulera en début d'année scolaire 2011-2012 pour les enfants de deuxième section de maternelle et s'étendra ensuite aux autres tranches d'âge.

Dans la mesure où le projet vous intéresse, je vous serais reconnaissante de transmettre la lettre d'information et de sollicitation à l'intention des enseignant(e)s afin qu'ils inscrivent leur souhait de participer et que les réponses me parviennent pour le 15 juin (formulaire annexé) si possible (les réponses ultérieures seront néanmoins prises en compte).

Après m'avoir retourné le document je me permettrai de vous contacter afin de vous proposer une rencontre pour me présenter, avec les enseignants s'il le souhaite également, et répondre aux éventuelles questions.

Sur le plan concret, les parents recevront en septembre un formulaire de consentement ainsi qu'un descriptif de l'étude et un questionnaire développemental (facultatif mais très utile s'il est complété dans la mesure où il permet d'éviter les biais liés par exemple, à des difficultés d'audition, à l'apprentissage de plusieurs langues...). Puis, les enfants, dont les parents auront donné leur consentement écrit, seront conviés à deux ou trois courtes séances (20-30 minutes). Pendant ces séances, je leur présenterai de petits exercices (de 3-4 minutes), sous forme de jeux. Ces exercices ciblent les aspects que nous étudions : langage mais aussi mémoire, traitement de sons (ex. savoir si deux sons sont identiques), attention, inhibition, transition d'une information à une autre.

Après dépouillement et analyse des données, les résultats seront présentés aux établissements ayant participé et désireux de ce retour.

Ce type d'étude a un intérêt important pour la connaissance des processus de développement typique du langage mais permet aussi de mettre en place des traitements plus adaptés pour les enfants avec des troubles du développement du langage.

Votre contribution est donc d'une grande aide pour ce projet et je vous en remercie.

Bien entendu, je suis à votre entière disposition pour toute information supplémentaire et vous prie d'agréer, Madame la Directrice, Monsieur le Directeur, mes respectueuses salutations.

LETTRE AUX ENSEIGNANTS

Chère enseignante, cher enseignant,

Je me permets de solliciter votre participation à un projet de recherche conduit par l'Université de Genève au sein d'écoles maternelles dans le cadre d'un projet de thèse de doctorat.

Il s'agit d'une étude ayant pour objectif de déterminer les facteurs qui entrent en jeu dans l'apprentissage du langage chez les jeunes enfants (3 à 6 ans) monolingues. Celles-ci ont pour but cerner les mécanismes permettant à l'enfant de se centrer sur les formes linguistiques qu'il ne maîtrise pas encore et ainsi de pouvoir les mémoriser.

Sur le plan concret, les parents recevront un formulaire de consentement ainsi qu'un descriptif de l'étude et un questionnaire développemental (permettant d'éviter les biais liés à des difficultés d'audition, à l'apprentissage de plusieurs langues...) ci-joints. Ensuite, les enfants, dont les parents auront donné leur consentement écrit, seront conviés à deux ou trois courtes séances (20-30 minutes). Pendant ces séances, je leur présenterai de petits exercices (de 3-4 minutes), présentés sous forme de jeux. Ces exercices ciblent les aspects que nous étudions : langage mais aussi mémoire, traitement de sons (ex. savoir si deux sons sont identiques), attention, inhibition, transition d'une information à une autre. L'étude se déroulera sur le début d'année scolaire 2011-2012 pour les enfants de deuxième section de maternelle et s'étendra ensuite aux autres tranches d'âge.

Ce type d'étude a un intérêt important pour la connaissance des processus de développement typique du langage mais permet aussi de mettre en place des traitements plus adaptés pour les enfants avec des troubles du développement du langage.

Bien entendu, je suis à votre entière disposition pour toute information supplémentaire. Je fixerai par ailleurs un rendez-vous pour me présenter dans les établissements souhaitant participer.

Votre participation est d'une grande aide pour ce projet et je vous en remercie. Je vous serais reconnaissante de me faire connaître votre souhait de participer avant le 15 juin afin de pouvoir organiser les rencontres au plus vite (les réponses ultérieures seront néanmoins prises en compte).

LETTRE AUX LOGOPEDISTES

Chère/cher logopédiste,

Dans le cadre d'un projet de recherche sur le développement du langage mené à l'université de Genève nous avons besoin de votre participation et nous permettons de vous solliciter pour le recrutement d'enfants présentant un retard ou un trouble développemental du langage.

L'étude a pour objectif de déterminer les facteurs qui entrent en jeu dans les troubles développementaux du langage oral troubles chez les jeunes enfants (4 ; 6 à 7 ans) monolingues. Celle -ci a pour but de cerner les mécanismes permettant à l'enfant de se centrer sur les formes qu'il ne maîtrise pas encore et ainsi de pouvoir les mémoriser. L'enfant sera convié à trois séances (de 30-45 minutes environ, chacune) pendant lesquelles de petits exercices, sous forme de jeu, lui seront proposés. Ces exercices ciblent les aspects que nous étudions : langage mais aussi mémoire, traitement de sons (phonologie, métaphonologie, écoute dans le bruit), attention, inhibition.

Ce type d'étude a un intérêt important pour la connaissance des processus de développement typique et atypique du développement du langage et permet de mettre en place des traitements plus adaptés pour les enfants avec troubles du développement du langage.

L'étude cible des enfants :

- monolingues, francophones
- de 4 ; 6 ans à 7 ans
- avec retard ou trouble du langage oral avéré (TSDL : troubles spécifiques du langage) principalement à caractère linguistique.

Si certains de vos patients répondant à ces critères acceptent, ainsi que leurs parents, nous nous ferons un plaisir de leur fournir un complément d'information sur l'étude et de leur remettre les formulaires à compléter (consentement).

Nous nous entretiendrons volontiers avec vous et vous transmettrons l'ensemble des formulaires relatifs à l'étude ainsi qu'un résumé des résultats.

Bien entendu, nous sommes à votre entière disposition pour toute information supplémentaire et vous remercions d'avance pour votre investissement.

LETTRE AUX PARENTS

Madame, Monsieur,

Nous nous permettons de solliciter la participation de votre enfant à un projet de recherche conduit par l'Université de Genève et réalisé au sein et grâce au partenariat de l'école de votre enfant.

Il s'agit d'une étude ayant pour objectif de déterminer les facteurs qui entrent en jeu dans l'apprentissage du langage chez les jeunes enfants (3 à 6 ans) monolingues (afin d'éviter les biais liés à l'apprentissage de plusieurs langues). Celle-ci a pour but de cerner les mécanismes permettant à l'enfant de se centrer sur les formes linguistiques (les mots, les sons...) qu'il ne maîtrise pas encore et ainsi de pouvoir les mémoriser.

Les enfants seront conviés à deux ou trois courtes séances pendant lesquelles de petits exercices lui seront proposés. Ces exercices ciblent les aspects que nous étudions : langage mais aussi mémoire, traitement de sons (ex. savoir si deux sons sont identiques), attention, transition d'une information à une autre.

Ce type d'étude a un intérêt important pour la connaissance des processus de développement typique du langage mais permet aussi de mettre en place des traitements plus adaptés pour les enfants avec des troubles du développement du langage.

Ci-joints vous trouverez le formulaire de consentement de participation à notre étude avec un descriptif plus technique tel que soumis au comité d'éthique de notre faculté et un questionnaire développemental. Ce questionnaire développemental permet de mesurer l'incidence de certains aspects (ex : difficultés passagères d'audition en lien avec une otite sérumqueuse). Bien entendu, nous sommes à votre entière disposition pour toute information supplémentaire et vous remercions de prendre le temps de lire et de compléter ces documents.

FORMULAIRE DE CONSENTEMENT (ex. étude 1)

CONSENTEMENT DE PARTICIPATION A LA RECHERCHE	
<u>Etude</u> : Relation entre fonctions exécutives, processus de sélectivité et développement langagier chez des enfants monolingues de 3 à 6 ans	
<u>Responsables de la recherche</u> :	
<u>Ingrid Fourrier</u> Orthophoniste- Doctorante Laboratoire du développement du langage Faculté de Psychologie Université de Genève - Bd. du Pont d'Arves, 40 CH - 1205 Genève Tel: 022 379 83 15 Ingrid.fourrier@unige.ch	<u>Sous la direction de Pascal Zesiger</u> Professeur ordinaire Responsable académique du diplôme de logopédie Laboratoire du développement du langage Faculté de Psychologie Université de Genève - Bd. du Pont d'Arves, 40 CH - 1205 Genève Tel: 022 379 91 58 / Fax: 022 379 91 59 Pascal.Zesiger@unige.ch

Objectifs généraux de la recherche : La mise en mémoire des formes langagières suppose qu'à un moment donné l'enfant isole les formes pertinentes et supprime les formes non pertinentes par des mécanismes pour la plupart implicites. Nous étudierons ainsi le rôle de l'attention, de la mémoire de travail, de l'inhibition, de la flexibilité dans l'acquisition du langage chez les jeunes enfants (3à 6 ans) monolingues.

Savoir précisément quels sont les processus impliqués dans le langage et secondairement dans les troubles du langage (autres études à venir), permettrait de mieux comprendre des processus d'apprentissage et de suggérer des pistes de travail pour les enfants présentant des troubles du langage.

Protection des données (mesures d'archivage/destruction des données) : les documents informatiques et écrits collectés lors de l'étude à la FPSE seront conservés 10 ans sur place sous la responsabilité du Prof. P. Zesiger. Toutes les données qui figurent sur support informatique ne portent que l'identité codée des participants pour empêcher toute identification.

Confidentialité et usage qui sera fait des résultats : un codage des noms et prénoms rendra impossible toute identification.

Procédure, exercices/jeux proposés aux enfants : des exercices ludiques seront proposés et durent chacun en moyenne 3-4 minutes comme écouter puis répéter des séries de chiffres ou compléter des phrases (ex. Pierre lit, Pierre et Jean ... /lisent). Certains exercices audio seront enregistrés afin de faciliter la retranscription.

Durée des expériences : 2 à 3 sessions de 20 à 30 minutes.

Durée du projet : du 1^{er} avril au 12 décembre 2011.

Bénéfice que mon enfant peut éventuellement en attendre : aucun bénéfice direct n'est attendu pour un enfant en particulier mais une meilleure connaissance des processus impliqués dans l'apprentissage du langage permet d'envisager le traitement orthophonique pour des enfants avec des troubles du langage oral de manière plus efficace. De manière indirecte, ce partenariat avec les écoles permet un meilleur échange d'informations quant au développement du langage en général.

Contraintes et risques éventuellement encourus : aucun risque n'est encouru par l'enfant qui peut à tout moment décider d'arrêter l'exercice. L'examineur arrêtera la séance si l'enfant montre des signes de fatigue.

Accès aux résultats de la recherche : vous pourrez être informé des résultats de l'expérience sur notre site internet (www.unige.ch/fapse/devlang/Accueil.html); il s'agit uniquement des résultats des groupes d'enfants.

Ethique : cette étude a été soumise à la commission d'éthique de la Faculté de Psychologie et des Sciences de l'Education de l'Université de Genève, et acceptée.

Informations complémentaires : vous pouvez vous adresser à tout moment à la responsable de l'étude (Ingrid Fourrier) pour l'obtention d'informations complémentaires.

Sur la base des informations qui précèdent, le-la soussigné-e consent à ce qu'il-elle et son enfant {prénom/nom de l'enfant] participe à la recherche « **Relation entre fonctions exécutives, processus de sélectivité et développement langagier chez des enfants monolingues de 3 à 6 ans** », et autorise :

- l'utilisation des données à des fins scientifiques et la publication des résultats de la recherche dans des revues ou livres scientifiques, étant entendu que les données resteront anonymes et qu'aucune information ne sera donnée sur notre identité ; ☐ OUI
☐ NON
- l'utilisation des données à des fins pédagogiques (cours et séminaires de formation d'étudiants ou de professionnels soumis au secret professionnel). ☐ OUI
☐ NON

J'ai choisi volontairement de participer à cette recherche. J'ai été informé-e du fait que je peux me retirer en tout temps sans fournir de justifications et que je peux, le cas échéant, demander la destruction des données nous concernant. Ce consentement ne décharge pas les organisateurs de la recherche de leurs responsabilités. Je conserve tous mes droits garantis par la loi.

Prénom Nom du(des) parent(s)		Date		Signature(s)
ENGAGEMENT DU CHERCHEUR L'information qui figure sur ce formulaire de consentement et les réponses que j'ai données au participant décrivent avec exactitude le projet. Je m'engage à procéder à cette étude conformément aux normes éthiques concernant les projets de recherche impliquant des participants humains, en application du <i>Code d'éthique concernant la recherche au sein de la Faculté de psychologie et des sciences de l'éducation</i> et des <i>Directives relatives à l'intégrité dans le domaine de la recherche scientifique et à la procédure à suivre en cas de manquement à l'intégrité</i> de l'Université de Genève. Je m'engage à ce que le participant à la recherche reçoive un exemplaire de ce formulaire de consentement.				
INGRID FOURRIER, le 22/09/11				

ANNEXE III. Questionnaires développementaux

Annexe 3.a. QUESTIONNAIRE DEVELOPPEMENTAL STANDARD <u>Naissance</u> La grossesse s'est-elle déroulée normalement (précisez si vous le souhaitez) : OUI NON Accouchement à terme ? OUI NON, à combien de semaines : Ya-t-il eu des soucis à la naissance (précisez si vous le souhaitez) ? <u>Développement moteur</u> A quel âge votre enfant a-t-il marché : <u>Langage</u> A quel âge votre enfant a-t-il dit ses premiers mots (ex : papa, maman, chat..) : A quel âge votre enfant a-t-il dit ses premières phrases (ex. il est parti /« i yé pati », le chat dort /« eu sa do-we »...) : Votre enfant évolue-t-il dans un contexte bilingue? NON OUI (précisez si vous le souhaitez) Avez-vous ou avez-vous déjà eu des inquiétudes quant au développement du langage de votre enfant ? ☐ Oui (précisez si vous le souhaitez) ☐ Non ☐ Je ne sais pas dire Votre enfant a-t-il déjà fait un bilan orthophonique ? ☐ Non ☐ Oui : bilan et suivi, motif (précisez si vous le souhaitez) ? : <u>Affections ORL, audition</u> Votre enfant a-t-il été très souvent enrhumé (rhumes à répétition) entre 0 et 3 ans ? ☐ Non ☐ Je ne sais pas dire ☐ Oui (précisez si vous le souhaitez) Votre enfant a-t-il eu des otites moyennes (aiguës ou séromuqueuses) entre 0 et 3 ans ? ☐ Pas du tout ☐ entre 1 et 5 ☐ Nombre d'otites supérieur à 5 ☐ Je ne sais pas dire Votre enfant a-t-il eu des « yoyos » ou drains dans l'oreille ? ☐ Non ☐ Oui : Une ou deux oreilles ? A quel âge ? Combien de temps ? Un bilan auditif a-t-il déjà été réalisé ? ☐ Non ☐ Oui Résultats (précisez si vous le souhaitez) : Votre enfant a-t-il des soucis d'audition avérés ? Avez-vous des doutes sur l'audition de votre enfant (demande souvent de répéter, parle fort, dit qu'il n'entend pas /tv par exemple) ? ☐ Non ☐ Je ne sais pas dire ☐ Oui (précisez si vous le souhaitez): <u>Vue</u> La vue a-t-elle déjà été contrôlée ? OUI NON Votre enfant porte-t-il des lunettes ? OUI NON <u>Autres</u> Y a-t-il d'autres préoccupations concernant le développement de votre enfant dont vous voudriez me faire part (précisez si vous le souhaitez) ? Au besoin vous pouvez me téléphoner.

Annexe 3. b. QUESTIONNAIRE DEVELOPPEMENTAL TDL

Renseignements généraux :

Nom de l'enfant :

Date de naissance :

Téléphone (s'il y a besoin de préciser une réponse) :

Profession des parents :

☐ mère :

☐ père :

Naissance

La grossesse s'est-elle bien passée (préciser si vous le souhaitez) : OUI NON

Accouchement à terme ? OUI NON, à combien de semaines :

Votre enfant a-t-il respiré tout de suite ? A-t-il fallu le ventiler ? A-t-il dû subir d'autres actes médicaux (ex. réanimation...) ?

Développement moteur

Age de la marche :

Langage

Age des premiers mots (ex : papa, maman, chat..) :

Age des premières phrases (ex. il est parti « i yé pati », le chat dort...) :

Votre enfant évolue-t-il dans un **contexte bilingue** ? NON OUI

☐ Quelles langues sont entendues par l'enfant ?

☐ Quelles langues sont parlées par l'enfant ?

☐ Dans quel contexte chacune des langues est-elle pratiquée par l'enfant ?

Y a-t-il des antécédents de troubles d'apprentissages ou de troubles du langage (dyslexie, dysphasie, troubles d'apprentissage) dans la famille ?

☐ Oui

☐ Non ☐ Je ne sais pas dire

Avez-vous des inquiétudes quant au développement du langage de votre enfant ?

☐ Oui

☐ Non ☐ Je ne sais pas dire

Votre enfant a-t-il déjà fait un bilan orthophonique ? Est-il suivi par un ou une orthophoniste pour un retard ou un trouble du langage ?

☐ Non

☐ Bilan et suivi , motif :

Affections ORL, audition

Votre enfant a-t-il été très souvent encombré (rhumes à répétition) entre 0 et 3 ans ?

☐ Oui

☐ Non ☐ Je ne sais pas dire

Votre enfant a-t-il eu des otites moyennes (aiguës ou séromuqueuses) entre 0 et 3 ans :

☐ Pas du tout

☐ Entre 1 et 5

☐ Nombre d'otites supérieur à 5

☐ Je ne sais pas dire

☐ Merci de préciser le type d'otites si vous en avez connaissance :

Votre enfant a-t-il consulté en ORL pour l'audition ou en lien ?

☐ Oui, précisez :

☐ Non ☐ Je ne sais pas dire

Votre enfant a-t-il eu des « yoyos » ou drains dans l'oreille ?

☐ Non

☐ Oui Une ou deux oreilles ?

A quel âge ?

Combien de temps ?

Un bilan auditif a-t-il déjà été réalisé ?

☐ Non

☐ Oui Résultats :

Votre enfant a-t-il des soucis d'audition avérés ? Avez-vous des suspicions de difficultés d'audition pour votre

enfant (demande souvent de répéter, parle fort, dit qu'il n'entend pas /tv par exemple) ?

☐ Non ☐ Je ne sais pas dire

☐ Oui précisez :

Vue

La vue a-t-elle déjà été contrôlée ? OUI NON

Votre enfant porte-t-il des lunettes ? OUI NON

Autres

Votre enfant a-t-il fait des chutes importantes (ex. tombé du premier étage) ou été hospitalisé longtemps ? Au besoin précisez ?

Y a-t-il des informations sur le développement de votre enfant qui n'ont pas été abordées et dont vous voudriez me faire part ?

☐ Non

☐ Oui Lesquelles :

ANNEXE IVa. Livret de passation (étude 2, 3A, 4)

GROUPE :

Prénom : Initiale nom de famille : N°sujet :

Né(e) le : Age :

Classe :

Autorisation ☐ Questionnaire ☐

	RDV séance 1	RDV séance 2	RDV séance 3
Date			
Lieu			
Examinatrice(s)			

séance	matériel	Tâches	Cocher si OK	A finir (date)
1	Audiomètre	Audiométrie		
1	Ordi + micro+ casque	Répét. Cocktail séance 1- groupe		
1	micro + planches	Déno voc 1 et 2 (NEEL)		
1	Planches	Matrices (WPPSI)		
2	Ordi+ micro+ casque	Répét. Cocktail séance 2- groupe		
	Images	Catégorisation image d'animaux/stroop		
2	Ordi	Stroop animaux		
2		Empan endroit (WPPSI)		
2		Empan envers (WPPSI)		
2	Ordi +casque	Discrimination normale (majérus)		
2	ORDI + micro	Répétition phrases (ISADYLE)		
3	Ordi+ micro+ casque	Cocktail séance 3- répétition sans bruit		
3	Micro + planches	Complétion de phrase (ELO)		
3	Planches	Désignation m.s. (ECOSSE)		
3		Jugement de rimes (NEEL)		

Séance 1

Répétition cocktail

Nbre item	Cplte syll	1ère syll	2ème syll	niv de bruit	production	RC 0 ou 1	n phon ok	n erreurs	n syll correctes
1	simple	diR	kyl	2					
2	simple	sɔR	pɛl	1					
3	complexe	pRɑ̃	kRi	1					
4	simple	tɛR	dik	2					
5	complexe	vRɛ	blo	1					
6	simple	tɛt	lœR	2					
7	complexe	pRɔ̃	tRe	2					
8	complexe	gRɑ̃	klø	1					
9	simple	bon	tit	1					
10	simple	kɛs	niR	2					
11	complexe	pRi	Rɛj	1					
12	complexe	tru	glø	2					
13	simple	ʒuR	tyR	1					
14	complexe	gro	dRɛ	2					
15	simple	maR	taɲ	1					
16	complexe	tra	bRø	2					

WISC-IV – Mémoire de chiffres

Commencer par l'ordre direct puis l'ordre inverse, en faisant passer chaque essai.

NB : Lire chaque essai dans sa totalité au rythme de un chiffre par seconde, en baissant légèrement le ton de la voix au dernier chiffre de la série, et faire une pause pour permettre à l'enfant de répéter. La répétition d'un essai n'est pas autorisée. Si l'enfant demande de répéter, dire : « **Essaie de répéter de ton mieux.** ». L'aide est autorisée uniquement pour l'item d'exemple de l'ordre inverse.

Consigne :

- **Ordre direct** : « Je vais te dire des chiffres. Ecoute bien attentivement, et quand j'aurai fini, tu les répéteras exactement comme moi, dans le même ordre que moi ».
- **Ordre inverse** : « Maintenant, je vais encore te dire des chiffres, mais cette fois, quand j'aurai fini, tu les répéteras à l'envers, en commençant par le dernier. Par exemple, si je dis 8-2, que dois-tu répéter ? »

Critère d'arrêt : Arrêt après une note 0 aux deux essais d'un même item (ordre direct et ordre inverse).

Cotation : Pour chaque essai, coter 1 point pour toute réponse correcte et 0 point pour toute réponse incorrecte.

La note d'item est la somme des notes aux deux essais de l'item.

La note brute est la somme des notes aux items des subtests ordre direct et inverse.

Pour les autres notes cf. le manuel d'administration.

Ordre direct			
Essai	Réponse	Note d'essai	Note d'item
6-16	1. 2-9 4-6	0 1 0 1	0 1 2
2.	3-8-6 6-1-2	0 1 0 1	0 1 2
3.	3-4-1-7 6-1-6-8	0 1 0 1	0 1 2
4.	8-4-2-3-9 5-2-1-8-6	0 1 0 1	0 1 2
5.	3-8-9-1-7-4 7-9-6-4-8-3	0 1 0 1	0 1 2
6.	5-1-7-4-2-3-8 9-8-6-2-1-6-3	0 1 0 1	0 1 2
7.	1-8-4-5-9-7-6-3 2-9-7-6-3-1-5-4	0 1 0 1	0 1 2
8.	5-3-8-7-1-2-4-6-9 4-2-6-9-1-7-8-3-6	0 1 0 1	0 1 2
EMCII Max = 9			
Mémoire des chiffres en ordre direct (MCD) Note brute totale (Maximum = 16)			

Ordre inverse			
Essai	Réponse	Note d'essai	Note d'item
6-16	8-2 5-6		
1.	2-1 1-3	0 1 0 1	0 1 2
2.	3-5 6-4	0 1 0 1	0 1 2
3.	5-7-4 2-5-9	0 1 0 1	0 1 2
4.	7-2-9-6 8-4-9-3	0 1 0 1	0 1 2
5.	4-1-3-5-7 9-7-8-5-2	0 1 0 1	0 1 2
6.	1-6-5-2-9-8 3-6-7-1-9-4	0 1 0 1	0 1 2
7.	8-5-9-2-3-4-6 4-6-7-9-2-8-1	0 1 0 1	0 1 2
8.	6-9-1-7-3-2-5-8 3-1-7-9-5-4-8-2	0 1 0 1	0 1 2
EMCI Max = 8			
Mémoire des chiffres en ordre inverse (MCI) Note brute totale (Maximum = 16)			

NEPSY – Statue

3-4 ans : subtest de base

5-12 ans : subtest complémentaire

Description : Ce subtest est conçu pour évaluer la persistance motrice et l'inhibition.

Matériel requis : Crayon, chronomètre

Règle de départ et d'arrêt : tous les âges passent le subtest en entier.

Administration du test : on demande à l'enfant de rester dans la même position, les yeux fermés, pendant 75 secondes et d'inhiber la réponse impulsive à des distracteurs sonores. L'enfant se tient debout, les pieds légèrement écartés, le bras gauche le long du corps et le bras droit plié de sorte que l'avant-bras soit perpendiculaire au corps. Le poing fermé comme s'il tenait un drapeau. Les enfants de 3 à 5 ans doivent poser leur main libre sur une table ou une chaise pour s'aider à rester en équilibre. Sur le cahier de passation, la période de 75 secondes est divisée en 15 segments de 5 secondes. Pour chaque segment, entourer le « oui » dans la colonne appropriée lorsque l'enfant bouge (colonne « mouvements du corps »), ouvre les yeux (colonne « ouverture des yeux ») ou prononce quelque chose (colonne « vocalisation »). Si l'une des erreurs se produit, rappeler doucement et brièvement la consigne à l'enfant, tout en continuant de chronométrer, en disant : « **Les yeux fermés ou Reste immobile.** » Pour chacun des segments où l'enfant ne commet pas d'erreur, entourer le « oui » dans la colonne « aucune réaction ». Une toux volontaire, un sourire silencieux et de petits mouvements des doigts ne sont pas considérés comme des erreurs. Les comportements suivants, et tout autre mouvement comparable, sont considérés comme des erreurs : abaisser la main droite ou le bras de plus de 45 degrés, tourner la tête, lever le pied ou faire glisser un pied sur le sol, vocaliser ou parler, rire.

Si l'enfant s'interrompt avant d'avoir terminé la tâche et ne veut pas recommencer, noter le temps et coter 0 point pour tous les intervalles de 5 secondes restants.

Dire : « Voyons si tu peux rester debout comme une statue qui porte un drapeau. » (Montrer la position à l'enfant et, si nécessaire, l'aider à se positionner.) « Quand je vais te dire de recommencer, je veux que tu restes complètement immobile, comme une statue en train de porter un drapeau, avec les yeux fermés. Tu ne dois même pas bouger les doigts. Tu ne dois pas bouger, tu ne dois pas ouvrir les yeux, et tu ne dois rien dire – quoi que ce soit – jusqu'à ce que je dise « C'est fini ! ». Tu es prêt ? Ferme les yeux. Garde-les fermés. Commence. » (Déclencher le chronomètre. Suivre les instructions ci-dessous.)

Limite de temps : 75 secondes.

Cotation : Coter 2 points pour chaque intervalle de temps sans erreur. Coter 1 point pour chaque intervalle dans lequel une seule erreur est relevée. Les erreurs sont les mouvements du corps, l'ouverture des yeux et la prononciation d'un mot ou d'un son. Coter 0 point pour chaque intervalle dans lequel deux ou trois erreurs sont relevées. La note totale pour ce subtest est le nombre de points obtenus à l'ensemble des intervalles. Note maximale : 30 points.

Distracteurs		Aucune réaction	Mouvement du corps	Ouverture des yeux	Vocalisations	Notes pour l'intervalle de temps 0, 1 ou 2
À 10s : laisser tomber un stylo sur la table	1-5s 5-10s					
À 20s : tousser bruyamment une fois	11-15s 16-20s					
À 30 s : frapper deux fois sur la table	21-25s 26-30s					
À 50 s : dire « hum, hum »	31-35s 36-40s 41-45s 46-50s					
À 75s dire : c'est fini !	51-55s 56-60s 61-65s 66-70s 71-75s					
Score total						

EVIP – Désignation d’images

Consigne : « Je vais te dire des mots et te montrer des dessins. Tu va bien écouter ce que je dis et bien regarder les images. Tu me montreras l’image qui va le mieux avec le mot. »

Dire uniquement le nom, exemple, « balai »

Cotation : 1 point par bonne réponse.

Age de départ		+/-			+/-			+/-
2;5 - 3 ans	1-balai		8 ans	59-diriger		16ans	117-chevalet	
	2-automobile			60-illumination			118-moissonner	
	3-balle			61-paire			119-canin	
	4-abeille			62-breuvage			120-précipitation	
	5-chandelle			63-mâchoire			121-marécage	
	6-argent			64-laineux			122-encombré	
	7-plein			65-libéré			123-arctique	
	8-cassé			66-dé			124-accablé	
	9-cou			67-ronger			125-escorter	
3;5 ans	10-bouteille		9 ans	68-secrétaire			126-doléances	
	11-plante			69-compétition			127-ébénistes	
	12-bureau			70- saluer			128-incisive	
	13-baleine			71-fleuve			129-volaille	
4 ans	14-échelle			72-uniforme			130-maçon	
	15-branche			73-édifice			131-prodige	
	16-kangourou			74-descendant			132-portail	
	17-ambulance			75-demeure			133-scruter	
	18-comptoir			76-artiste			134-chômer	
4;5 ans	19-cerf-volant			77-portatif			135-assister	
	20- cercle		10 ans	78-grogner			136-archéologue	
	21-barrière			79-temps			137-épuisement	
	22-tirer			80-cultivateur			138-compas	
	23-attraper			81-pièce			139-pédagogue	
	24- sceau			82-agriculteur			140-lubrifié	
				83-composer			141-amphibie	
5 ans	25-verser			84-rive			142-équestre	
	26-cueillir		11 ans	85-solaire			143-bovin	
	27-cadenas			86-savant			144-brasier	
	28-dentiste			87-plâtrier			145-étamine	
5;5ans	29-trace			88-angle			146-concave	
	30-culbuter			89-cubique			147-garçon	
	31-partager			90-taquin			148-coin	
	32-arbuste			91-survoler			149-cosse	
	33-liquide			92-alpiniste			150-copieux	
	34-chenille			93-nutritif			151-submerger	
	35-lecture			94-oratoire			152-assortir	
	36-courrier			95-furieux			153-convergence	
	37-coiffer			96-falaise			154-apparition	
	38-aigle		12 ans	97-porcelaine			155-dôme	
6ans	39-rude			98-boussole			156-imbiber	
	40-ruche			99-phare			157-empaler	
	41-applaudir			100-étonné			158-radier	
	42-bijouterie			101-morse			159-balustrade	
	43-céréales			102-triplés			160-clairon	
	44-flotter			103-espiègle			161-encastrement	
	45-médecin			104-échangeur			162-aïeule	
	46-jumelles		13 ans	105-marais			163-réceptable	
	47-embrasser			106-nuque			163-passementerie	
	48-selle							

	49-meuble			107-tropical			165-ébahissement	
7ans	50- poignet			108-parallèle			166-ellipse	
	51-discussion			109-évaluer			167-ingénieux	
	52-imprimer		14 ans	110-panache			168-enticher	
	53-musicien			111- mendiant			169-arable	
	54-cheville			112-fragment			170-décidu	
	55- construction			113-judiciaire				
	56-salutation			114-entonnoir				
	57-plafond			115-bordereau				
	58-racine			116-prétentieux				
N° de l'item plafond :								
Moins les échecs :								
Score brut :								

Séance 2

Répétition cocktail

Nbre item	Complexité syll	1ère syll	2ème syll	niv de bruit	production	RC 0 ou 1	n phon ok	n erreurs	n syll correctes
1	simple	bon	tit	2					
2	simple	kɛs	niR	1					
3	complexe	pRi	Rɛj	1					
4	complexe	tRu	glə	2					
5	simple	ʒuR	tyR	1					
6	complexe	gro	dRɛ	2					
7	simple	maR	taŋ	2					
8	complexe	tRa	brə	1					
9	simple	dɪR	kyl	1					
10	simple	sɔR	pɛl	2					
11	complexe	pRɑ̃	kRi	1					
12	simple	tɛR	dik	2					
13	complexe	vRɛ	blo	1					
14	simple	tɛt	lœR	2					
15	complexe	pRɔ̃	tRɛ	1					
16	complexe	grɑ̃	klə	2					

Stroop des animaux (épreuve informatisée)

Consigne : « Tu vas voir des paires d'animaux (deux animaux) sur l'écran. Certains seront grands et d'autres petits. Le but de ce jeu est de trouver lequel des deux animaux est le plus grand DANS LA VRAIE VIE. Si l'animal le plus grand en vrai est à gauche sur l'écran, tu appuies sur la touche verte du clavier. Si c'est l'animal qui est à droite, tu appuies sur la touche rouge. »

Cotation : Les temps de réponse et le nombre d'erreur sont comptabilisés automatiquement (ordinateur).

N-E.E.L – Dénomination d'images

Consigne : Présenter l'image à l'enfant et lui demander *Qu'est-ce que c'est ?* Si l'enfant ne répond pas, attendre 10 secondes. Dire alors : *Tu ne vois pas ce que c'est ? Tu ne connais pas ?* Si l'enfant fait une paraphrase : oui, c'est ça, mais il faut trouver le mot.

Cotation : 2 points quand le mot est correct, 1 point quand il y a une altération phonologique, 0 dans tous les autres cas.

Numéro	Mots attendus	Transcription de la dénomination	2, 1, 0 Pts
1	Pinceau		
2	Tasse		
3	Lavabo		
4	Aspirateur		
5	Carte (à jouer)		
6	Coccinelle		
7	Loupe		
8	Domino		
9	Chauve-souris		
10	Poire		
11	Verre		
12	Vis		
13	Rame		
14	Poireau		
15	Poêle		
16	Lapin		
17	Louche		
18	Accordéon		
19	Lunettes		
20	Balançoire		
21	Cage		
22	Mouche		
23	Ecureuil		
24	Evier		
25	Feuille		
26	Allumettes		
27	Douche		
28	Robinet		
29	Violon		
30	Brouette		
31	Parachute		
32	Ampoule		
33	Passoire		
34	Noix		
35	Masque		
36	Cuillère		
Total corrects :		/72	
Total erreurs :		/72	

Discrimination de paires minimales

Consigne : « tu vas entendre deux syllabes (sons) et tu devras me dire si elles sont identiques (pareilles) ou pas. Par exemple « ba-ba », est-ce que les deux sont pareilles ? »

Cotation : un point est donné par bonne réponse, zéro en cas d'erreur.

Items	Oui/Non	Réponse	Score (1 ou 0)	Items	Oui/Non	Réponse	Score (1 ou 0)
daga	N			lara	N		
gnagna	O			mama	O		
saza	N			mala	N		
kaka	O			chacha	O		
tapa	N			papa	O		
mana	N			daba	N		
fafa	O			sasa	O		

taka	N			gaga	O		
lala	O			fava	N		
nana	O			jaja	O		
paba	N			sacha	N		
kaga	N			dada	O		
tata	O			rara	O		
gnana	O			chaja	N		
total							

ISADYLE – Répétition de phrases

Consigne : l'examineur propose une phrase à l'enfant et lui demande de la répéter :

« je vais te dire des phrases. Ecoute bien et quand j'aurai fini tu les répèteras exactement comme moi »

Cotation : Transcrire scrupuleusement la répétition de l'enfant. Noter un point si elle est conforme à la phrase de l'item. Faire le total des notes brutes. Après calcul de l'intervalle de confiance pour l'erreur de mesure aléatoire, convertir la note totale corrigée en note standardisée ou en percentile en référence aux tables d'étalonnage.

		Transcription	1/0
SR_01	Le cheval tombe.		
SR_02	L'homme porte un seau.		
SR_03	La poule ne picore pas les graines.		
SR_04	La dame pousse la table.		
SR_05	Les enfants ne pleurent pas.		
SR_06	Pourquoi les chiens courent-ils ?		
SR_07	La neige ne tombe pas.		
SR_08	La souris qui est dans la cuisine est blanche.		
SR_09	Les enfants ne jouent pas aux indiens.		
SR_10	Mange-t-il une tartine ?		
SR_11	Les enfants sont punis parce qu'ils se sont battus.		
SR_12	Quelle robe mets-tu ?		
SR_13	Est-ce que les bouteilles sont pleines ?		
SR_14	La fille est portée par le garçon.		
SR_15	Est-ce que le garçon aime les bonbons ?		
SR_16	L'enfant marche.		
SR_17	Comment les livres sont-ils rangés ?		
SR_18	La moto est poussée par l'homme.		
SR_19	Le chat regarde-t-il par la fenêtre ?		
SR_20	Le chat que je caresse est petit.		
SR_21	Le vélo est suivi par la moto.		
SR_22	La fille cueille-t-elle des fleurs ?		
SR_23	Le chariot est tiré par la fille.		
SR_24	C'est le jardinier qui arrose les plantes du voisin.		
SR_25	Les enfants se couvrent pour aller jouer dans la neige.		
SR_26	Joues-tu dans le jardin ?		
SR_27	Quand tu auras fini ta soupe, tu pourras jouer.		
SR_28	La petite fille pourra sortir quand elle sera guérie.		
SR_29	C'est dans le train que j'ai oublié mon sac.		
SR_30	Qui mange une glace ?		
Total			
Date de passation			
Nom			
Prénom			
Date de naissance			
Age			

ELO – Production d’énoncés

Consigne : « Je vais te montrer des images et toi tu vas continuer la phrase que j’ai commencée ».

Cotation : Noter « + » (dans la colonne MorSyn) quand la production est identique à ce qui est attendu (en italique) ; entourer le texte en italique. La transcrire si elle est différente.

Deux types de productions différents sont à prendre en compte. Dans le premier cas, il s’agit de formes morphologiques ou syntaxiques « régressives ». de type retard de langage : noter « + » dans la colonne DysL. Il peut s’agir aussi de la non prise en compte du co-texte produit par l’examinateur (description de l’image par exemple) : noter « + » dans la colonne DysP.

Items d’essai	01. Ici, il y a un seul oiseau. Là, il y a ... <i>deux oiseaux</i> .				
	02. Ici, le garçon court. Là, le garçon ... <i>ne court pas</i> .				
	03. Ici, c’est une maman. Là, c’est un ... <i>papa</i> .				
		0/1	réponse	DysL	DysP
1. Ici, le garçon est debout <i>là, le garçon ... est assis.</i>					
2. Ici, c’est le cartable de la fille. <i>là, c’est le cartable ... du garçon.</i>					
3. Ici, Hélène donne à manger à la poupée. <i>là, elle donne à manger ... au chat.</i>					
4. Ici, il y a un seul avion. <i>là, il y a ... deux avions.</i>					
5. Ici, c’est un coiffeur. <i>là, c’est une ... coiffeuse.</i>					
6. Ici, la voiture n’est pas cassée. <i>là, la voiture ... est cassée.</i>					
7. Ici, c’est le chapeau de la dame. <i>là, c’est le chapeau ... du monsieur.</i>					
8. Ici, c’est une vendeuse. <i>là, c’est un ... vendeur.</i>					
9. Ici, Pierre dit bonjour à la dame. <i>là, Pierre dit bonjour ... au monsieur.</i>					
10. Ici, c’est un chien. <i>là, c’est une ... chienne.</i>					
11. Ici, c’est un boulanger. <i>là, c’est une ... boulangère.</i>					
12. Ici, Florence joue à la maîtresse. <i>là, François joue ... au maître.</i>					
13. Ici, le garçon dit que sa chemise est neuve. <i>là, la fille dit que son pull ... est neuf.</i>					
14. Ici, la fille a cueilli des fleurs. <i>là, les filles ... ont cueilli des fleurs.</i>					
15. Ici, la poule a pondu un œuf. <i>là, la poule a pondu ... des (trois) œufs.</i>					
16. Ici, le dragon n’a qu’un œil. <i>là, le dragon a ... deux yeux.</i>					
17. Ici, le garçon regarde le journal. <i>là, le garçon regarde les ... journaux.</i>					
18. Ici, le garçon dit que son chien est malin. <i>là, la fille dit que sa chienne est ... maligne.</i>					
19. Ici, ce sont des filles qui ont un chapeau. <i>là, ce sont des filles ... qui n’ont pas de chapeau.</i>					
20. Ici, je joue maintenant. <i>là, plus tard, je ... je mangerai ; vais manger (dîner).</i>					
21. Ici, l’ours dort. <i>là, les ours ... dorment.</i>					
22. Ici, maman coiffe Céline. <i>là, la poupée ... est coiffée ; se fait coiffer.</i>					

23. Ici, le garçon va s'habiller. là, le garçon ... <i>(s)'est habillé.</i>				
24. Ici, la voiture pousse le camion. là, la voiture ... <i>est poussée par le camion ; se fait pousser.</i>				
25. Ici, je m'habille. Là, avant, ... <i>je dormais.</i>				
Total		Total		

Séance 3

Répétition cocktail

Nbre item	Cplte syll	1ère syll	2ème syll	niv de bruit	production	RC 0 ou 1	n phon ok	n erreurs	n syll correctes
1	simple	diR	kyl	2					
2	simple	sɔR	pɛl	1					
3	complexe	pRɔ̃	kRi	1					
4	simple	tɛR	dik	2					
5	complexe	vRɛ	blo	1					
6	simple	tɛt	lœR	2					
7	complexe	pRɔ̃	tRe	2					
8	complexe	gRɔ̃	klə	1					
9	simple	bon	tit	1					
10	simple	kɛs	niR	2					
11	complexe	pRi	Rɛj	1					
12	complexe	tRu	glə	2					
13	simple	ʒuR	tyR	1					
14	complexe	gro	dRɛ	2					
15	simple	maR	taʃ	1					
16	complexe	tRa	bRə	2					

ECOSSE – Compréhension morphosyntaxique

Consignes (suivant l'âge de l'enfant, les consignes peuvent être différentes) :

Pour les petits : « Je vais te raconter des petites histoires très courtes et après tu devras choisir, parmi les 4 images de la feuille, celle qui correspond le mieux à chaque histoire. Au début ce sera facile, mais après ça deviendra plus difficile. Il faut que tu fasses d'abord attention à ce que je dis, que tu le retiennes bien, et, seulement après, tu pourras choisir un dessin sur la feuille que je te montrerai. Tu as bien compris ? ».

Pour les plus grands : On parlera d'un jeu où il s'agit de montrer le dessin qui va le mieux avec un mot ou une phrase que l'on va dire (ou que l'enfant doit lire) : On précise que la page où il y a les dessins n'est montrée qu'une fois l'énoncé dit par l'examineur ou lu par l'enfant. Le reste est identique à la consigne précédente.

Présentation de l'épreuve à l'oral : L'examineur lit lentement chaque énoncé, en articulant correctement. La feuille de dessins n'est montrée qu'une fois l'énoncé lu et sans attendre. De manière générale, les énoncés ne doivent pas être répétés, sauf s'il y a eu du bruit ou si l'on constate une distraction évidente du sujet. Si un enfant demande de répéter l'énoncé, on le fait la première fois, mais on lui rappelle qu'il doit faire très attention et qu'on ne répètera pas la prochaine fois. De temps en temps, l'examineur réactive l'attention de l'enfant, si besoin. En tout état de cause, on ne donne aucune information au sujet sur le caractère correct ou incorrect de sa réponse.

Cotation : Lorsqu'on présente au sujet la feuille de dessins parmi lesquels il doit choisir, il peut y avoir 3 cas de figure :

1. Le sujet ne veut ou ne peut pas donner de réponse. Après une incitation à le faire et s'il ne le fait pas, on inscrit 0 dans la case correspondant à la colonne D4 de la feuille de réponses.
2. Le sujet donne la réponse correcte : il n'est pas utile d'inscrire quoi que ce soit sur la feuille.
3. Le sujet donne une réponse incorrecte. On inscrit alors, dans la case correspondant au dessin montré, son numéro (1-2-3-4). Ceci facilitera les choses lorsqu'on voudra étudier les types d'erreurs.

Blocs	Items	D 1	D 2	D 3	D 4	Err. blocs
H14	La fille pousse le cheval.					
H23	Le garçon poursuit le mouton.					
H32	L'homme poursuit le chien					
H44	La vache pousse la dame.					
I14	Ils sont assis sur la table.					
I22	La vache les regarde.					
I32	Ils sont en train de sauter par-dessus le mur.					
I41	L'éléphant les porte.					
L14	Elle est assise sur la chaise.					
L21	La dame le porte.					
L33	Il est assis dans l'arbre.					
L44	Le cheval la regarde.					
N11	La tasse est devant la boîte.					
N21	Le crayon est derrière la boîte.					
N32	Le cercle est dans l'étoile.					
N44	Le couteau est sur la chaussure.					
P12	Le crayon qui est sur le livre est jaune.					
P22	La fille poursuit le chien qui saute.					
P33	Le carré qui est dans l'étoile est bleu.					
P41	Le chien poursuit le cheval qui se retourne.					
R11	La fille est poursuivie par le cheval.					
R22	Le camion est poussé par le garçon.					
R33	Le cheval est poursuivi par l'homme.					
R42	Le landau est poussé par le monsieur.					
S14	Le garçon poursuivant le cheval est gros.					
S21	Le crayon sur la chaussure est bleu.					
S32	La vache poursuivant le chat est marron.					
S43	Le cercle dans l'étoile est jaune.					
T13	La pomme que mange le garçon est verte.					
T21	La vache que le chien poursuit est marron.					
T34	Le garçon mange les pommes que la fille cueille.					
T42	Le monsieur regarde la vache que poursuit le chat.					
U12	La fille pousse la chaise, pourtant elle est petite.					
U23	Le garçon regarde l'éléphant parce qu'il est gros.					
U34	Le garçon ne voit pas le monsieur bien qu'il porte des lunettes.					
U44	Le monsieur appelle le chien, car il court.					
V12	Le chien a fait tomber la deuxième quille.					
V21	La fille a fait tomber la troisième tasse.					
V32	La dame est assise sur la dernière chaise bleue.					
V43	Quelqu'un montre le troisième crayon bleu.					
W13	Le livre sur lequel est posé le crayon est rouge.					
W21	Le chat dont les yeux sont verts regarde la dame.					
W34	Le cercle dans lequel il y a une étoile est rouge.					
W42	Le cheval poursuit un chien dont la queue est longue.					
Total désignation						
Total erreurs						
Total réponses correctes						

N-E.E.L – Sensibilité phonologique

Consigne : « Je vais te dire chaque fois des paires de mots (2 mots). Certaines paires riment et certaines paires ne riment pas. Tu vas les répéter après moi, dire lesquelles riment, lesquelles ne riment pas ». Si l'enfant ne comprend pas la notion de rimes, lui expliquer à l'aide des exemples qu'elle s'applique au son final des mots. On corrige les erreurs au cours de la démonstration

Démonstration : col/bol, nous/sous, chou/chat, vent/son

Mots	Transcription phonétique	Réponse correcte attendue	Réponse de l'enfant	1 ou 0
1. PRIS-FRIT	/pRi-fRi/	Oui		
2. BAL-MAL	/bal-mal/	Oui		
3. RAT-DENT	/Ra-dB/	Non		
4. CAMP-DANS	/kB-dB/	Oui		
5. SOIN-COIN	/swC-kwC/	Oui		
6. TROIS-POIS	/tRwa-pwa/	Oui		
7. FIL-POING	/fil-pwC/	Non		
8. CLOU-MOU	/klU-mU/	Oui		
9. CRU-CUIT	/kRu-kVi/	Non		
10. MER-THYM	/mèR-tC/	Non		
11. TROT-BOT	/tRo-bo/	Oui		
12. FIN-PUR	/fC-puR/	Non		
13. GOND-BOND	/gI-bI/	Oui		
14. PAIN-MIE	/pC-mi/	Non		
15. CRAIE-BAIE	/kRè-bè/	Oui		
16. FAIM-FUT	/fC-fu/	Non		
17. VIN-REIN	/vC-RC/	Oui		
18. BOUT-BOL	/bU-boI/	Non		
19. RUE-DUE	/Ru-du/	Oui		
20. CHAT-CHUT	/Ha-Hu/	Non		

WPPSI – Sub-test Matrices

Consigne :

Présenter l'exemple A et dire : « Regarde ces images. Laquelle de celles-ci (balayer du doigt les réponses possibles) va là ? (pointer la case contenant un point d'interrogation). Montre-moi. ».

Si la réponse est correcte, présenter l'exemple B et dire : « Oui, essayons une autre ».

Si la réponse est incorrecte, dire :

- Exemple A : « Regarde à nouveau. Tous ces parapluies sont verts (balayer du doigt les parapluies dans la grille). Celui-ci (pointer la réponse 2) est vert aussi, alors il va là (pointer la case contenant un point d'interrogation). Essaie avec une autre chose. » (Passer alors à l'exemple B).

- Exemple B : « Regarde à nouveau. Ces deux fleurs sont roses (pointer les fleurs roses). Ici, (pointer la fleur mauve dans la grille) il y a une fleur mauve. On a besoin d'une fleur mauve comme celle-là, alors celle-là (pointer la réponse 3) va là (pointer la case contenant un point d'interrogation). Essaie avec autre chose. » (Passer à l'exemple C).

- Exemple C : « Regarde à nouveau. Là, il y a deux ours (pointer les ours). Ici, (pointer le ballon dans la grille) il y a un ballon. On a besoin d'un ballon comme celui-là ; alors celui-là (pointer la réponse) va là (pointer la case contenant un point d'interrogation). Essaie avec autre chose.

Continuer jusqu'à l'item 29. Commencer à l'item 1 pour tous les enfants.

Critère d'arrêt : Après 4 notes 0 consécutives ou 4 notes 0 à 5 items consécutifs.

Cotation : Entourer le chiffre correspondant à la réponse de l'enfant. Si l'enfant ne répond pas ou dit qu'il ne connaît pas la réponse, entourer NSP (Ne Sait Pas).

Item	Réponse					Note
4→ A	1	2	3	4	NSP	
B	1	2	3	4	NSP	
C	1	2	3	4	NSP	
4→ 1	1	2	3	4	NSP	0 1
2	1	2	3	4	NSP	0 1
3	1	2	3	4	NSP	0 1
5→ 4	1	2	3	4	NSP	0 1
5 5	1	2	3	4	NSP	0 1
6→ 6	1	2	3	4	NSP	0 1
7	1	2	3	4	NSP	0 1
8	1	2	3	4	NSP	0 1
9	1	2	3	4	NSP	0 1
10	1	2	3	4	NSP	0 1
11	1	2	3	4	NSP	0 1
12	1	2	3	4	NSP	0 1
13	1	2	3	4	NSP	0 1

Item	Réponse					Note
14	1	2	3	4	NSP	0 1
15	1	2	3	4	NSP	0 1
16	1	2	3	4	NSP	0 1
17	1	2	3	4	NSP	0 1
18	1	2	3	4	5 NSP	0 1
19	1	2	3	4	5 NSP	0 1
20	1	2	3	4	5 NSP	0 1
21	1	2	3	4	5 NSP	0 1
22	1	2	3	4	5 NSP	0 1
23	1	2	3	4	5 NSP	0 1
24	1	2	3	4	5 NSP	0 1
25	1	2	3	4	5 NSP	0 1
26	1	2	3	4	5 NSP	0 1
27	1	2	3	4	5 NSP	0 1
28	1	2	3	4	5 NSP	0 1
29	1	2	3	4	5 NSP	0 1
Note totale (maximum = 29)						

ANNEXE IVb. Épreuves de lecture (étude 2)

Irréguliers		réguliers		Non-mots	
Femme		Faute		Sande	
Hier		Nuit		chon	
Ville		Vague		Givor	
Monsieur		Montagne		Bondeuse	
Sept		Soin		Sule	
Août		Soif		Toire	
Dix		Mal		Mic	
Seconde		Sauvage		Taubage	
Million		Mission		Mardion	
fusil		fuite		fudin	
Temps		Temps		Temps	
RC		RC		RC	

ANNEXE V. Tableau de synthèse de l'étude 1

Tableau 10. Synthèses des hypothèses et résultats de l'étude 1

Épreuves et n° d'hypothèse	Effets et interactions	Type d'effet et sous- effets	Mesures	Détails	Notation	D 1+2	D1	D 2
HO1a-1 : Statue	Degré		score/RC	score D2>D1	HO1a-1.	-		
HO1a-2 : Stroop	Congruence / (HO1a-2/1)	(a) principal	erreurs (.1)	n. err Int> n. err fac	HO1a-2/1.1 (a)	+	-	+
		(b) contraste Interf/neutre		n. err Int> n.err Neu	HO1a-2/1.1 (b)	+	-	+
		(c) contraste Interf/neutre		n. err Neu > n.err Fac	HO1a-2/1.1 (c)	-	-	-
		(a) principal	TR(.2)	TR Int> TR fac	HO1a-2/1.2 (a)	+	+	+
		(b) contraste Interf/neutre		TR Int> TR Neu	HO1a-2/1.2 (b)	+	+	+
		(c) contraste neutre/fac		TR Neu > TR Fac	HO1a-2/1.2 (c)	+	-	+
	effet principal du Degré (HO1a-2/2)		err (.1)	n. err D1> n.err D2	HO1a-2/2.1	+		
			TR (.2)	TR D1> TR D2	HO1a-2/2.2	+		
	interactions degré* congruence (HO1a-2/3)	(1) contraste et effet d'interférence (simple)	erreurs (.1)	(n.err. Int- n. err Neu) D1 > (n.err Int – n.err Neu) D2	HO1a-2/3 (1) .1	-		
			TR (.2)	(TR.Int- TR Neu) D1 > (TR.Int – TR.Neu) D2	HO1a-2/3 (1) .2	-		
			Indice err (.3.1)	(I. StroopINT_err) D1 > (I. StroopINT_err) D2	HO1a-2/3 (1) .3.1	- p=.058		
			indice TR (.3.2)	(I. StroopINT_TR) D1 > (I. StroopINT_TR) D2	HO1a-2/3 (1) 3.2	-		
		(2) contraste et effet de facilitation	err (.1)	(n.err Neu - n. err Fac) D1 > (n.err Neu - n. err Fac) D2	HO1a-2/3 (2) .1	-		
			TR (.2)	(TR Neu - TR Fac) D1 > (TR Neu - TR Fac) D2	HO1a-2/3 (2) .2	-		
			Indice err (.3.1)	(I. StroopFAC_err) D1 > (I. StroopINT_FAC) D2	HO1a-2/3 (2).3.1	-		
			indice TR (.3.2)	(I. StroopFAC_TR) D1 > (I. StroopFAC_TR) D2	HO1a-2/3 (2).3.2	-		
		effet global (3)	err (.1)	(n.err. Int- n.err Fac) D1 > (n.err Int. -n.err Fac.)D2	HO1a-2/3 (3).1.	-		
			TR (.2)	(Tr Int.- TR Fac.) D1 > (Tr Int.- TR Fac.)D2	HO1a-2/3 (3).2.	-		
			Indice err (.3.1)	(I.StroopGinterf_Err) D1> (I. StroopGinterf_Err) D2	HO1a-2/3 (3).3.1	-		
			indice TR (.3.2)	(I.StroopGinterf_TR) D1 > (I. StroopGinterf_TR) D2	HO1a-2/3 (3).3.2	-		
		(4) interaction : Indices * degré	err (.1)	(I.StroopINT_err – I.StroopFAC_err)D1 < (I.StroopINT_err – I.StroopFAC_err)D2	HO1a-2/3(4).1	+		
			TR (.2)	(I.StroopINT_TR- I.StroopFAC_TR)D1 < (I.StroopINT_TR- I.StroopFAC_TR)D2	HO1a-2/3(4).2	-		

HO1a-3 : COCKTAIL	Congruence /1	(a) principal	scPh	scPh Rsb0 > scPh Rsb-10	HO1a-3/1 (1) (a)	+	+	+
		(b) simple : contraste 0/-15		scPh Rsb0 > scPhRsb-15	HO1a-3/1 (1) (b)	+	+	+
		(c) simple : contraste -15/-10		scPhRsb-15> scPh Rsb-10	HO1a-3/1 (1) (c)	+	+	+
			indices	I.cockPh-10 > I.cockPh-15	HO1a-3/1 (2)	+		
	Degré /2	(a) principal	(1) scPhm	scPh D2> scPh D1	HO1a-3/2 (1) (a)	+		
		(b1) simple / rsb 0	(1) scPh	scPh 0/D1 < scPh 0/D2	HO1a-3/2 (1) (b1)	-		
		(b2) simple/ rsb-15	(1) scPh	scPh -15/ D1 < scPh -15/ D2	HO1a-3/2 (1) (b2)	+		
		(b3) simple / rsb-10	(1) scPh	scPh- 10/D1 < scPh -10/ D2	HO1a-3/2 (1) (b3)	+		
		principal	(2) indice	I.CockPh D1> IcockPh D2	HO1a-3/2 (2)	+		
	interactions Degré * Congruence /3	(a) global	scPh	(scPh 0 - scPh -10) D1> (scPh 0 - scPh- 10) D2	HO1a-3/3 (1) (a)	+		
		(b) contraste 0/-15		(scPh 0 - scPh-15) D1> (scPh 0 - scPh- 15) D2	HO1a-3/3 (1) (b)	+		
		(c) contraste -15/-10		(scPh-15 -scPh-10) D1> (scPh-15 - scPh-10) D2	HO1a-3/3 (1) (c)	+		
		interaction indices*degrés	indices	((I.Cock_rsb-10)- (I.Cock_rsb-15)) D1 < ((I.Cock_rsb-10)- (I.Cock_rsb-15)) D2	HO1a-3/3 (2)	-		
HO1b : Corrélations entre différents types d'inhibition	Stroop/ cocktail	Corrélations négatives attendues entre indice d'interférence Stroop et indices Cocktail (puisque les deux types d'indices varient théoriquement dans des sens opposés)			HO1b-1	+		
	Stroop/ Statue	Corrélations négatives attendues entre effet d'interférence Stroop et le score Statue (puisque variant en sens inverse)			HO1b-2	+		
	Cocktail/ Statue	Corrélations positives attendues entre Score Statue et Indices cocktail			HO1b-3	+		

+ : hypothèses validées dans les limites de cette étude

- : hypothèses non validées (résultats non significatifs)

HO : hypothèse opérationnelle

ANNEXE VI. Tableau de synthèse de l'étude 4

Tableau 30. Synthèse des résultats de l'étude 4.

Hypothèses et sous hypothèses			Résultats	Remarques
H4-0	Nous nous attendons à ce que le niveau de langage contribue à définir significativement les groupes de développement du langage (TDL versus DT-A principalement) et inversement		v	
	HO4-0.1	Le niveau de langage détermine le groupe autrement dit il existe une différence de moyenne significative sur les épreuves de langage principalement pour le contraste DT-A/TDL dans nos analyses de variance	v	DT-A> TDL, DT-L> hormis pour la mesure d'appariement
	HO4-0.2	Nous nous attendons, dans nos analyses de régression à ce que le groupe d'appariement (DT-A, DT-L, TDL) contribue à prédire le langage (FCLO_4)	v	
	HO4-0.3	Nous nous attendons à ce que les mesures de langage contribuent à différencier le groupe TDL des groupes DT (: dans les analyses discriminantes)	v	
H4-1	Les performances aux mesures phonologiques (mesures de mémoire de travail/mise à jour, et mémoire phonologique à court terme ainsi que de métaphonologie) permettent de prédire le niveau de langage ou le groupe de langage (avec trouble du langage : TDL versus à développement typique :		v	
	HO4-1.1	il existe des différences significatives de moyennes pour la mesure MétaPh (HO4-1.1.a) et Mdt (HO4-1.1.b) qui permettent de différencier les groupes de langage (TDL versus DT) (modèle multivarié)	~	
		HO4-1.1.a il existe des différences significatives de moyennes pour la mesure MétaPh (HO4-1.1.a) qui permettent de différencier les groupes de langage (TDL versus DT)	v	seulement pour DT-A/TDL avec tendance pour l'autre contraste
		HO4-1.1.b il existe des différences significatives de moyennes pour la mesure Mdt (HO4-1.1.b) qui permettent de différencier les groupes de langage (TDL versus DT)	nv	
	HO4-1.2	les mesures Mdt et MétaPh contribuent à prédire le niveau de langage	~	
		HO4-1.2.a la mesure MétaPh permet de prédire le niveau de langage dans nos analyses de régression	v	
		HO4-1.2.b la mesure Mdt permet de prédire le niveau de langage dans nos analyses de régression	nv	
		HO4-1.3 HO4-3b les mesures phonologiques contribuent à différencier le groupe TDL des groupes DT dans les analyses discriminantes	nv	
H4-2	L'inhibition est impliquée dans le développement du langage et permet de prédire le niveau de langage ou de différencier le groupe de langage (avec trouble du langage : TDL versus à développement typique : DTL et DTA).		v	
	H4-2.1	Il existe des différences significatives de moyennes pour les mesures d'inhibition qui permettent de différencier les groupes de langage (TDL versus	~	
		HO4-2.1.a différences significatives pour l'inhibition comportementale	nv	
		HO4-2.1.b différences significatives pour l'inhibition cognitive non verbale (stroop animaux)	v	DT-A/TDL, DT-L/TDL mais pas DT-A/DT-L
		HO4-2.1.c différences significatives pour l'inhibition auditive (cocktail)	v	DT-A/TDL, DT-L/TDL mais pas DT-A/DT-L
	HO4-2.2	Les mesures d'inhibition, (STATUE) (HO4-2.3a), conflit non verbal (stroop) (HO4-2.3 b), auditive (cocktail) (HO4-2.3 c), et langage (FCLO_4) contribuent à prédire le niveau de langage dans nos analyses de régression		
		HO4-2.2.a	nv	
		HO4-2.2.b	v	
		HO4-2.2.c	v	
	HO4-2.3	Nous nous attendons à ce que les performances d'inhibition (conflit et auditive principalement) contribuent à différencier le groupe TDL des deux autres groupes DT appariés en âge comme en niveau linguistique mais plus jeunes dans nos analyses discriminantes	v	
		HO4-2.3.a (statue/comportementale)	v	
		HO4-2.3b (stroop animaux/cognitive non verbale)	v	
		HO4-2.3.c (cocktail/ auditive conflit)	v	

~ partiellement ou plus ou moins validé dans les limites de l'étude
v les résultats tendent à valider l'hypothèse dans les limites de cette étude
nv les résultats ne sont pas significatifs et ne valident pas l'hypothèse
HTG hypothèse théorique générale
H hypothèse théorique propre à une étude particulière
HO hypothèse opérationnelle
FCLO Facteur composite de langage oral
DT-A développement typique apparié en âge
DT-L développement typique apparié en langage
TDL groupe avec trouble du développement du langage oral
MétaPh score composite des mesures phonologiques
Mdt empan envers de chiffres/ mémoire de travail

ANNEXE VII. Analyses subsidiaires des liens entre mesures phonologiques et d'inhibition et composantes langagières spécifiques

Tableau 31. Analyses subsidiaires. ETUDE 4, corrélations partielles entre mesures de langage et mesures tests pour les 3 groupes confondus (DTA, DTL, TSDL).

	ms_Réc	ms_Exp (cpl)	ms_Exp(rép)	lex_réc	lex_Exp
ms_Réc					
ms_Exp (cpl)	,447**				
ms_Exp(rép)	,453**	,813**			
lex_réc	,200	,468**	,437**		
lex_Exp	,258	,768**	,723**	,369*	
MPCT	,272	,474**	,522**	,479**	,400**
Mdt	,194	,222	,093	,065	,208
Paires	,481**	,454**	,240	,108	,289
Rimes	,192	-,031	,072	,092	-,295*
Statue	,064	,117	,095	,084	,031
I.StroopINT_err	,029	,346*	,318*	,308*	,308*
I.cockPhm_10	-,017	-,495**	-,344*	-,397**	-,387**

Variables de contrôle : âge et Qinv, * corrélations significatives à .05, **corrélations significatives à .01
ms_Réc : morphosyntaxe réceptive, ms_Exp(Rép) : morphosyntaxe expressive en répétition de phrases, ms_Exp(Cpl) : morphosyntaxe expressive en complétion de phrases, lex_Réc : lexique réceptif, lex_Exp : lexique expressif, MPCT : mémoire phonologique à court terme (empan endroit de chiffres), Mdt : score de mémoire de travail (empan envers de chiffres), Statue : score au test de la Statue (inhibition motrice), I.StroopINT_err : indice d'interférence au Stroop Animaux pour les erreurs, I.CockPh10 : indice phonémique d'interférence cocktail avec un RSB de-10dB, TDL : groupe d'enfants avec trouble développemental du langage oral, DT-A : groupe d'enfants avec développement typique apparié en âge, DT-L : groupe d'enfants avec développement typique apparié en langage (compréhension morphosyntaxique).

Tableau 32. Analyses subsidiaires. Coefficients des analyses de régression présentant la contribution des variables indépendantes significatives pour chacune des variables langagières (VD) tous groupes confondus (TDL, DT-L, DT-A) (étude 4).

VD	Prédicteurs	% de VE	B	Ecart standard	Bêta	t	Sig.
ms_Rec (50.1% VE)	(Constante)		36,287	7,157		5,070	,000
	age	17.8	,335	,125	,348	2,678	,010
	Qinv	n.s.	,302	,270	,141	1,121	,268
	Groupe	10.4	-2,637	1,060	-,275	-2,488	,017
	PAIRES	11.4	,786	,236	,371	3,335	,002
ms_Exp(cpl) (72.7% VE)	(Constante)		10,983	3,767		2,915	,006
	age	n	-,016	,062	-,026	-,264	,793
	Qinv	13.5	,291	,132	,205	2,193	,034
	Groupe	43.8	-3,595	,545	-,564	-6,601	,000
	PAIRES	8.9	,423	,116	,301	3,638	,001
ms_Exp(rép) (57.2%VE)	(Constante)		34,508	6,804		5,072	,000
	age	n.s.	-,142.s.	,123	-,131	-1,154	,255
	Qinv	16.4	,529	,279	,221	1,895	,065
	Groupe	43.1	-7,447	1,083	-,692	-6,880	,000
	I.CockPh10	5.4	-12,885	4,219	-,252	-3,054	,004
lex_Réc (42.3%VE)	(Constante)		2,072	15,688		,132	,896
	age	20.2	,811	,249	,439	3,257	,002
	Qinv	n.s.	-,171	,554	-,042	-,308	,759
	Groupe	20.4	-6,202	2,461	-,337	-2,520	,016
	MPCT	5.5	3,938	1,868	,276	2,108	,041
lex_Exp (71.5%VE)	(Constante)		79,075	12,464		6,344	,000
	âge	n.s.	-,101	,216	-,046	-,467	,643
	Qinv	18.8	2,305	,565	,477	4,080	,000
	Groupe	45.5	-14,375	1,817	-,662	-7,910	,000
	RIMES	5.2	-1,672	,517	-,324	-3,236	,002
	PAIRES	3.1	,923	,408	,193	2,263	,029

VD : variables dépendantes, VE : variance expliquée, QInv : raisonnement non verbal,ms_Réc : morphosyntaxe réceptive, ms_Exp(Rép) : morphosyntaxe expressive en répétition de phrases, ms_Exp(Cpl) : morphosyntaxe expressive en complétion de phrases, lex_Réc : lexique réceptif, lex_Exp : lexique expressif, MPCT : mémoire phonologique à court terme (empan endroit de chiffres), Mdt : score de mémoire de travail (empan envers de chiffres), PAIRES : jugement de paires phonologiquement proches, RIMES : jugement de rimes, Statue : score au test de la Statue (inhibition motrice), I.StroopINT_err : indice d'interférence au Stroop Animaux pour les erreurs, I.CockPh10 : indice phonémique d'interférence cocktail avec un RSB de-10dB, Groupe : groupe de langage : TDL : groupe d'enfants avec trouble développemental du langage oral, DT-A : groupe d'enfants avec développement typique apparié en âge, DT-L : groupe d'enfants avec développement typique apparié en langage (compréhension morphosyntaxique).

Liste des principales abréviations

LISTES DES PRINCIPALES ABREVIATIONS par ordre alphabétique
(partie introduction)

DL : dyslexie
DT : développement typique
DT-A : développement typique apparié en âge
DT-L : développement typique apparié en langage
FE : fonctions exécutives
GC : groupe contrôle
HTG : hypothèse théorique générale de la thèse
LAE : langage adressé à l'enfant (« infant directed speech »)
LE : langage écrit
LO : langage oral
Mdt : mémoire de travail
MPCT : mémoire phonologique à court terme
n : nombre
ns : non significatif
QI : Quotient intellectuel
QInv : raisonnement non verbal (intelligence non verbale)
RC : réponses correctes
RSB : ratio signal-bruit
SAS : système attentionnel superviseur/ de supervision
TDL : trouble développemental du langage (oral)
TR : temps de réponse

LISTES DES PRINCIPALES ABREVIATIONS, SYMBOLES ET MESURES par ordre alphabétique

(partie expérimentale)

(* ou **) Significatif,

Cock0 : cible sans bruit interférent,

Cock-10 : cibles présentées avec un bruit parasite avec un RSB de -10dB ;

cock-15 : cibles présentées avec un bruit parasite avec un RSB de -15dB,

D_appgeLE : durée d'apprentissage du langage écrit

D1 : degré scolaire 1 (moyenne section de maternelle/France, 4-5 ans $\approx$ 1^{ère} primaire Harnos/Suisse)

D2 : degré scolaire 2 (grande section de maternelle/France, 5-6 ans $\approx$ 2^{ème} primaire Harnos/Suisse)

DT-A : groupe d'enfants avec développement typique apparié en âge

DT-L : groupe d'enfants avec développement typique apparié en langage (compréhension morphosyntaxique)

é.t. : écart type

Ecart_I.Stroop_Err : écart entre l'indice d'interférence et l'indice de facilitation au Stroop pour les erreurs,

ErrFacStroop : nombre d'erreurs pour le niveau facilitation au Stroop Animaux,

ErrIntStroop : nombre d'erreurs pour le niveau interférent au Stroop Animaux.

ErrNeuStroop : nombre d'erreurs pour le niveau neutre au Stroop Animaux,

FCLO : facteur composite de langage oral (étude 2)

FCLO_4 : facteur composite de langage oral (étude 4)

FCLO_T1 : facteur composite de langage oral en T1 (étude 3)

FCLO_T2 : facteur composite de langage oral en T2 (étude 3A)

HTG : hypothèse théorique générale

H : hypothèse théorique de l'étude

HO : hypothèse opérationnelle

I.CockMot10 : indice d'interférence cocktail pour le mot en globalité avec un RSB de -10dB,

RC_lect irr : nombre de réponses correctes pour la liste de mots irréguliers,

I.CockPh10 : indice phonémique d'interférence cocktail avec un RSB de -10dB,

I.CockPh15 : Indice cocktail phonème avec le RSB -15dB,

I.Stroop_Fac_err : indice de « facilitation » pour les erreurs au Stroop animaux

I.Stroop_Fac_TR : indice de « facilitation » pour les TR au Stroop animaux

I.StroopINT_err : indice d'interférence au Stroop Animaux pour les erreurs

I.StroopINT_TR : indice d'interférence au Stroop Animaux pour les TR

I.StroopInterfG_err : Indice Global d'interférence au Stroop animaux pour les erreurs,

I.StroopInterfG_TR : Indice Global d'interférence Stroop animaux pour les temps de réponse,

lex_Exp : lexique expressif,

lex_Réc : lexique réceptif,

ms_Exp(Cpl) : morphosyntaxe expressive en complétion de phrases,

ms_Exp(Rép) : morphosyntaxe expressive en répétition de phrases,
ms_Réc : morphosyntaxe réceptive,

Mdt : mémoire de travail ou score d'(empan envers de chiffres) pour la partie expérimentation

MPCT : mémoire phonologique à court terme (ou score à l'épreuve d'empan endroit de chiffres pour la partie expérimentation),

n.Err_FacStroop : nombre d'erreurs pour la condition facilitation au Stroop,

n.Err_IntStroop : nombre d'erreurs pour la condition interférente au Stroop,

n.Err_NeuStroop : nombre d'erreurs pour la condition neutre au Stroop,

ns : non significatif,

PAIRES : jugement de paires phonologiquement proches,

QInv : score de raisonnement non verbal,

RC_lect irr : nombre de réponses correctes pour la liste de mots irréguliers,

RC_lect pseudo : nombre de réponses correctes pour la liste de pseudomots,

RC_lect rég : nombre de réponses correctes pour la liste de mots réguliers,

RIMES : jugement de rimes

scCockPh0 : score phonémique pour le niveau sans bruit parasite (0),

scCockPh10 : score phonémique avec RSB à -10dB

scCockPh15 : score phonémique avec le RSB à -15dB,

sczLECT_RC : score-z de précision de lecture,

sczLECT_TR : score-z de vitesse de lecture,

sczMETA : score-z de phonologie (moyenne des épreuves RIMES, PAIRES, empan endroit de chiffres)

Statue : score au test de la Statue (inhibition motrice),

T1 : temps 1 (4-6 ans),

T2 : temps 2 (6-8 ans),

TDL : groupe d'enfants avec trouble développemental du langage oral,

TR_Fac : médiane des temps de réponse pour le niveau facilitation au Stroop,

TR_Interf : médiane des temps de réponse pour le niveau interférent au Stroop,

TR_lect irr : vitesse de lecture (en secondes) pour la liste de mots irréguliers,

TR_lect pseudo : vitesse de lecture (en secondes) pour la liste de pseudomots.

TR_lect rég : vitesse de lecture (en secondes) la liste de mots réguliers,

TR_Neutre : médiane des temps de réponse pour le niveau neutre au Stroop,

VC : variable de contrôle

VD : variable dépendante

VI : variable indépendante

V.E. : variance expliquée

zQInv : score-z raisonnement non verbal