



MEMOIRE présenté pour l'obtention du
CERTIFICAT DE CAPACITE D'ORTHOPHONISTE

Par

FRENAY Charlotte
VIEVILLE Laure

AUTOMATISATION ET APPRENTISSAGE
IMPLICITE CHEZ LES ENFANTS DYSLEXIQUES
Comparaison entre sujets dyslexiques avec et sans trouble
phonologique

Maître de Mémoire

BUSSY Gérald

Membres du Jury

FERROUILLET Maud
LAUNAY Laurence
LEVY-SEBBAG Hagar

Date de Soutenance

03 Juillet 2008

ORGANIGRAMMES

1. Université Claude Bernard Lyon1

Président
Pr. COLLET Lionel

Vice-président CEVU
Pr. SIMON Daniel

Vice-président CA
Pr. LIETO Joseph

Vice-président CS
Pr. MORNEX Jean-François

Secrétaire Général
M. GAY Gilles

1.1. Secteur Santé :

U.F.R. de Médecine Lyon Grange
Blanche
Directeur
Pr. MARTIN Xavier

U.F.R d'Odontologie
Directeur
Pr. ROBIN Olivier

U.F.R de Médecine Lyon R.T.H.
Laennec
Directeur
Pr. COCHAT Pierre

Institut des Sciences Pharmaceutiques
et Biologiques
Directeur
Pr. LOCHER François

U.F.R de Médecine Lyon-Nord
Directeur
Pr. ETIENNE Jérôme

Institut des Sciences et Techniques de
Réadaptation
Directeur
Pr. MATILLON Yves

U.F.R de Médecine Lyon-Sud
Directeur
Pr. GILLY François Noël

Département de Formation et Centre
de Recherche en Biologie Humaine
Directeur
Pr. FARGE Pierre

1.2. Secteur Sciences :

Centre de Recherche
Astronomique de Lyon -
Observatoire de Lyon
Directeur
M. GUIDERDONI Bruno

I.S.F.A. (Institut de Science Financière
et D'assurances)
Directeur
Pr. AUGROS Jean-Claude

U.F.R. Des Sciences et
Techniques des Activités
Physiques et Sportives
Directeur
Pr. COLLIGNON Claude

U.F.R. de Génie Electrique et des
Procédés
Directeur
Pr. CLERC Guy

U.F.R. de Physique
Directeur
Mme FLECK Sonia

U.F.R. de Chimie et Biochimie
Directeur
Pr. PARROT Hélène

U.F.R. de Biologie
Directeur
Pr. PINON Hubert

U.F.R. des Sciences de la Terre
Directeur
Pr. HANTZPERGUE Pierre

I.U.T. A
Directeur
Pr. COULET Christian

IUFM
Directeur
M. BERNARD Régis

I.U.T. B
Directeur
Pr. LAMARTINE Roger

Institut des Sciences et des
Techniques de l'Ingénieur de Lyon
Directeur
Pr. LIETO Joseph

U.F.R. De Mécanique
Directeur
Pr. BEN HADID Hamda

U.F.R. De Mathématiques
Directeur
M. GOLDMAN André

U.F.R. D'informatique
Directeur
Pr. AKKOUCHE Samir

2. Institut Sciences et Techniques de Réadaptation FORMATION ORTHOPHONIE

Directeur ISTR
Pr. MATILLON Yves

Directeur de la formation
Pr. TRUY Eric

Directeur des études
BO Agnès

Directeur de la recherche
Dr. WITKO Agnès

Responsables de la formation clinique
PERDRIX Renaud
MORIN Elodie

Chargée du concours d'entrée
PEILLON Anne

Secrétariat de direction et de scolarité
BADIOU Stéphanie
CLERC Denise

REMERCIEMENTS

Nous remercions notre maître de mémoire, Gérald Bussy, pour sa présence et son exceptionnelle disponibilité tout au long de la conception de ce mémoire. Ses conseils avisés, son suivi méthodologique, et les différents articles scientifiques fournis nous ont été précieux. Merci pour ton investissement !

Merci également à l'équipe de neuropsychologues de l'Hôpital Debrousse (puis HFME), Vania Herbillon et Sonia Krifi-Papoz, qui nous ont aidées pour la constitution de notre population.

Nous tenons aussi à remercier Cécile Daval-Hassler, orthophoniste, pour sa relecture et son apport clinique,

Merci à Caroline Jacquier pour le traitement des données statistiques.

Un merci tout particulier à tous les enfants qui ont participé à notre expérimentation, sans lesquels nous n'aurions pas pu faire grand-chose ! Merci aux enfants, enseignants et directeurs des différents établissements qui nous ont reçues pour les expérimentations : la classe de CM1 de l'Ecole Notre Dame du Point du Jour, à Lyon, la classe de CM2 de l'école Assomption Bellevue de La Mulatière, et les classes de 6^{ème} et 5^{ème} du collège Saint Louis de la Guillotière, à Lyon. Merci aux enfants dyslexiques et à leurs familles d'avoir bien voulu se déplacer à l'hôpital ou de nous avoir reçues chez eux.

Nous remercions tout notre entourage, en particulier les orthopowers et les potos !

SOMMAIRE

ORGANIGRAMMES	2
1. UNIVERSITE CLAUDE BERNARD LYON1	2
2. INSTITUT SCIENCES ET TECHNIQUES DE READAPTATION FORMATION ORTHOPHONIE.....	4
REMERCIEMENTS	5
SOMMAIRE.....	6
INTRODUCTION.....	9
PARTIE THEORIQUE.....	11
I. LA DYSLEXIE	12
II. LES MODELES EXPLIQUANT LES CAUSES DE LA DYSLEXIE	13
III. AUTOMATISATION, APPRENTISSAGE IMPLICITE ET PROCEDURAL	20
IV. DEUX EPREUVES TESTANT L' AUTOMATISATION ET L' APPRENTISSAGE IMPLICITE	23
PROBLEMATIQUE ET HYPOTHESES.....	29
I. PROBLEMATIQUE.....	30
II. HYPOTHESE GENERALE	30
III. HYPOTHESES OPERATIONNELLES DE CHAQUE TACHE.....	30
PARTIE EXPERIMENTALE	32
I. CHOIX DE LA POPULATION	33
II. DESCRIPTION DES EPREUVES	36
III. ANALYSE DES RESULTATS.....	38
PRESENTATION DES RESULTATS.....	39
I. RESULTATS DE LA TACHE DE TEMPS DE REACTION SERIEL (TTRS).....	40
DISCUSSION DES RESULTATS.....	46
I. TACHE DE TEMPS DE REACTION SERIEL	47
II. DENOMINATION RAPIDE AUTOMATISEE.....	54
III. QUELLES CORRELATIONS ENTRE CES DEUX EPREUVES ?	58
CONCLUSION.....	61
BIBLIOGRAPHIE.....	63

ANNEXES	71
ANNEXE I : FICHE DE RENSEIGNEMENTS REMPLIE PAR LES PARENTS DES SUJETS CONTROLES.....	72
ANNEXE II : RESULTATS STATISTIQUES DE LA TTRS	77
ANNEXE III : RESULTATS STATISTIQUES DE LA DRA	88
TABLE DES ILLUSTRATIONS.....	90
1. LISTE DES TABLEAUX	90
2. LISTE DES FIGURES	90
TABLE DES MATIERES	92

INTRODUCTION

Face à l'apprentissage de la lecture, tous les enfants ne sont pas égaux. Quand certains apprennent avec facilité ce nouveau moyen de communication, d'autres manifestent des difficultés, et une certaine lenteur à investir l'écrit. Un certain nombre d'entre eux présentent un trouble spécifique du langage écrit, ce sont les dyslexiques.

De nombreux chercheurs tentent de déterminer quels processus indispensables à la lecture seraient déficitaires chez eux, afin de comprendre les origines de la dyslexie. Parmi les pistes probables, l'importance des capacités d'automatisation et d'apprentissage implicite impliquées lors de l'apprentissage de la lecture (Morais & Alegria, 2001) a été soulevée comme pouvant être une cause de la dyslexie, lorsqu'elles sont déficitaires.

Ainsi, Nicolson et Fawcett ont proposé en 1999, dans le cadre de leur théorie cérébelleuse, l'hypothèse d'un déficit d'automatisation attribuable au cervelet, et suggèrent que les enfants dyslexiques souffrent d'un déficit général pour automatiser tous les traitements, dont la lecture, l'orthographe et les compétences phonologiques.

Cependant, ces auteurs se placent dans le courant unitaire, qui attribue à la dyslexie un seul trouble cognitif sous-jacent : le trouble phonologique. Or, si cette théorie cérébelleuse est avérée, elle ne peut pas expliquer la dyslexie de surface décrite dans le courant pluraliste, puisque celle-ci n'est pas due à un trouble phonologique mais à un trouble visuo-attentionnel (Valdois & al., 2003).

Existe-t-il alors une différence d'utilisation ou de fonctionnement des capacités d'automatisation et d'apprentissage implicite entre les dyslexiques phonologiques, qui ont donc un trouble phonologique, et les dyslexiques de surface, qui n'ont pas de trouble phonologique (Valdois & al., 2003) ?

Nous testerons donc ces capacités en nous plaçant dans le courant pluraliste, largement reconnu aujourd'hui, ce qui nous permettra à la fois de vérifier l'existence d'un déficit cérébelleux chez des enfants dyslexiques de surface, mais aussi de participer au débat entre conception pluraliste versus unitaire de l'origine de la dyslexie développementale.

Nous reviendrons sur la dyslexie et les différentes théories explicatives, en particulier celle de Nicolson et Fawcett, ainsi que sur le rôle de l'automatisation et de l'apprentissage implicite lors de la lecture. Notre expérimentation constituée d'une Tâche de Temps de Réaction Sériel et d'une tâche de Dénomination Rapide Automatisée, testant toutes deux

les capacités d'automatisation, tentera de mettre en évidence des différences entre les deux groupes de dyslexiques. Les résultats obtenus donneront alors lieu à une analyse qualitative et quantitative suivie d'une discussion sur la validité de la théorie cérébelleuse, menant à des pistes cliniques.

Chapitre I
PARTIE THEORIQUE

I. LA DYSLEXIE

1. Définition de la dyslexie développementale

L'Organisation Mondiale de la Santé (2001) reconnaît qu'environ 4% des enfants normalement scolarisés présentent un trouble spécifique les empêchant d'acquérir les mécanismes de déchiffrement nécessaires à la lecture. Ce sont les enfants dyslexiques. Cette fréquence est stable et atteint toutes les populations de la même manière, avec cependant un sex-ratio de 3 à 4 garçons pour une fille. La dyslexie est actuellement reconnue comme faisant partie des Troubles Spécifiques des Apprentissages (TSA). Selon l'American Psychiatric Association (2000), le diagnostic d'un TSA est porté lorsque les performances du sujet à des tests standardisés, passés de façon individuelle, portant sur un apprentissage spécifique, sont nettement en dessous du niveau escompté, compte tenu de son âge, de son niveau scolaire et de son niveau intellectuel. Ces problèmes interfèrent significativement avec la réussite scolaire ou les activités de la vie courante qui nécessitent ces compétences (American Psychiatric Association, 2000). Valdois (2000) définit la dyslexie comme un trouble de l'identification des mots écrits provenant d'une incapacité à acquérir certaines aptitudes cognitives propres à l'activité de lecture. Le diagnostic se fait sur la base de critères d'exclusion, définis dans le DSM-IV (American Psychiatric Association, 2000) : l'absence de déficit intellectuel, de trouble sensoriel, de pathologie neurologique, et de trouble psychologique primaire ou psychiatrique. Par ailleurs, ces enfants doivent avoir une scolarisation régulière et adéquate, et être issus d'un milieu socio-culturel normalement stimulant. L'absence de carence affective ou éducative doit être démontrée. De plus, des critères d'inclusion sont admis pour effectuer le diagnostic : un retard lexique supérieur à 18 mois par rapport à l'âge réel, un retentissement scolaire très important et le caractère significatif et durable du trouble. Une dysorthographe est très fréquemment diagnostiquée en plus de la dyslexie (American Psychiatric Association, 2000).

2. Les sous-types de dyslexies développementales

Le courant neuropsychologique étudie les fonctions mentales supérieures aux niveaux biologique, cognitif et comportemental. Le modèle à double voie (figure 1) décrit par Marshall et Newcombe en 1973 différencie au niveau comportemental la dyslexie phonologique et la dyslexie de surface. La nature des erreurs réalisées permet d'identifier

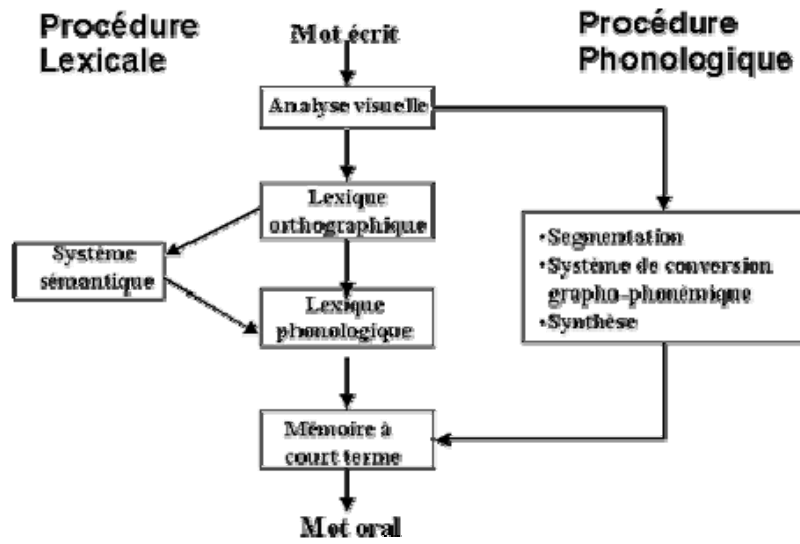


Figure 1 : Schéma du modèle à double voie de Marshall et Newcombe (1973) repris par Valdois et Bosse (2001)

la voie altérée et la forme de dyslexie. Les enfants souffrant d'une dyslexie de type phonologique ne parviennent pas à maîtriser les règles de conversion graphèmes-phonèmes, ce qui conduit principalement à des erreurs de lexicalisation. La lecture de non-mots est donc très altérée. Cette difficulté traduit un déficit de la voie phonologique, alors que la voie lexicale est préservée (Valdois, 2000). Les enfants présentant une dyslexie de surface ont des difficultés pour reconnaître les mots irréguliers, ce qui engendre des erreurs de régularisation. La voie lexicale est atteinte alors que la voie phonologique est relativement préservée, ce qui permet à ces enfants de lire les mots réguliers, les pseudo-mots et les non-mots (Valdois, 2000). Cependant, les frontières entre les deux types de dyslexies demeurent floues, car certains enfants ne peuvent utiliser ni la voie d'assemblage, ni la voie d'adressage (Valdois, 2000). Il s'agit alors de ce que l'on appelle la dyslexie mixte. Ceci pourrait nuancer l'indépendance et la dichotomie attribuées aux deux voies de lecture.

2.1. Troubles cognitifs sous-jacents : source de débat

Actuellement, sur le plan cognitif, la distinction entre les deux formes de dyslexie ne fait pas l'unanimité. Deux courants s'opposent quant à la nature du trouble cognitif sous-jacent. Le courant unitaire attribue à la dyslexie un seul trouble cognitif sous-jacent : le trouble phonologique (e.g., Ramus, 2002). Le courant pluraliste, lui, met l'accent sur la spécificité du trouble sous-jacent en fonction de la forme de dyslexie : un trouble phonologique serait responsable de la dyslexie phonologique, et un trouble visuo-attentionnel engendrerait la dyslexie de surface. Si les deux troubles sont présents, on parle de dyslexie mixte. Ce courant s'appuie sur plusieurs travaux qui ont révélé l'absence de trouble phonologique chez certains dyslexiques (Bosse, Tainturier et Valdois, 2007 ; Valdois et al. 2003).

II. LES MODELES EXPLIQUANT LES CAUSES DE LA DYSLEXIE

Les chercheurs tentent de trouver quels mécanismes cognitifs sont responsables des dyslexies développementales. Selon le courant unitaire, le déficit pourrait être de nature phonologique, visuel, auditif ou cérébelleux. L'hypothèse d'un déficit visuo-attentionnel s'inscrit quant à elle dans le courant pluraliste.

1. Les approches unitaires

1.1. L'hypothèse phonologique

Au cours des vingt-cinq dernières années, la théorie phonologique s'est imposée comme la théorie classique de la dyslexie (Ramus, 2002). En effet, il a été démontré qu'une majeure partie des déficits de la lecture pourrait s'expliquer par un déficit de traitement phonologique (e.g., Inseam, 2007) qui implique des difficultés dans les tâches mettant en œuvre la phonologie, en particulier les tâches métaphonologiques. Il existerait une relation réciproque entre le rôle de la conscience phonologique et l'acquisition de la lecture. Un entraînement métaphonologique effectué chez des enfants d'âge pré-scolaire aurait un effet d'amélioration des capacités ultérieures de lecture (Lundberg, Frost, & Petersen, 1988, cités par Habib, 2000), et réciproquement, l'acquisition progressive de la lecture améliorerait les habiletés phonologiques. De plus, elles sont reconnues comme étant prédictives des futures compétences en lecture (e.g., Bradley et Bryant, 1983).

1.2. L'hypothèse visuelle ou magnocellulaire

Selon la théorie visuelle, qui existe depuis autant de temps que l'hypothèse phonologique, le système magnocellulaire serait altéré chez les enfants atteints de dyslexie. Sur le plan morphologique, il a été constaté sur des cerveaux post-mortem de dyslexiques, des anomalies neuroanatomiques du corps genouillé latéral qui concerneraient spécifiquement la partie magnocellulaire du noyau (Galaburda et Livingstone, 1993). En effet, la caractéristique de ce système est de répondre spécifiquement aux stimuli brefs et aux changements rapides (Habib, 2002). La lecture, composée de successions rapides de stimuli brefs, dépendrait donc en grande partie du système magnocellulaire. Un dysfonctionnement engendrerait alors un brouillage lors de la lecture qui compromettrait la reconnaissance des lettres et des mots (Lovegrove et al., 1990).

1.3. L'hypothèse d'un déficit du traitement temporel rapide

L'hypothèse d'un déficit du traitement temporel rapide est centrée sur un déficit perceptif de type auditif observé chez les dyslexiques, et repose sur l'observation d'anomalies de cellules (Galaburda, Menard & Rosen, 1994, cités par Habib, 2002). Cela affecterait la perception des sons brefs et des transitions rapides (Tallal, 1980), à la fois verbaux et non-verbaux. Or, la discrimination des phonèmes, et en particulier des consonnes,

requiert une analyse précise des fréquences sur de très courtes durées (< 40 millisecondes). Elle joue donc un rôle crucial dans la parole car elle permet de différencier des phonèmes (par exemple ([b] et [d]) et par conséquent de construire de bonnes représentations phonologiques, nécessaires à l'apprentissage de la lecture.

1.4. L'hypothèse cérébelleuse

L'hypothèse cérébelleuse, sur laquelle s'appuie notre étude, a été présentée par Nicolson et Fawcett en 1999. Ils proposent l'hypothèse que les dyslexiques auraient un déficit de l'automatisation des procédures cognitives et motrices, dû à un dysfonctionnement du cervelet. C'est cela qui les empêcherait de devenir des lecteurs experts.

1.4.1. Les fonctions du cervelet

Le cervelet est la structure cérébrale clé de cette théorie. Il est subdivisé en deux hémisphères et une structure médiane appelée vermis et assure, dans son ensemble, des fonctions précises, motrices et cognitives. Cette structure cérébelleuse est une aire motrice spécialisée dans la prise en charge des mouvements volontaires automatisés, et, selon Leiner, Leiner et Dow (1993) qui ont mis en évidence un lien entre le cervelet et l'aire de Broca, elle joue également un rôle crucial dans les habiletés cognitives liées au langage. Différentes études utilisant la neuroimagerie fonctionnelle ont montré une activation cérébelleuse lors de traitements engagés dans l'activité de lecture, tels que l'attention visuelle et la mémoire de travail (Schmahmann & al., 1999). D'autres recherches utilisant des tests psychométriques chez des patients cérébelleux ont révélé des troubles dans l'organisation visuo-spatiale, l'apprentissage procédural, la vitesse de traitement de l'information et le déplacement de l'attention (Schmahmann, 1997), également impliqués lors de la lecture. Fulbright et al. (1999) ont décrit l'importance du cervelet lors de la lecture en prouvant sur 42 adultes sains qu'il existait une activation cérébelleuse dans des tâches phonologiques mais aussi dans des tâches impliquant des processus sémantiques. Cela a permis de conclure que le cervelet intervient dans tous les processus cognitifs de la lecture (e.g. Thach, 1996). A partir de ces observations et de leurs propres recherches, Nicolson et Fawcett (1999) ont proposé d'expliquer la dyslexie dans le cadre d'un déficit plus large : le déficit cérébelleux.

1.4.2. La théorie cérébelleuse de la dyslexie

Les études de Nicolson et Fawcett depuis 1994 ont révélé des troubles sévères et persistants chez les dyslexiques : un déficit phonologique, un ralentissement de la vitesse de traitement, des troubles de la mémoire de travail, un déficit des activités motrices, et surtout un déficit de l'automatisation des processus moteurs et/ou cognitifs. Or, l'automatisation, gérée par le cervelet (Doyon et al., 1998), est nécessaire pour devenir lecteur expert (Alegria & Morais, 2001). Ceci amène les auteurs à conclure que la structure responsable de la pathologie est le cervelet, puisque la dyslexie est due à un déficit d'acquisition et d'automatisation de nouvelles procédures cognitives (Nicolson & Fawcett, 1999).

Finch, Nicolson & Fawcett (2002) ont observé des différences anatomiques significatives au niveau de la taille des cellules cérébelleuses entre les cerveaux d'adultes dyslexiques et d'adultes normo-lecteurs. Ces chercheurs ont montré que, chez les sujets dyslexiques, certaines cellules cérébelleuses avaient un diamètre supérieur ou inférieur à celles des sujets contrôles. Au niveau fonctionnel, l'expérience de Nicolson, Fawcett, Berry et al. (1999) a enregistré une hypoactivation cérébelleuse chez des adultes dyslexiques lors de tâches motrices impliquant l'apprentissage de séries de mouvements de doigts, apprises avant puis pendant le PET-scan. Leur activation est significativement plus lente que les normo-lecteurs dans le cortex cérébelleux droit et le gyrus cingulaire gauche pour la séquence pré-apprise, et dans le cortex cérébelleux droit pendant l'apprentissage de la nouvelle séquence. Cette étude fournit des preuves directes d'une anomalie cérébelleuse pendant une tâche motrice chez ces dyslexiques, lors de l'exécution de compétences déjà apprises et de la construction de nouvelles compétences, ce qui correspond aux deux principales fonctions du cervelet. Au niveau comportemental, les auteurs de cette théorie ont testé les fonctions cérébelleuses d'enfants dyslexiques et les ont comparées avec celles d'enfants normo-lecteurs. Les données recueillies montrent un déficit significatif des aptitudes des dyslexiques dans plusieurs tâches : estimation du temps (Nicolson, Fawcett & Dean, 1995), coordination motrice, équilibre, tonus musculaire (Fawcett & Nicolson, 1999 ; Fawcett, Nicolson & Dean, 1996). Il a également été démontré des difficultés dans des Tâches de Temps de Réaction Sériel (Howard, Howard, Japikse & Eden, 2005 ; Stoodley, Harrison & Stein, 2005 ; Vicari & al., 2005) et une lenteur de la vitesse de traitement, attestée par un déficit dans le test de Dénomination Rapide Automatisée signant un trouble de l'automatisation (Fawcett & Nicolson, 1994a). Au niveau cognitif, cette hypothèse tente d'expliquer les déficits de la conscience phonologique et de l'automatisation par des altérations cérébelleuses. Elle justifie

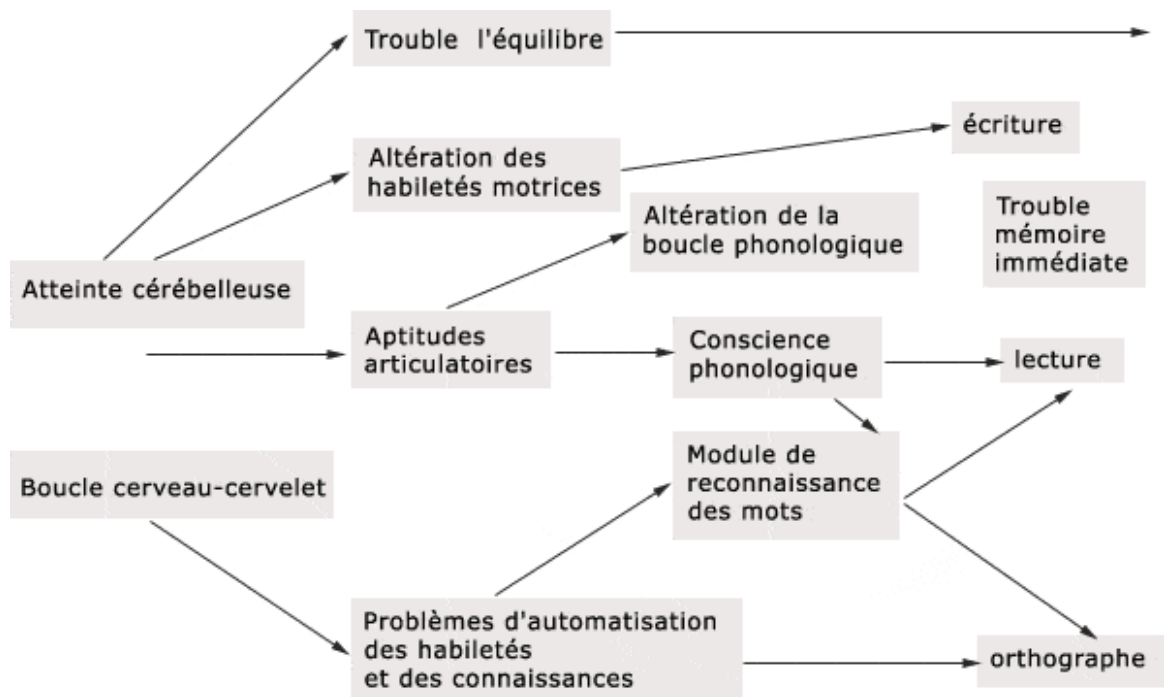


Figure 2 : Schéma explicatif des différents symptômes dans la théorie motrice de la dyslexie : la dysfonction cérébelleuse est au centre du modèle (Nicolson et al., 2001). Tiré de Habib (2002)

également les difficultés constatées chez les dyslexiques en Dénomination Rapide Automatisée (Denckla & Rudel, 1976), par le rôle crucial du cervelet dans la parole et les processus de rapidité. Elle permet aussi d'expliquer les troubles associés tels que les problèmes d'équilibre, la dysgraphie et les troubles de la mémoire immédiate.

Nicolson, Fawcett et Dean (2001a) présentent l'hypothèse d'une chaîne causale afin d'établir des liens directs ou indirects entre les troubles cérébelleux et les difficultés de lecture, d'orthographe et d'écriture, les trois troubles caractéristiques les plus fréquemment rencontrés dans la dyslexie (figure 2). Le trouble cérébelleux retarderait l'acquisition des capacités motrices dont l'articulation en partie à cause de troubles de l'automatisation. Or, de bonnes capacités articulatoires précoces jouent un rôle primordial dans l'acquisition de la langue (Ivry et Justus, 2001 ; Nicolson et al., 2001a) et permettent la construction des habiletés phonologiques (Alegria & Morais, 2001). En effet, une mauvaise fluidité dans l'enchaînement des schèmes articulatoires entraîne une surcharge cognitive pour traiter le feedback sensoriel, altère la mémoire phonologique à court terme et ne permet pas à l'enfant de construire une bonne conscience phonologique. Une étude effectuée par Griffiths et Frith en 2002 a appuyé cette hypothèse en démontrant, dans une tâche d'appariement de schémas dento-linguaux à des phonèmes correspondants, que des adultes dyslexiques avaient des difficultés significatives de conscience articulatoire, comparativement aux normo-lecteurs. En 2003, Lalain et al. ont démontré chez des enfants une corrélation entre ces anomalies articulatoires et les déficits phonologiques. L'atteinte cérébelleuse engendrerait également des problèmes d'automatisation des habiletés et des connaissances qui empêcheraient la reconnaissance automatique des mots et nuiraient à la fluidité de la lecture. Le trouble orthographique observé dans la dyslexie serait également dû, selon Nicolson et al. (2001a), aux troubles d'automatisation et de conscience phonologique. L'écriture, quant à elle, est une activité motrice qui nécessite l'implication du cervelet. Un dysfonctionnement de cette structure altérerait les capacités graphiques et mènerait à une écriture souvent jugée non harmonieuse.

Nicolson et Fawcett (1999) signalent que leur théorie est donc compatible avec la théorie phonologique, puisque le déficit cérébelleux entrainerait le trouble phonologique, ainsi qu'avec la théorie magnocellulaire puisque les cellules visuelles magnocellulaires déficitaires se projettent jusqu'au cervelet, qui pourrait alors être responsable du dysfonctionnement magnocellulaire.

1.4.3. Critiques de l'hypothèse du déficit cérébelleux

Depuis la naissance de la théorie cérébelleuse, nombre d'auteurs ont tenté d'éprouver cette hypothèse, et leurs recherches ont mené à la contestation d'un ou plusieurs points du modèle. Une étude de Ramus et al. en 2003 a évalué la théorie phonologique, la théorie magnocellulaire et la théorie cérébelleuse. Une batterie complète a été élaborée dans cet objectif et testée sur 32 étudiants dont 16 dyslexiques et 16 sujets contrôles. Les résultats ont révélé que tous les dyslexiques souffraient d'un déficit phonologique, que dix d'entre eux souffraient d'un déficit auditif, quatre d'un déficit moteur (lié à une lésion du cervelet), et deux d'un déficit visuel magnocellulaire. Le trouble phonologique serait donc la cause principale de la dyslexie, et les difficultés motrices, visuelles et auditives seraient de simples désordres sensoriels et moteurs additionnels chez certains individus. Dans cette même optique, Ivry et Justus (2001) rejettent l'idée présentée par Nicolson et al. (2001a) selon laquelle le déficit en dénomination rapide des dyslexiques serait dû à un trouble des capacités motrices d'articulation et à un trouble d'automatisation. Ils proposent au contraire d'attribuer le trouble de dénomination rapide et le métabolisme anormal du cervelet des dyslexiques à un système phonologique défectueux. Ils avancent également l'argument selon lequel les sujets avec lésion du cervelet ne développent pas systématiquement de dyslexie acquise. Ce point a été approfondi par Zeffiro et Eden (2001), qui constatent que les patients adultes ayant des lésions du cervelet ont une symptomatologie bien spécifique composée de quatre principaux troubles : hypotonie, asthénie et fatigabilité, désordre des mouvements volontaires et désordre des mouvements associés. Il leur semble donc étrange que les individus présentant une dyslexie développementale ne montrent pas tous ces signes cliniques du syndrome cérébelleux. A l'inverse, ils se demandent pourquoi les patients ayant une atteinte cérébelleuse n'ont pas de trouble de la lecture et des processus phonologiques. Il serait, selon eux, plus adéquat d'expliquer la dyslexie par un dysfonctionnement d'une autre région du cerveau qui influencerait les traitements cérébelleux via les chaînes cérébro-cérébelleuses. D'autres études ont analysé la théorie à un niveau plus anatomique, en particulier Alan Beaton, en 2002, qui se déclare sceptique face à l'étude de Finch et al. (2002) qui met en évidence des anomalies dans le cervelet des sujets dyslexiques. L'auteur considère que les cerveaux examinés dans cette étude ne sont pas représentatifs de ceux des sujets dyslexiques, puisque deux d'entre eux ont été prélevés sur un gaucher et un ambidextre. De plus, Beaton critique leur non respect de l'appariement de l'âge des sujets. Bishop (2002) rappelle que le cervelet peut se modifier en fonction des influences des déficits comportementaux et cognitifs grâce à sa plasticité et observe en parallèle que les enfants

avec des problèmes de langage écrit écrivent plus lentement et sont moins habiles pour tenir leur stylo que ceux qui n'en ont pas. Les différences morphologiques du cervelet entre dyslexiques et contrôles pourraient donc, selon lui, être la conséquence et non la cause des troubles dyslexiques. Le déficit d'automatisation des dyslexiques énoncé par les auteurs de la théorie cérébelleuse a été remis en cause par Rüsseler, Gerth et Münte (2006), à l'aide d'une Tâche de Temps de Réaction Sériel (TTRS) et d'une tâche d'apprentissage de grammaires artificielles, qui ont montré que les adultes dyslexiques ont un apprentissage implicite intact et donc de bonnes capacités d'automatisation. De leur côté, Kelly, Griffiths et Frith ont évalué en 2002 le traitement automatique de l'apprentissage procédural chez des adultes dyslexiques et contrôles dans une TTRS. L'analyse des résultats a montré qu'il y a eu un apprentissage pour tous, sans différence significative entre les deux groupes. L'hypothèse de Nicolson et Fawcett (1999), basée sur un déficit du traitement automatique de l'apprentissage, a donc été réfutée dans cette étude. Enfin, très récemment, Reid et al. (2007) ont conclu que la théorie visuelle magnocellulaire et la théorie cérébelleuse ne sont ni nécessaires ni suffisantes pour expliquer les difficultés d'alphabétisation puisqu'on retrouve des déficits magnocellulaires et cérébelleux chez des individus normaux.

Face à certaines de ces critiques, Nicolson, Fawcett et Dean (2001b) ont souhaité éclaircir quelques points controversés. Selon ces auteurs, il est évident que les enfants dyslexiques ne présentent pas les mêmes symptômes que les adultes souffrant d'une lésion cérébelleuse acquise puisqu'ils ont pu mettre en place une adaptation lors du développement qui leur permet de minimiser ces manifestations. De plus, en réponse à la critique concernant l'absence de trouble de la lecture chez les patients cérébelleux, Nicolson et al. (2001b) expliquent que le cervelet sert à mettre en place les aptitudes phonologiques pendant le développement mais, qu'une fois bien établies, elles sont accessibles sans l'aide du cervelet. Au niveau anatomique, ils reconnaissent qu'ils ne peuvent écarter la possibilité d'anomalies localisées dans d'autres régions du cerveau, bien que le cervelet reste « *the prime suspect* » (Nicolson & al., 2001b, p. 516).

2. L'hypothèse visuo-attentionnelle : une approche pluraliste

L'hypothèse visuo-attentionnelle se base sur le modèle connexionniste ACV98 (Ans, Carbonnel & Valdois, 1998). Celui-ci décrit les procédures de lecture possibles, soit analytique quand l'attention se porte sur la première partie du mot puis se déplace vers la

droite, soit lexicale lorsque l'attention se porte sur l'ensemble des lettres du mot, ce qui permet au lecteur expert de lire un mot vu pendant un temps très bref. Un déficit des capacités visuo-attentionnelles entraînerait des troubles de l'attention sélective, avec des difficultés d'orientation et de focalisation, et une distribution anormale de l'attention de part et d'autre du point de fixation (Facoetti, Paganoni, & Lorusso, 2000). Selon l'hypothèse visuo-attentionnelle, certains sujets dyslexiques auraient une vision parafovéale anormale et une difficulté à inhiber les détails d'un objet, au détriment du traitement de sa forme globale (Bedoin, Lévy-Sebbag, & Kéïta, 2005 ; Kéïta, Bedoin, Mérigot, & Herbillon, 2005), ce qui les empêcherait de se focaliser sur l'information pertinente. La principale conséquence serait la réduction de la fenêtre attentionnelle, entraînant une procédure de lecture analytique, bien moins efficace et rapide que la procédure lexicale. En 2007, Bosse, Tainturier et Valdois ont confirmé qu'un trouble de l'empan visuo-attentionnel peut engendrer une dyslexie de surface. Ils ont mesuré celui-ci à l'aide de la tâche de report global Bar Probe (Averbach & Sperling, 1968) qui permet de calculer la quantité d'informations visuelles prises en compte lorsque l'on présente au sujet des cibles simultanées. Les résultats montrent que deux types de troubles sous-jacents, phonologique et visuo-attentionnel, correspondent à deux types de dyslexies développementales. Cette hypothèse s'appuie également sur le fait que les capacités visuo-attentionnelles sont très liées aux performances en lecture (Casco, Tressoldi et Dellantino, 1998). De plus, l'étude de cas de Valdois et Launay (1999) a prouvé l'efficacité d'une rééducation visuo-attentionnelle sur les performances en lecture d'un enfant dyslexique de surface.

III. AUTOMATISATION, APPRENTISSAGE IMPLICITE ET PROCEDURAL

1. Définitions

L'automatisation est le processus par lequel les aptitudes deviennent de plus en plus fluides et aisées. Les traitements automatiques n'ont pas de limitation de capacité, et sont difficilement modifiables une fois appris (Meulemans, 1998). Selon Nicolson et Fawcett (1999), ils s'acquièrent grâce à un entraînement approprié qui permet au sujet de produire de moins en moins d'efforts, et ne rend plus nécessaire le besoin d'un contrôle attentionnel. Par exemple, lors de la lecture, l'automatisation diminue le coût cognitif et augmente la rapidité des processus.

L'apprentissage implicite est souvent défini comme un mode d'adaptation progressif de l'individu à la structure de l'environnement avec lequel il interagit et auquel il est sensible. Ce processus fonctionne sans que l'individu n'ait une connaissance explicite de cette structure et sans l'intervention d'une méthode d'instruction. L'apprentissage se fait donc à l'insu du sujet et la connaissance acquise est difficilement accessible à la conscience ou exprimable verbalement. Les aptitudes sont acquises de façon naturelle, spontanée, sans effort ni intention particulière de la part de l'apprenant (Gombert, 2005; Pacton et Perruchet, 2006). Selon Meulemans (1998) l'apprentissage implicite serait un processus précoce sur le plan développemental, et il résisterait aux effets de l'âge. Stoodley, Harrison et Stein (2005) font remarquer que bien que les tâches d'apprentissage implicite n'exigent pas de mémoire consciente des événements, les performances des sujets montrent pourtant l'acquisition d'expérience pendant la tâche. Ce mode d'apprentissage est opposé à l'apprentissage explicite qui serait alors celui pour lequel le mode d'introduction des connaissances est planifié, intentionnel, et demanderait un effort attentionnel orienté. Cependant, le traitement attentionnel de l'information est nécessaire à l'apprentissage implicite puisque l'ajout d'une tâche qui requiert de l'attention diminue les capacités d'apprentissage (Stadler, 1995). Pacton et Perruchet (2006) précisent qu'il est donc possible d'apprendre sans en avoir l'intention mais non sans attention, et qu'il y aurait des différences interindividuelles dans les capacités d'apprentissage implicite, liées aux capacités attentionnelles des sujets. Selon Tulving (1995), l'apprentissage implicite pourrait être le système de mémoire procédurale qui intervient dans l'acquisition des habiletés perceptivo-motrices et cognitives. Cette définition montre que les frontières entre l'apprentissage implicite et l'apprentissage procédural sont floues et que les deux sont imbriqués. Ainsi, nous parlerons d'apprentissage procédural ayant lieu de façon implicite, exprimant ainsi que le sujet acquiert une habileté procédurale sans en avoir conscience.

Le lien que nous ferons entre les capacités d'automatisation, les capacités d'apprentissage implicite et l'apprentissage explicite est celui énoncé par Gombert (2005) : il explique que les apprentissages implicites sont responsables des automatismes de lecture et que les connaissances explicites sont indispensables au déploiement de ces apprentissages. De mauvaises capacités d'apprentissage implicite impliqueraient donc des difficultés d'automatisation.

2. Rôle de l'automatisation et de l'apprentissage implicite lors de l'acquisition du langage écrit

Lors de l'apprentissage de la lecture, les capacités d'automatisation et d'apprentissage procédural implicite sont indispensables (Alegria & Morais, 2001) car certaines compétences doivent être acquises et automatisées pour devenir un lecteur expert, telles que les capacités motrices d'articulation, les capacités auditives, le traitement des mouvements des yeux et la reconnaissance des lettres, qui doivent interagir et qu'il faut coordonner rapidement pour lire (Nicolson & Fawcett, 1999). Il ne suffit donc pas d'acquérir des compétences, mais il faut également les automatiser pour maîtriser la lecture. Ainsi, l'acquisition de la procédure de décodage graphophonétique suppose diverses phases (Estienne, 1999), dont celle de l'automatisation du décodage qui doit préparer l'accès à une reconnaissance dite orthographique. Alegria et Morais (2001) font remarquer que sans cela le lecteur débutant reste au stade du déchiffrage qui exige une attention soutenue et intentionnelle de la part du lecteur, ce qui peut altérer la compréhension du texte par surcharge cognitive. Nous remarquons donc que les deux procédures utilisées dans l'acte de lire (adressage et assemblage) sont activées automatiquement selon l'habileté du lecteur et la difficulté des mots à lire. Semrud-Clikeman, Guy, Griffin et Hynd (2000) soulignent également que l'automatisation des capacités de dénomination semble être fondamentale à la procédure de lecture, tant pour l'identification, l'accès aux mots et la compréhension. L'incapacité à automatiser la dénomination aurait un impact négatif sur l'habileté des enfants à encoder rapidement le mot, et rendrait difficile le traitement en mémoire de travail nécessaire au déchiffrage de certains mots, normalement déjà automatisés.

Lors de l'acquisition de la lecture et de l'orthographe, Gombert (2005) différencie et articule deux sortes d'apprentissages : les apprentissages explicites et les apprentissages implicites. Ces derniers seraient régis par un contrôle cognitif opéré par les organisations linguistiques existant en mémoire qui permettrait une habitude implicite aux régularités. Ces apprentissages se développeraient dès que l'attention de l'enfant se porte sur le langage écrit, et ce jusqu'à l'âge adulte. Concrètement, Pacton & Perruchet (2006) ont élaboré une expérience qui consiste à choisir entre deux pseudo-mots (e.g. *fomirr* / *fommir*) celui qui correspond le plus à ce qu'on trouve fréquemment en français. Ils ont observé que l'élève possède dès le CP des connaissances orthographiques que personne

ne lui a enseignées, qu'il a acquises par apprentissage implicite. Ils ont également remarqué que les élèves de primaire s'aident du contexte et font des associations très locales pour connaître la classe syntaxique d'un mot, sans posséder explicitement la connaissance abstraite correspondante. Le lecteur construit en parallèle, progressivement, un ensemble de connaissances explicites qu'il peut utiliser intentionnellement pour compléter ou contrôler le produit des traitements automatiques (Gombert, 2005).

L'importance des processus d'automatisation et d'apprentissage implicite lors de la lecture montre donc une très probable implication dans les troubles des apprentissages, lorsqu'ils sont déficitaires. Un certain nombre d'auteurs les ont analysés pour tenter d'interpréter les troubles observés dans la dyslexie, en particulier Nicolson et Fawcett (1999) qui en ont fait la base de leur théorie explicative de la dyslexie.

IV. DEUX EPREUVES TESTANT L'AUTOMATISATION ET L'APPRENTISSAGE IMPLICITE

1. La Tâche de Temps de Réaction Sériel (TTRS)

1.1. Que teste la TTRS ? Ses liens avec l'automatisation et l'apprentissage procédural implicite

Pour pallier leur déficit d'automatisation, les enfants dyslexiques peuvent utiliser des stratégies de compensation conscientes. Afin de tester leurs capacités d'automatisation, il est donc important que l'apprentissage ait lieu à l'insu du sujet. La TTRS est une tâche largement adaptée et utilisée pour rendre compte d'un véritable apprentissage procédural implicite. Nissen et Bullemer (1987) ont été parmi les premiers à l'utiliser avec des patients amnésiques afin de rendre compte de l'indépendance de l'apprentissage procédural et de l'apprentissage déclaratif. Certains s'en sont également servi pour étudier les différentes structures impliquées dans l'apprentissage procédural implicite, dont le cervelet (Strangman, Heindel, Anderson & Sutton, 2005). Cette tâche consiste en général à produire un geste en réponse à un stimulus précis (i.e. appuyer sur la touche S du clavier lorsque l'image apparaît à gauche). A chaque stimulus correspond une seule réponse motrice. La tâche contient plusieurs groupes de stimuli, dits blocs, qui peuvent être aléatoires (les stimuli sont présentés au hasard) ou séquentiels (une séquence de stimuli est prédéfinie avec un nombre arrêté d'items). L'hypothèse généralement émise est que si les sujets apprennent la séquence, alors leur temps de réaction moyen s'améliore et baisse

au fur et à mesure des blocs séquentiels, tandis qu'il stagne voire augmente à nouveau lors des blocs aléatoires. Ainsi, si le temps de réaction baisse significativement entre le dernier bloc aléatoire et le dernier bloc séquentiel, cela confirme la présence d'un apprentissage implicite et l'automatisation de la séquence. A la fin de la TTRS, il est demandé aux participants s'ils ont remarqué un pattern de présentation des stimuli ainsi que l'ordre des items de la séquence. Le but de ces questions est de vérifier si les sujets ont acquis une connaissance explicite de la séquence présentée.

1.2. Les capacités des enfants et des adultes dyslexiques dans cette tâche : études réalisées

Un grand nombre d'auteurs ont utilisé la TTRS lors de recherches sur la dyslexie (Howard, Howard, Japikse & Eden, 2006 ; Kelly, Griffiths & Frith, 2002 ; Roodenrys & Dunn, 2008 ; Rüsseler, Gerth et Münte, 2006 ; Stoodley, Harrison & Stein, 2005 ; Vicari, Marotta, Menghini, Molinari & Petrosini, 2003). Parmi eux, seuls Vicari et al.(2003) et très récemment Roodenrys et Dunn (2008) ont testé l'apprentissage implicite d'enfants dyslexiques, les autres ayant tous testé des adultes. Vicari et al. ont effectué une étude sur un groupe de 18 enfants dyslexiques, et ont comparé leurs résultats à ceux de 18 enfants normo-lecteurs. Les données recueillies montrent que le temps de réaction des enfants normo-lecteurs a significativement baissé entre le premier et le dernier bloc séquentiel, alors que celui des enfants dyslexiques a légèrement augmenté indiquant l'absence de tout apprentissage. Aucun enfant n'a cependant remarqué de profil de présentation particulier et n'a été capable d'évoquer les événements de la séquence. Après avoir demandé à tous les enfants d'apprendre la séquence afin de vérifier l'impact de l'apprentissage explicite, l'analyse n'a montré aucune différence entre les deux groupes, prouvant ainsi que, lorsque la séquence est explicite, les enfants dyslexiques apprennent aussi bien que les enfants normo-lecteurs. Roodenrys et Dunn (2008) ont, quant à eux, testé 23 enfants dyslexiques et 37 normo-lecteurs. Leurs résultats montrent que, malgré des réponses généralement plus lentes chez les dyslexiques, tous les enfants ont été capables d'apprendre implicitement. Les autres études, impliquant des adultes dyslexiques, montrent des résultats hétérogènes. Stoodley, Harrison et Stein ainsi que Howard, Howard, Japikse et Eden ont démontré qu'il existait un déficit d'apprentissage implicite chez les dyslexiques, alors que Kelly, Griffiths & Frith, et récemment Rüsseler, Gerth et Münte, ont trouvé par leurs résultats une absence de déficit. En conclusion, un certain nombre de recherches suspectent un déficit d'apprentissage implicite et d'automatisation chez les participants atteints de dyslexie. Nous utiliserons également une TTRS dans

notre protocole, couplée à une autre tâche testant l'automatisation : la Dénomination Rapide Automatisée.

2. La Dénomination Rapide Automatisée (DRA)

2.1. Que teste la DRA ?

La dénomination représente la capacité à évoquer au moment voulu le mot correspondant à un signifié connu. La dénomination rapide automatisée consiste à dénommer des séquences de lettres, chiffres, images et/ou couleurs le plus rapidement possible (Van Hout, 2001). Elle s'apparente en partie à l'activité de lecture dans la mesure où, dans les deux activités il faut apparier du verbal, à une séquence graphémique en lecture, et à une image en DRA (Jacquier-Roux, Valdois & Zorman, 2005). Certains auteurs ont remarqué des corrélations évidentes, jusqu'à l'âge adulte, entre les capacités métaphonologiques des sujets testés et leurs performances en dénomination rapide (Felton & Wood, 1989, cités par Van Hout). Cependant, de récentes études s'accordent pour dire que, malgré cela, les performances en DRA sont indépendantes des capacités phonologiques (e.g. Wolf et Bowers, 1999). A partir de ces constatations, ils ont élaboré la théorie du double déficit. Dans le cadre de cette hypothèse, selon laquelle la dyslexie serait due à l'addition de mauvaises performances dans des tâches de conscience phonologique et dans des tâches de dénomination rapide automatisée, Compton, DeFries et Olson ont mis en évidence en 2001 l'indépendance de ces deux processus en prouvant que des enfants ayant à la fois des résultats déficitaires en conscience phonologique et en DRA sont moins bons lecteurs que ceux n'ayant que l'un ou l'autre des déficits. Ils ont également montré que ceux ayant un déficit phonologique sont significativement moins bons que ceux qui présentent un déficit en DRA lorsqu'il s'agit d'identifier des mots. Par contre, ces derniers identifient les mots significativement moins vite. Ainsi, Plaza et Robert-Jahier concluent que « *les processus cognitifs sous-tendant la dénomination rapide ne sont pas de nature exclusivement phonologique - même si, comme toute activité langagière, ils mettent bien évidemment en jeu la phonologie.* » (Plaza & Robert-Jahier, 2006, p.1). Quelles sont donc les caractéristiques propres à la dénomination rapide ? Selon Van Hout (2001), celles-ci résideraient dans son automaticité. Cette tâche ferait appel non seulement à l'accès au stock lexical, mais également à la vitesse à laquelle l'enfant va accéder à ce stock (ce qui implique un traitement temporel) ainsi qu'à de bonnes capacités de balayage visuel. Au fur et à mesure de l'automatisation de tous ces processus, la vitesse de dénomination s'accélérerait chez l'enfant normo-lecteur grâce à la

réduction du coût cognitif (Plaza & Robert-Jahier, 2006). La DRA testerait alors essentiellement les capacités d'automatisation dans des tâches cognitives. Les enfants qui présentent un déficit en DRA auraient donc des difficultés dans toutes les tâches qui requièrent des réponses fluentes rapides, dont la lecture. On observe cependant des différences entre les types de stimuli puisque les items dénommés le plus rapidement sont les chiffres, puis les lettres, les couleurs, et enfin les images d'objets concrets, qui sont dénommées avec le plus de latence. Ainsi, Semrud-Clikeman, Guy, Griffin et Hynd (2000) se sont penchés sur le problème en dénomination de lettres qui semble être, selon eux, à l'origine des difficultés des enfants avec des troubles de lecture. L'automatisation de ce traitement basique paraît fondamentale à la procédure de lecture, non seulement pour l'identification de mots, mais aussi pour l'accès à la compréhension. Elle a donc certainement un impact sur l'habileté des enfants à encoder rapidement le mot.

2.2. Les capacités en DRA des enfants dyslexiques

Les enfants présentant des dysfonctionnements lors de la lecture sont ralentis dans des tâches de dénomination rapide, alors que les stimuli qu'ils ont à dénommer leur sont familiers, sont en nombre restreint, et se répètent (Plaza & Robert-Jahier, 2006). De nombreuses études ont déjà été menées dans ce domaine et avec cette population dyslexique, révélant des difficultés en dénomination rapide de stimuli (Denckla & Rudel, 1974, 1976 ; Katz, Curtiss & Tallal, 1992 ; Sternberg & Wagner, 1982 ; Tallal, 1980 ; Fawcett & Nicolson, 1994b). Semrud-Clikeman et al. (2000) ont montré que cette tâche est sensible au degré de sévérité du trouble de lecture, en rapportant des différences entre ceux ayant plus de deux ans et moins de deux ans de retard en lecture. Dans leur étude en 1994(b), Fawcett et Nicolson ont comparé trois groupes d'enfants dyslexiques (âgés de 8, 13 et 17 ans), avec trois groupes de normo-lecteurs appariés en âge chronologique et Q.I. (supérieur à 90), et un groupe d'enfants de 10 ans appelés « *slow learners* » (Fawcett & Nicolson, 1994b, p.641) avec un Q.I. entre 70 et 90 présentant des difficultés d'apprentissage, appariés en âge de lecture avec le plus jeune groupe des dyslexiques. Les résultats montrent, pour les trois groupes de dyslexiques, la présence d'un déficit dans les 4 tâches proposées : dénomination rapide d'objets, de couleurs, de chiffres et de lettres. Le déficit est tel que le groupe des dyslexiques de 17 ans a obtenu des résultats similaires à ceux des enfants contrôles de 8 ans pour la dénomination d'objets et de lettres. Des critiques à propos de cette affirmation ont évoqué un possible rôle du déficit d'attention souvent observé chez les enfants dyslexiques (Semrud-Clikeman, Biederman & al., 1992, cités par Semrud-Clikeman & al.). Or l'étude de Raberger et Wimmer (2003) a prouvé

qu'un déficit d'attention n'altérerait pas les performances en DRA. En effet, les résultats des sujets présentant seulement un TDAH dans une tâche de dénomination rapide de chiffres et de couleurs sont semblables à ceux des sujets normo-lecteurs, mais lorsque le TDAH est associé à un trouble de lecture ou qu'il existe un trouble de lecture isolé, les performances sont significativement moins bonnes. De nombreux auteurs ont cherché à mettre en évidence les processus mis en jeu lors de la dénomination rapide, en observant de façon précise les difficultés des dyslexiques dans cette tâche. Fawcett et Nicolson (1994) distinguent différentes explications relatives au déficit en DRA. Ils mentionnent tout d'abord un déficit phonologique, également décrit par d'autres auteurs (Katz, 1986, Mann & Brady, 1988, Stanovich, 1990, cités par Fawcett & Nicolson, 1994). La seconde hypothèse serait un déficit dans les mécanismes de vitesse nécessaires pour intégrer les codes phonologiques et orthographiques de la lecture (Bowers et Wolf, 1993, cités par Fawcett & Nicolson, 1994). Cependant, ils mettent en évidence un certain nombre de problèmes sous-jacents qui pourraient mener à des résultats similaires, tels qu'une fatigabilité massive, un rythme articulatoire lent, ou encore une difficulté à poursuivre la tâche après une erreur... Pour limiter l'influence de ces variables, Fawcett et Nicolson ont utilisé, dans l'étude qu'ils ont menée en 1994, une tâche de dénomination rapide où les stimuli apparaissent un par un au centre de l'écran, ce qu'ils appellent la tâche « *discrete-trial* » (Fawcett & Nicolson, 1994b, p.641). Les résultats obtenus ont montré peu de différences avec la procédure de DRA traditionnelle. Au vu de ces résultats et des déficits observés à la fois en dénomination de stimuli relatifs (lettres et chiffres) ou non (objets et couleurs) à la lecture, les auteurs considèrent que la principale difficulté de la dénomination rapide se situe au niveau de l'accès au lexique. Ces résultats ont étayé, en 1999, la théorie cérébelleuse et ont prouvé la présence d'un déficit d'automatisation de l'accès au lexique et aux représentations phonologiques chez les dyslexiques. Raberger et Wimmer (2003), quant à eux considèrent que ce serait le passage de l'information visuelle au langage qui serait altéré chez les dyslexiques. Ils rapportent que les faibles performances en DRA des dyslexiques ne sont ni accompagnées d'une faible vitesse d'articulation ni d'un processus visuel particulièrement lent (Van Daal & Van der Leij, 1999 ; Wimmer & Mayringer, 2001, cités par Raberger & Wimmer).

Toutefois, les études citées ci-dessus ont été réalisées avec des sujets dyslexiques avec trouble phonologique, puisque tous ces auteurs s'inscrivent dans un courant unitaire. Une seule étude réalisée par Casalis en 2004 a proposé entre autres une tâche de DRA à deux groupes d'enfants dyslexiques : avec et sans trouble phonologique. Les résultats n'ont montré aucune différence significative entre les groupes. L'auteur souligne toutefois l'écart important d'âge chronologique entre les sujets de chaque groupe, « *facteur qui*

peut avoir un poids particulièrement important dans cette mesure de rapidité » (Casalis, 2004, p.100).

Chapitre II
PROBLEMATIQUE ET HYPOTHESES

I. PROBLEMATIQUE

Nicolson et Fawcett (1999) expliquent le déficit phonologique visible dans la dyslexie en partie par des difficultés d'automatisation et d'apprentissage implicite qu'ils attribuent à une altération cérébelleuse. Pourtant, il a été démontré que certains dyslexiques ne présentent pas de trouble phonologique (Valdois et al., 2003). Qu'en est-il alors de leurs capacités d'automatisation et d'apprentissage implicite ? Existe-t-il une différence d'utilisation ou de fonctionnement de ces processus entre les deux types de dyslexie, puisqu'elles n'ont ni les mêmes causes, ni les mêmes manifestations ?

II. HYPOTHESE GENERALE

Nicolson et ses collaborateurs affirment que tous les dyslexiques ont un trouble phonologique (TP), lequel serait dû à un problème d'automatisation et d'apprentissage procédural implicite, lui-même engendré par un déficit cérébelleux. Si en effet le trouble d'automatisation est à l'origine du TP, nous pouvons penser que si l'on teste des dyslexiques avec et sans TP :

- les dyslexiques avec TP seraient dans l'incapacité d'apprendre implicitement une séquence (visuo-motrice et visuo-verbale) et de l'automatiser.
- les dyslexiques sans TP devraient être capables d'apprendre implicitement une séquence et de l'automatiser, tout comme des enfants normo-lecteurs.

Il devrait donc y avoir une différence significative entre les deux types de dyslexie, et entre les sujets contrôles et les dyslexiques avec TP. Cela viendrait conforter l'hypothèse pluraliste de deux types de dyslexies développementales indépendantes.

III. HYPOTHESES OPERATIONNELLES DE CHAQUE TACHE

1. Hypothèses opérationnelles de la TTRS

Sur le plan expérimental, cette tâche est composée de deux variables indépendantes : Groupe et Bloc. La variable Groupe a trois modalités : groupe contrôle, groupe dyslexique avec TP, et groupe dyslexique sans TP. La variable Bloc a six modalités : Blocs 1 et 5 (aléatoires) ; Blocs 2, 3, 4 et 6 (séquentiels). La variable dépendante est le

temps de réaction (TR) en millisecondes (ms). Nous présentons six hypothèses intra-groupes et deux hypothèses inter-groupes :

L'hypothèse 1 prédit que le TR diminuera au fur et à mesure des blocs séquentiels chez les sujets normo-lecteurs, ($TR2 > TR3 > TR4 > TR6$).

L'hypothèse 2 prévoit que le TR du dernier bloc séquentiel des sujets normo-lecteurs sera significativement inférieur au TR du dernier bloc aléatoire ($TR5 > TR6$), ce qui démontrera qu'un apprentissage implicite a eu lieu.

L'hypothèse 3 prédit que le TR des sujets dyslexiques avec TP ne diffèrera pas entre les quatre blocs séquentiels ($TR2 = TR3 = TR4 = TR6$).

L'hypothèse 4 prévoit que le TR du bloc 6 des sujets dyslexiques avec TP sera le même que celui du bloc 5 ($TR5 = TR6$). Aucun apprentissage implicite n'aura donc lieu.

L'hypothèse 5 prévoit une diminution du TR au fur et à mesure des blocs séquentiels chez les sujets dyslexiques sans TP ($TR2 > TR3 > TR4 > TR6$).

L'hypothèse 6 prédit que le TR du bloc 6 des sujets dyslexiques sans TP sera significativement inférieur au TR du bloc 5 ($TR5 > TR6$), ce qui prouvera la présence d'un apprentissage implicite.

Selon l'hypothèse 7, les TR des normo-lecteurs et des dyslexiques sans TP seront significativement meilleurs que les TR des dyslexiques avec TP.

Enfin, l'hypothèse 8 prévoit que les normo-lecteurs et les dyslexiques sans TP auront des TR similaires.

2. Hypothèses opérationnelles de la DRA

Nous distinguons pour cette épreuve la variable indépendante Groupe, à trois modalités : groupe contrôle, groupe dyslexique avec TP, et groupe dyslexique sans TP. La variable dépendante est le temps de dénomination de chaque planche. Nous présentons deux hypothèses opérationnelles. L'hypothèse A prédit que le temps de dénomination (TD) des sujets normo-lecteurs sera égal au TD des sujets dyslexiques sans TP pour chaque planche, et l'hypothèse B prévoit que le TD des sujets dyslexiques avec TP sera supérieur au TD des sujets normo-lecteurs et des dyslexiques sans TP pour chaque planche.

Chapitre III
PARTIE EXPERIMENTALE

I. CHOIX DE LA POPULATION

1. Sujets

- Sujets normo-lecteurs

18 sujets normo-lecteurs ont effectué les deux épreuves (TTRS et DRA). Ces enfants ont un âge chronologique moyen de 10 ans et 7 mois et sont âgés de 9 ans à 12 ans 6 mois. Ils sont scolarisés dans des classes de CM1 (Ecole Notre Dame du Point du Jour, à Lyon), CM2 (Ecole Assomption Bellevue, à La Mulatière), 6^{ème} et 5^{ème} (collège Saint Louis de la Guillotière, à Lyon). L'âge lexique de ces enfants a été évalué par le test de l'Alouette et ceux ayant un retard de lecture de plus de 18 mois ont été exclus. L'âge lexique moyen de ces sujets est de 11 ans et 8 mois. Nous avons également écarté ceux pour lesquels nous suspicions un trouble neurologique ou un Trouble Déficitaire de l'Attention avec ou sans Hyperactivité, et ceux pris (ou ayant été pris) en charge en orthophonie ou en psychomotricité, grâce à un questionnaire rempli par les parents (Annexe I).

- Sujets dyslexiques

Ces sujets proviennent du service de Neurologie Pédiatrique de l'Hôpital Debrousse, centre référent pour les troubles des apprentissages chez l'enfant. Ils ont été adressés par des orthophonistes et des médecins scolaires. Ils bénéficient tous d'une rééducation orthophonique. Pour écarter un déficit attentionnel, tous les sujets sont soumis au questionnaire de Connors parents et enseignants, les critères du DSM IV sont vérifiés et un bilan neuropsychologique est effectué en cas de doute. Ils ont tous participé à d'autres études au sein du service. Le nombre de sujets dyslexiques varie en fonction de la tâche, puisque nous avons tenu compte pour la TTRS des résultats obtenus par les sujets d'un mémoire de neuropsychologie (Yssaad-Fesselier, 2006), ayant été encadré par les mêmes personnes, et dont la population dyslexique a été soumise aux mêmes critères d'inclusion et d'exclusion.

- Sujets dyslexiques dans la Tâche de Temps de Réaction Sériel

En plus des 18 enfants normo-lecteurs, 25 dyslexiques ont participé à la Tâche de Temps de Réaction Sériel. Parmi eux, 11 enfants dyslexiques, d'un âge chronologique moyen de 11 ans et 2 mois (sujets âgés de 9 ans et 6 mois à 14 ans et 6 mois), présentaient un TP, et 14 enfants dyslexiques, d'un âge chronologique moyen de 11 ans et 2 mois (enfants âgés

TTRS			
	Normo-lecteurs	Dyslexiques avec trouble phonologique	Dyslexiques sans trouble phonologique
nombre	18	11	14
âge chronologique moyen	10 ans 7 mois	11 ans 2 mois	11 ans 2 mois

Tableau 1 : répartition de la population dans la TTRS

DRA			
	Normo-lecteurs	Dyslexiques avec trouble phonologique	Dyslexiques sans trouble phonologique
nombre	18	5	6
âge chronologique moyen	10 ans 7 mois	11 ans 1 mois	10 ans 6 mois

Tableau 2 : répartition de la population dans la DRA

de 9 ans et 6 mois à 14 ans et 4 mois), ne montraient aucun TP. L'âge chronologique des sujets des trois groupes ne diffère pas significativement.

○ Sujets dyslexiques dans la tâche de Dénomination Rapide Automatisée

Parmi nos 11 sujets dyslexiques, 5 présentaient une dyslexie avec TP (d'un âge chronologique moyen de 11 ans et 1 mois, et d'une étendue de 9 ans et 8 mois à 12 ans et 9 mois) et 6 avaient une dyslexie sans TP (d'un âge chronologique moyen de 10 ans et 6 mois, les sujets étant âgés de 9 ans 6 mois à 11 ans). L'âge chronologique des sujets des trois groupes ne diffère pas significativement. Tous les sujets de cette tâche présentent également un trouble visuo-attentionnel, avéré par la tâche de Bar Probe (Averbach & Sperling, 1968).

2. Evaluation de la dyslexie

L'évaluation des enfants dyslexiques a été effectuée par un neuropsychologue rattaché au service de Neuropédiatrie de l'Hôpital Debrousse. Ce bilan complet a permis tout d'abord de sélectionner des enfants dyslexiques correspondants aux critères classiques de la définition de la dyslexie développementale, puis de constituer deux groupes : les enfants dyslexiques avec TP et les enfants dyslexiques sans TP.

2.1. Evaluation de la lecture et de l'orthographe

- Le test de l'Alouette (Lefavrais, 1967), permet d'établir l'âge lexique de l'enfant en comparant son niveau de lecture (nombre d'erreurs et vitesse) à son âge chronologique.
- Lecture de mots (fréquents et non fréquents, réguliers et irréguliers) et de non-mots issus du BALE (Bilan Analytique du Langage Écrit, Jacquier-Roux, Valdois et Zorman, 1999, non édité).
- Dictée de mots (simples, complexes et irréguliers) et de non-mots (bisyllabiques et trisyllabiques) issus du BALE.

2.2. Evaluation du trouble phonologique

Ces 11 épreuves sont toutes issues du BALE.

- Suppression syllabique (métaphonologie) : 12 items

- Reconnaissance du phonème initial (métaphonologie) : 10 items
- Segmentation en phonèmes (métaphonologie) : 8 items
- Jugement de rimes (métaphonologie) : 16 items
- Suppression du phonème final et suppression du phonème initial : calcul de la moyenne (métaphonologie) : 10 items pour chaque liste
- Fusion de phonèmes (métaphonologie) : 10 items
- Répétition de mots : 16 items
- Répétition de non-mots : 20 items
- Répétition de pseudo-mots : 16 items
- Fluence phonologique en /p/
- Dénomination Rapide d'images : 25 dessins

2.3. Epreuves visuo-attentionnelles

Afin d'évaluer les capacités visuo-attentionnelles des sujets, nous leur proposons l'épreuve Bar Probe (Averbach & Sperling, 1968) qui est une tâche de report global qui objective les capacités de la fenêtre visuo-attentionnelle. Nous considérons que l'épreuve est échouée lorsque le résultat total est inférieur ou égal à -2 écarts-types.

3. Deux groupes de dyslexiques : avec trouble phonologique et sans trouble phonologique

Pour atteindre l'objectif de notre étude, il nous est nécessaire de distinguer les dyslexiques avec TP (dyslexiques phonologiques et mixtes) et les dyslexiques sans TP (dyslexiques de surface). Pour cela nous nous appuyons principalement sur les résultats des tests cognitifs, constitués par les 11 épreuves phonologiques et la tâche de Bar Probe. Nous prenons également en compte les données comportementales présentes dans les tâches de lecture et d'orthographe.

3.1. Les dyslexiques avec trouble phonologique

- Niveau cognitif

Pour considérer qu'il existe un TP, au moins trois des 11 épreuves phonologiques doivent être échouées (< -1,5 écarts-types). Nous acceptons dans ce groupe les enfants présentant un score déficitaire à la tâche de Bar Probe, puisque notre critère de sélection est la présence d'un TP et non l'absence de trouble visuo-attentionnel.

- Niveau comportemental

La lecture est caractérisée par l'effet de fréquence : elle est faible pour les mots moins fréquents. Les non-mots sont également échoués car la conversion grapho-phonémique n'est pas efficiente. Les mots sont lus par adressage malgré un lexique orthographique pauvre et parfois mal construit. On note des erreurs de lexicalisation sur les pseudo mots, ainsi que des erreurs phonémiques aboutissant à la production d'un autre pseudo-mot. On observe une dysorthographe phonologique. Les erreurs en orthographe sont en majorité non phonologiquement plausibles. Les difficultés sont majorées lors de mots peu fréquents. L'orthographe d'usage est à peu près préservée pour les mots familiers. L'écriture de non-mots est particulièrement déficitaire.

Pour un des sujets de ce groupe, le critère des trois épreuves cognitives échouées sur les 11 proposées n'a pas pu être mis en évidence. Seulement deux épreuves ont été échouées, mais les autres montrent tout de même des résultats inférieurs à la moyenne mais non pathologiques. Cependant, les données comportementales prouvent la présence d'un TP, sûrement minoré dans les tâches cognitives. On remarque en effet un déficit en lecture de non-mots (-2,6 écarts-types) et en écriture de non mots (-1,7 écarts-types). De plus, l'analyse des erreurs a montré un profil phonologique assez marqué. Les résultats au niveau cognitif s'expliquent probablement par son âge, puisqu'il fait partie des sujets les plus âgés de notre étude (12 ans 2 mois), ainsi que par l'effet de la rééducation orthophonique. C'est pourquoi nous avons décidé de l'inclure dans ce groupe.

3.2. Les dyslexiques sans trouble phonologique

- Niveau cognitif

Pour considérer qu'il y a absence de TP, les sujets doivent échouer au maximum à deux épreuves sur les onze épreuves phonologiques. Ils ne doivent présenter aucun antécédent de retard de langage oral. La tâche de Bar Probe est échouée et montre un trouble visuo-attentionnel.

- Niveau comportemental

La lecture est faible pour les mots irréguliers (nombreuses erreurs de régularisation), ce qui signe un déficit de la voie d'adressage. Ces dyslexiques utilisent alors préférentiellement la voie d'assemblage. Leur lecture est dans la norme pour les non-mots. On note des difficultés à appliquer les règles grapho-phonologiques pour les

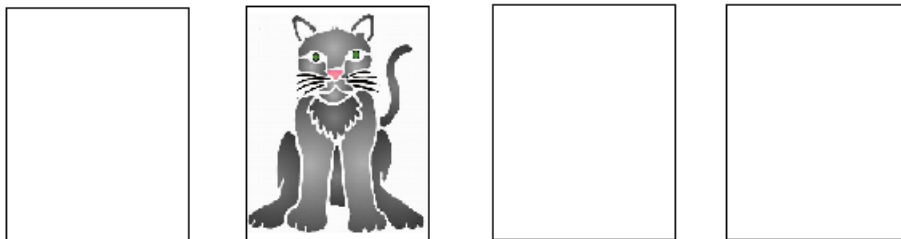


Figure 3 : Représentation d'une partie de la séquence. La cible est ici en position 2

graphies contextuelles. A l'écrit, on observe une dysorthographe de surface, identique au profil de lecture. Cela se manifeste par un déficit sur les mots irréguliers et complexes, et par des performances normales pour l'écriture sous dictée de non-mots, à condition qu'ils ne contiennent pas de graphies contextuelles. Les erreurs sont en majorité phonologiquement plausibles.

II. DESCRIPTION DES EPREUVES

1. Tâche de Temps de Réaction Sériel (TTRS)

1.1. Présentation de la TTRS

Cette tâche a été conçue, sur le logiciel E-Prime qui gère le temps de présentation et l'enregistrement des réponses (Schneider, Eschman, & Zuccolotto, 2002). La TTRS est une tâche d'apprentissage d'une séquence visuo-motrice, utilisant un matériel informatique. L'enfant doit réagir à des stimuli visuels et y associer le bon geste : appuyer sur la touche correspondante. Les stimuli sont organisés de façon à ce que certains des items, récurrents dans leur ordre d'apparition, fassent l'objet d'un apprentissage implicite. Les trois groupes de sujets ont passé cette épreuve. L'expérience est divisée en six blocs de 90 stimuli chacun :

- Les blocs 2, 3, 4 et 6 sont des blocs d'apprentissage dans lesquels on trouve neuf répétitions d'une séquence de dix stimuli, présentés selon la règle suivante : [1 4 2 1 3 4 1 2 4 3]. Les chiffres correspondent à l'emplacement de la cible de gauche à droite de l'écran.
- Les blocs 1 et 5 sont des blocs de présentation aléatoire.

Le stimulus est une image d'un chat qui apparaît dans l'un des 4 cadres présentés sur une ligne (figure 3). Les quatre emplacements de la cible correspondent aux quatre touches S D K L d'un clavier AZERTY. Cette disposition est prévue pour éviter l'effet de fatigue en permettant à l'enfant de garder ses doigts (index et majeur, gauches et droits) légèrement posés sur les touches du clavier. Chaque essai commence par un point de fixation en forme de croix qui apparaît au centre de l'écran pendant 150 millisecondes (ms), suivi par le stimulus qui reste présent sur l'écran jusqu'à ce que le sujet réponde. L'intervalle entre la réponse et l'apparition du nouveau stimulus est de 250 ms. A la fin de chaque bloc, l'enfant dispose de 30 secondes avant l'initialisation du bloc suivant. Il est prévenu du redémarrage de l'expérience par une réapparition d'une croix au centre de l'écran.

1.2. Passation

La passation se fait de façon individuelle et dure, selon les participants, de 20 à 30 minutes. L'enfant n'est pas au courant de la présence d'une séquence. La consigne est la suivante : « Tu vas voir apparaître un chat dans l'un des quatre emplacements de l'écran. Lorsque le chat apparaît à gauche de l'écran, tu appuies sur la touche gauche, le S, lorsqu'il apparaît dans la deuxième case, tu appuies sur la deuxième touche, le D, lorsqu'il apparaît dans la troisième case, tu appuies sur le K, et lorsqu'il apparaît à droite tu appuies sur la touche de droite, le L. Dès que tu appuies sur la touche de réponse, un autre chat apparaît. Tu dois appuyer aussi rapidement et aussi précisément que possible pour attraper le chat ». Un premier bloc d'entraînement de 40 items est présenté au début de l'expérience afin de permettre au sujet de s'habituer aux touches et de vérifier la compréhension de la consigne. Dans ce bloc d'entraînement uniquement, chaque réponse est suivie d'un feed-back visuel indiquant à l'enfant s'il a répondu juste ou s'il a commis une erreur, ainsi que son temps de réaction. Après cet entraînement, on lui présente les six blocs d'épreuve. A la fin de l'épreuve, il est demandé à l'enfant de dire s'il a remarqué quelque chose de spécifique dans la présentation des images. S'il répond par l'affirmative, en évoquant la présence d'un ordre, il est invité à restituer la séquence remarquée.

2. Dénomination Rapide Automatisée (DRA)

2.1. Présentation du test DRA

La tâche de dénomination rapide « DRA enfants » (Plaza & Robert-Jahier, 2006), est issue d'un logiciel commercialisé par Adeprio. Elle est étalonnée de la Grande Section de Maternelle au CM2. Le score tient compte à la fois de la précision de la dénomination et du temps de traitement. Cette épreuve comprend cinq planches composées de quatre stimuli se répétant douze fois de façon aléatoire :

- Une planche de 48 dessins correspondant à des mots monosyllabiques familiers : chien, cœur, lit, verre.
- Une planche de 48 chiffres : 1, 2, 9, 7.
- Une planche de 48 lettres : A, B, U, C.
- Une planche de 48 couleurs : rouge, jaune, bleu, vert.

- Une planche de 48 stimuli alternés : dessins, chiffres, lettres, couleurs, reprenant les mêmes items que précédemment.

2.2. Passation

La passation dure environ dix minutes. La première consigne est : « *On va te montrer des choses à l'écran et tu vas dire le plus vite possible comment ça s'appelle.* ». Avant chaque planche, les quatre items sont présentés afin de se mettre d'accord sur leur nom et de s'assurer que l'enfant les connaît. La consigne est la suivante : « *On va se mettre d'accord sur le nom des dessins (ou chiffres, ou lettres, ou couleurs, ou images, selon la planche)* ». Puis il est invité à s'entraîner sur une ligne (six items d'entraînement) pour laquelle la consigne est : « *Pour t'entraîner, tu vas dire le plus vite possible le nom des dessins dans ce sens-là (l'examineur montre sur l'écran de gauche à droite)* ». Il est ensuite amené à dénommer le plus vite possible les 48 items de chaque planche. L'examineur déclenche le chronomètre de l'ordinateur en appuyant sur la barre d'espace lorsque l'enfant commence à dénommer les items, et l'arrête de la même manière. Il comptabilise les erreurs en cliquant sur la souris au cours de la passation. Il n'y a pas de limite de temps entre les planches. Dès qu'une planche est terminée, l'examineur clique sur le bouton « suite » et les items d'entraînement de la planche suivante apparaissent, créant ainsi un rythme dans la passation.

III. ANALYSE DES RESULTATS

Etant donné la taille de notre population ainsi que la quantité d'informations chiffrées recueillie, nous avons choisi d'effectuer une analyse statistique de type analyse de variance.

Chapitre IV
PRESENTATION DES RESULTATS

I. RESULTATS DE LA TACHE DE TEMPS DE REACTION SERIEL (TTRS)

L'ensemble des résultats statistiques de la TTRS est regroupé dans l'Annexe II.

1. Analyse des temps de réaction

Nous avons écarté les réponses erronées pour calculer les moyennes des temps de réaction (TR). Ainsi, nous avons obtenu des résultats qui diffèrent selon les groupes. Les courbes montrent qu'il y a des différences de TR selon les groupes (figure 4). De plus, les profils d'apprentissage semblent différer entre les groupes. L'analyse statistique va permettre de montrer les différences intra et inter-groupes.

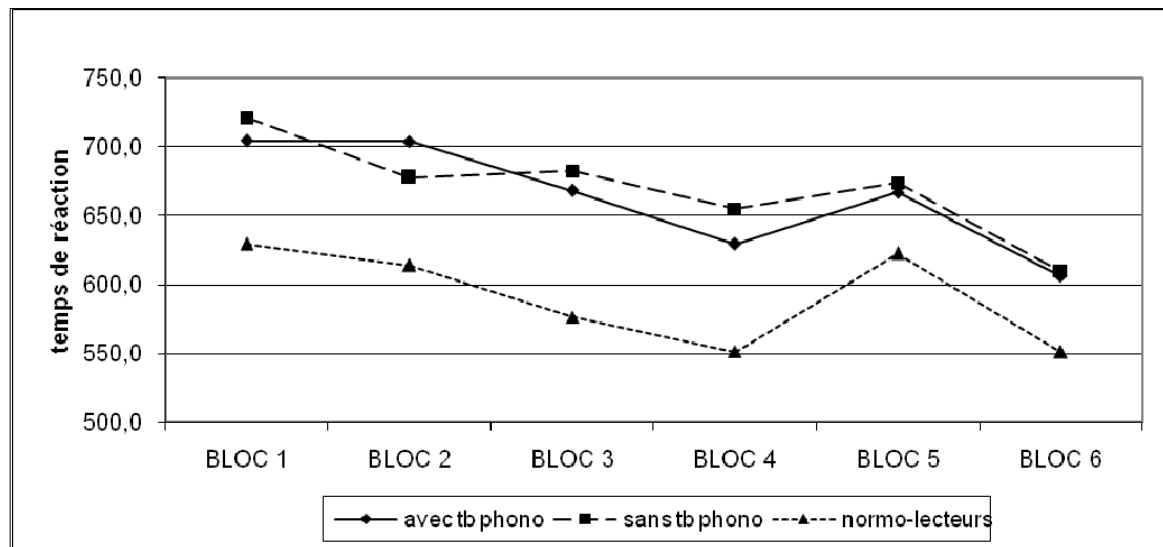


Figure 4 : Temps de réaction par bloc pour chaque groupe. Les blocs 1 et 5 sont aléatoires et les blocs 2, 3, 4 et 6 ont une présentation séquentielle

1.1. Analyse intra-groupes

1.1.1. Evolution des blocs séquentiels (blocs 2,3, 4 et 6)

Une analyse de variance (test de Wilcoxon) a été effectuée afin d'évaluer la baisse du TR lors des blocs séquentiels, en fonction des groupes. La diminution du TR pour les trois groupes est majoritairement non significative. Seuls les TR entre les blocs 3 et 4 des dyslexiques avec TP, et les TR entre les blocs 2 et 3 des normo-lecteurs sont significatifs

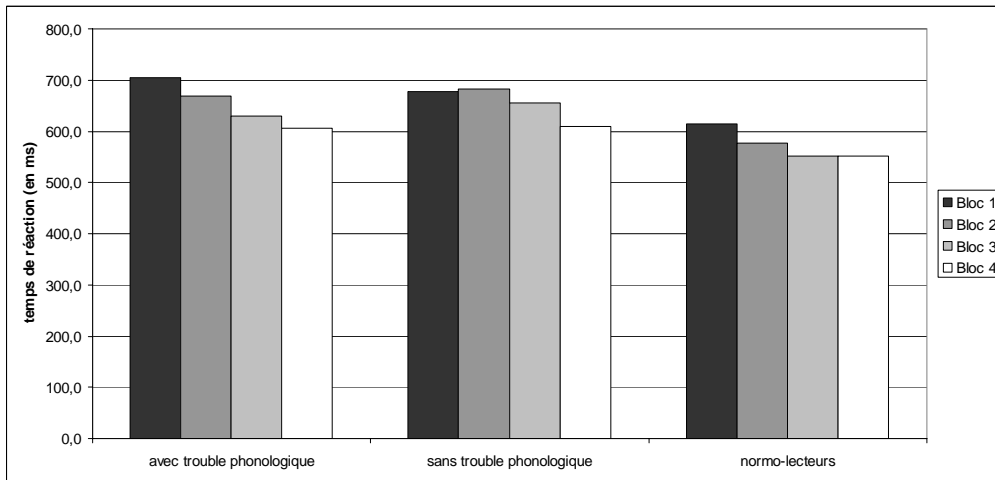


Figure 5 : Evolution des TR lors des blocs séquentiels pour chacun des groupes

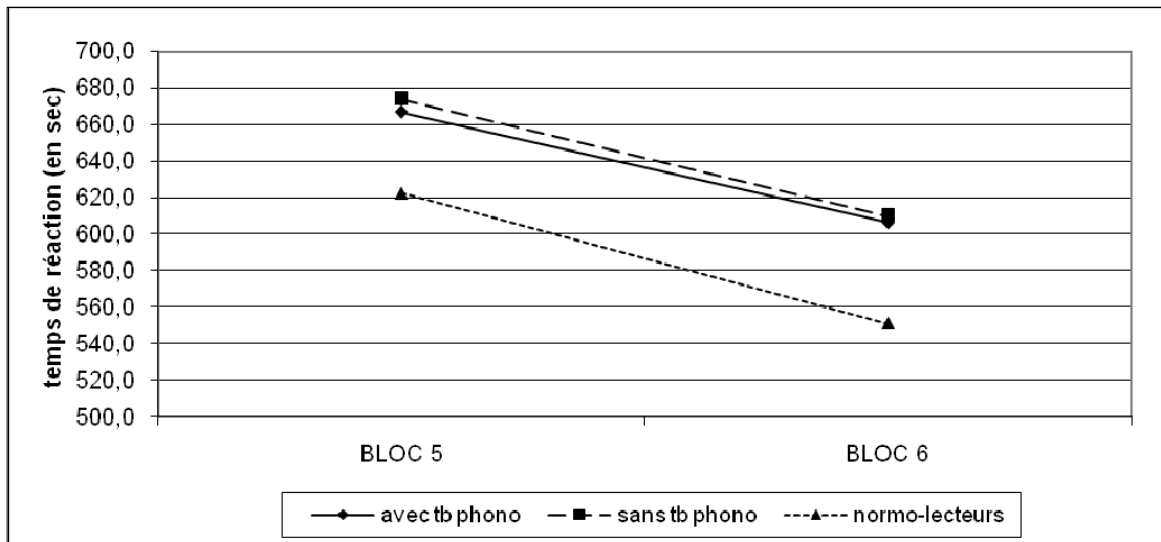


Figure 6 : Evolution des Temps de Réaction pour chaque groupe entre les blocs 5 et 6

(respectivement $p=0,021$ et $p=0,007$). Nos hypothèses 1, 3 et 5 ne sont donc pas validées. En effet, le groupe des sujets normo-lecteurs ne voit pas son TR diminuer entre chaque bloc, excepté entre les blocs 2 et 3 (infirmerie de l'hypothèse 1), les dyslexiques avec TP n'ont pas un TR similaire entre chaque bloc, puisqu'il diminue entre les troisième et quatrième blocs (infirmerie de l'hypothèse 3), et les dyslexiques sans TP ne montrent aucune baisse significative entre le début et la fin de la tâche (infirmerie de l'hypothèse 5). Cependant, l'observation qualitative du graphique qui représente les résultats (figure 5) montre une baisse entre chaque bloc séquentiel la plupart du temps. Pour les sujets dyslexiques avec TP, on remarque une baisse des TR entre chaque bloc. Ceux sans TP voient leur temps augmenter au bloc 3 puis diminuer jusqu'au bloc 6. Les TR des sujets normo-lecteurs, quant à eux, diminuent jusqu'au bloc 4 et stagnent pour le bloc 6.

1.1.2. Evolution entre les blocs 5 et 6

L'analyse de la différence de TR entre le bloc 5 et le bloc 6 a montré que, pour les trois groupes, la baisse du TR est significative, ce qui prouve la présence d'un apprentissage implicite. En effet, l'analyse statistique (test de Wilcoxon) montre que pour les dyslexiques avec TP, $p= 0,006$, pour ceux sans TP, $p=0,0002$ et pour les normo-lecteurs, $p=2,9^{-5}$. Nos hypothèses 2 et 6 sont donc validées puisque les normo-lecteurs et les dyslexiques sans TP ont appris la séquence, alors que notre hypothèse 4 n'est pas validée. En effet, les dyslexiques avec TP ont été capables d'apprentissage implicite (figure 6).

1.1.3. Importance du nombre de stimuli

Afin de comparer ultérieurement nos données à l'étude de Stoodley, Harrison & Stein (2006), nous avons analysé nos données selon les mêmes critères qu'eux. Nous comparerons donc le pourcentage d'augmentation des TR entre les blocs 4 (séquentiel) et 5 (aléatoire) et parlerons d'apprentissage si ce pourcentage est supérieur à 10% (Annexe II). Les résultats indiquent que 56% des normo-lecteurs, 45% des dyslexiques avec TP et 14% des dyslexiques sans TP avaient déjà appris la séquence dès le quatrième bloc, puisqu'ils ont mis plus de temps à réagir lors du bloc séquentiel que lors du bloc aléatoire.

Afin de vérifier l'importance du nombre de stimuli dans cette TTRS, nous avons calculé le pourcentage de diminution des TR entre les blocs 5 et 6 (Annexe II). Ainsi, 61% des normo-lecteurs, 45% des dyslexiques avec TP et 50% des dyslexiques sans TP ont appris la séquence à la fin du sixième bloc. La comparaison des deux pourcentages pour chaque groupe indique que le nombre de stimuli est un facteur particulièrement important pour

l'apprentissage des enfants dyslexiques sans TP, puisque l'ajout de 90 stimuli séquentiels (nombre de stimuli dans un bloc) fait passer le pourcentage de 14% à 50%. Pour les autres groupes, le pourcentage stagne ou augmente peu, ce qui montre qu'ils sont moins influencés par ce facteur.

1.2. Analyse inter-groupes

1.2.1. Evolution des blocs séquentiels

L'effet groupe pour l'évolution des blocs séquentiels n'est pas significatif (test U de Mann-Whitney), ce qui indique que l'évolution du TR au fil des blocs séquentiels est équivalente pour les trois groupes, excepté pour le bloc 4 entre les dyslexiques sans TP et les normo-lecteurs. Ceci montre que la courbe d'apprentissage évolue globalement de la même manière pour les trois groupes. Notre hypothèse 7 est donc infirmée puisque les sujets avec TP ne sont pas moins performants que les autres. L'hypothèse 8 est quant à elle partiellement validée. En effet, les normo-lecteurs et les dyslexiques sans TP ont des résultats statistiquement comparables, excepté pour le bloc 4.

1.2.2. Evolution entre les blocs 5 et 6

L'effet inter-groupes pour les blocs 5 et 6 n'est significatif entre aucun des groupes, ce qui indique que les performances de tous les sujets sont équivalentes dans le dernier bloc aléatoire et dans le dernier bloc séquentiel, au moment où se calcule l'apprentissage (test U de Mann-Whitney).

2. Conscience de la séquence

Nous avons au début de nos expérimentations 19 sujets normo-lecteurs, 12 sujets dyslexiques avec TP et 14 dyslexiques sans TP. Il s'avère qu'un enfant normo-lecteur et un enfant dyslexique avec TP (soit 4,5% des enfants testés) ont reconnu la séquence et ont été capables de restituer au moins quatre items dans le bon ordre. Nous les avons donc exclus de nos résultats puisque leur apprentissage est devenu explicite, alors que nous mesurons seulement l'apprentissage implicite.

	dyslexiques avec TP	dyslexiques sans TP	normo-lecteurs
différence du nombre d'erreurs entre les blocs 5 et 6	p = 0,0001	p = 2,59 ⁻⁶	p = 3,74 ⁻⁹
différence du nombre d'erreurs entre les blocs séquentiels et aléatoires	p = 5,6 ⁻¹⁰	p = 7,5 ⁻¹⁵	p = 8,7 ⁻²⁴

Tableau 3 : différence du nombre d'erreurs entre les blocs 5 et 6 et entre les blocs séquentiels et aléatoires, en fonction des groupes. Les cases grisées indiquent les valeurs significatives.

A la fin de l'épreuve, nous avons vérifié si les enfants s'étaient aperçus de la présence d'une séquence. 9 % des dyslexiques avec TP, 29 % des dyslexiques sans TP et 39% des sujets contrôles ont eu conscience d'une régularité de présentation mais aucun d'entre eux n'a pu redonner la séquence.

3. Analyse des erreurs

Au vu des résultats des temps de réaction, nous nous sommes demandé si l'évolution des erreurs suivait le même profil. Nous avons analysé (test de Wilcoxon) la différence du nombre d'erreurs entre le bloc 5 (dernier bloc aléatoire) et le bloc 6 (dernier bloc séquentiel). Les résultats montrent que la baisse du nombre d'erreurs est largement significative pour les trois groupes (tableau 1). Nous avons également calculé la moyenne des erreurs pour l'ensemble des blocs séquentiels d'une part (blocs 2, 3, 4 et 6), et d'autre part pour l'ensemble des blocs aléatoires (blocs 1 et 5). L'analyse a été réalisée grâce au Test U de Mann-Whitney et met en évidence, pour chaque groupe, un nombre d'erreurs significativement moins élevé pour les blocs séquentiels que pour les blocs aléatoires (dyslexiques sans TP : $p=7,5^{-15}$; dyslexiques avec TP : $p=5,6^{-10}$; normo-lecteurs : $p=8,7^{-24}$). L'ensemble de ces données étaye les résultats précédents, quant à la présence d'un apprentissage pour les trois groupes.

Bien que tous les sujets fassent moins d'erreurs dans les blocs séquentiels, on observe des résultats qui diffèrent entre les groupes dans ce type de blocs. Les dyslexiques sans TP font plus d'erreurs que les dyslexiques avec TP ($p=0,034$), qui font eux-mêmes plus d'erreurs que les normo-lecteurs ($p=0,005$). En revanche, nous n'observons pas les mêmes différences dans les blocs aléatoires puisque seule la différence entre les dyslexiques sans TP et les normo-lecteurs est significative ($p=0,028$). Ces résultats ont été obtenus avec le Test U de Mann-Whitney (figure 7).

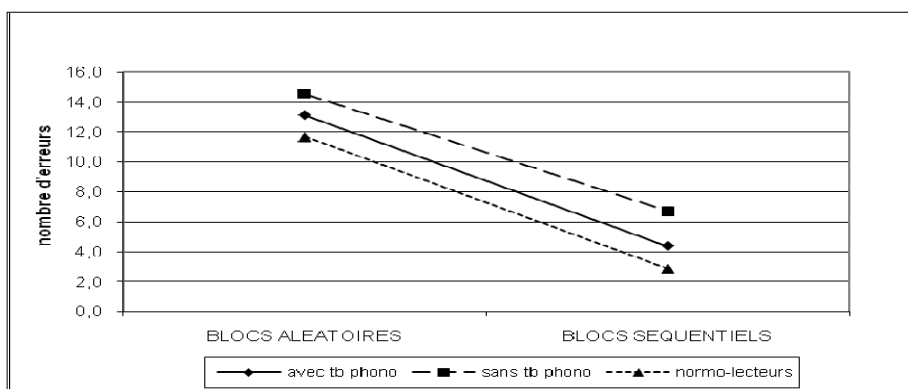


Figure 7 : Moyennes des erreurs des blocs aléatoires et des blocs séquentiels pour chaque groupe

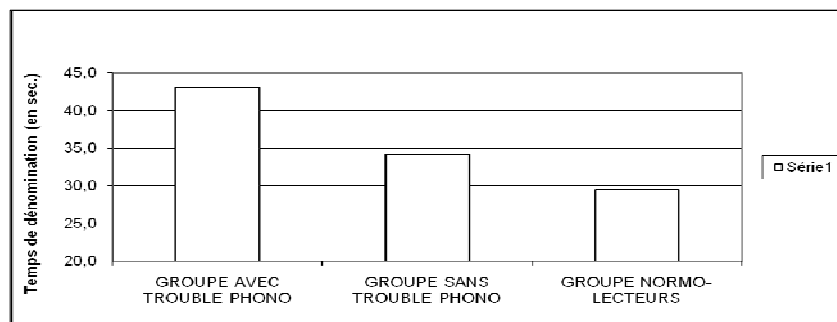


Figure 8 : Résultats totaux de l'épreuve de DRA

Puisque ces résultats correspondent à ceux obtenus lors de l'analyse des temps de réaction, nous avons également cherché à savoir si, pour chaque bloc, la courbe suivait la même évolution (figure 8). Ainsi, on note que, par rapport aux normo-lecteurs, les dyslexiques avec TP ne diffèrent pas, alors que ceux sans TP font significativement plus d'erreurs dans les blocs 3, 4 et 6. Cependant, il n'existe pas de différence significative entre les deux types de dyslexiques (test U de Mann-Whitney).

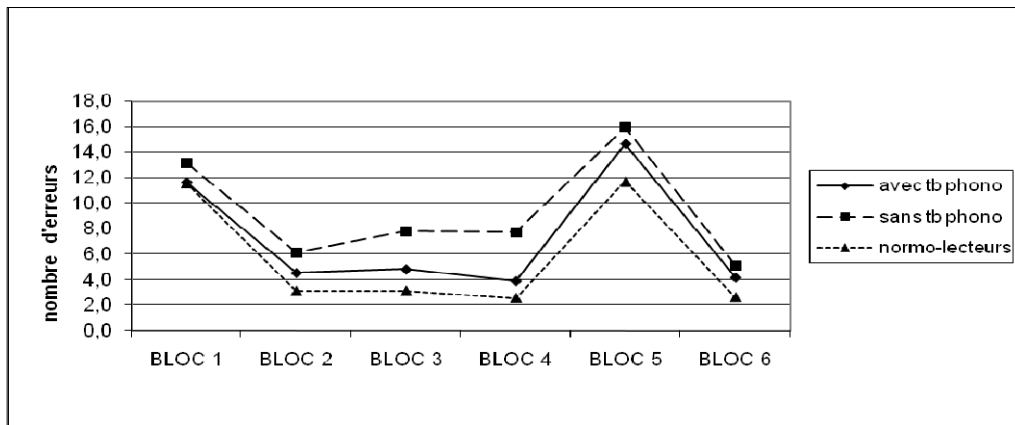


Figure 9 : Evolution du nombre d'erreurs entre les blocs pour chaque groupe

II. RESULTATS DE LA DENOMINATION RAPIDE AUTOMATISEE

L'ensemble des résultats statistiques de la DRA est regroupé dans l'annexe III.

1. Temps de dénomination total

Les résultats obtenus en DRA montrent que le temps de dénomination (TD) des normo-lecteurs est plus rapide que celui des dyslexiques avec TP ($p=0,00023$), mais ne diffère pas de celui des dyslexiques sans TP, bien qu'il soit à la limite de la significativité ($p=0,059$). On ne note aucune différence entre les deux groupes de dyslexiques ($p=0,428$). Ces analyses ont été effectuées avec le test U de Mann-Whitney (figure 9).

2. Temps de dénomination par planche

Par le Test U de Mann-Whitney, nous avons analysé le temps de dénomination par planche entre chaque groupe. Les résultats montrent que les dyslexiques sont significativement plus lents que les normo-lecteurs pour tous les types de planches (excepté la planche « couleur » pour les dyslexiques sans TP, où $p=0,1994$), l'hypothèse

A n'est donc validée que pour la planche « couleur » puisque les dyslexiques sans TP n'ont généralement pas les mêmes résultats que les normo-lecteurs (tableau 2). D'autre part, la différence de temps de dénomination entre les deux groupes de dyslexiques n'est pas significative, ce qui invalide l'hypothèse B, qui prédisait que les dyslexiques sans TP seraient meilleurs que les dyslexiques avec TP.

	Dessins	Chiffres	Lettres	Couleurs	Alterné
Dyslexiques avec TP / Normo-lecteurs	p=0,0004	p=0,0004	p=0,0017	p=0,0117	p=0,0002
Dyslexiques sans TP / Normo-lecteurs	p=0,0396	p=0,0472	p=0,0273	p=0,1994	p=0,033
Dyslexiques avec TP / Dyslexiques sans TP	p=0,329	p=0,247	p=0,429	p=1,069	p=0,0519 (limite)

Tableau 4 :_Comparaison des temps de réaction entre les groupes pour chaque planche. Les cases grisées indiquent les valeurs significatives

Nous observons que les dyslexiques sans TP sont cependant généralement plus rapides que les dyslexiques avec TP, excepté pour la dénomination de couleurs (figure 10).

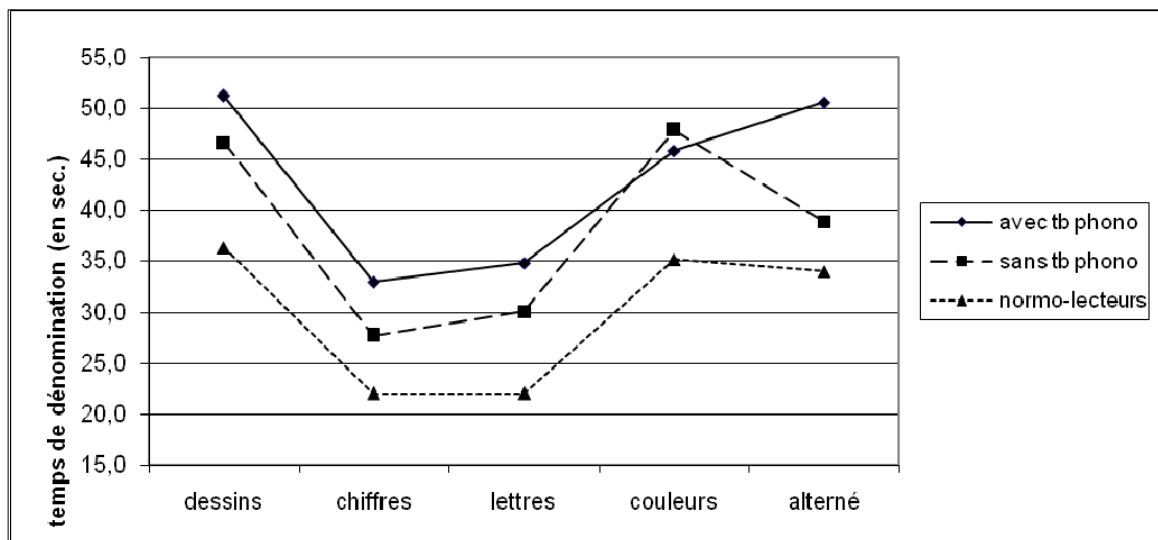


Figure 10 : Temps de dénomination par planche pour chaque groupe

Nous n'effectuerons pas d'analyse des erreurs, car nous considérons que celles-ci ont déjà une influence sur le temps de dénomination.

Chapitre V
DISCUSSION DES RESULTATS

L'observation des capacités d'automatisation des enfants dyslexiques avec et sans trouble phonologique (TP) a pour but de confronter les fondements de la théorie cérébelleuse à ceux de la conception pluraliste. Nos données ne semblent pas refléter les résultats attendus puisque nos hypothèses prédisaient que les dyslexiques avec TP ne pourraient pas apprendre implicitement et faire preuve d'automatisation, contrairement aux dyslexiques sans TP et aux normo-lecteurs qui obtiendraient des performances identiques.

I. TACHE DE TEMPS DE REACTION SERIEL

1. Evidence d'un apprentissage implicite pour tous

Dans notre épreuve de TTRS, les enfants normo-lecteurs ont obtenu des résultats qui mettent en évidence un apprentissage implicite probant. Leur courbe est en adéquation avec les résultats des autres études qui affirment que les enfants non dyslexiques n'ont pas de problème d'apprentissage implicite (e.g. Roodenrys & Dunn, 2008 ; Vicari, Marotta, Menghini, Molinari & Petrosini, 2003). Cela montre la validité de notre tâche puisqu'elle rend compte d'un apprentissage chez les enfants contrôles, qui ne fait aucun doute étant donnée la forte significativité des résultats entre les blocs 5 et 6. De plus, l'observation qualitative de la courbe obtenue en fonction des blocs suit une progression cohérente avec les types de blocs : des TR élevés pour les blocs aléatoires et des TR de plus en plus faibles au fur et à mesure des blocs séquentiels, ce qui est tout à fait en accord avec les résultats précédents.

Tous les dyslexiques ont également été capables d'apprendre la séquence. Ceci infirme notre hypothèse qui prédisait que les dyslexiques avec TP seraient dans l'incapacité d'apprendre implicitement une séquence et de l'automatiser. Nos conclusions divergent donc de celles de Nicolson et Fawcett (1999) qui ont mis en évidence un déficit d'automatisation chez leurs sujets dyslexiques. A l'inverse, nos résultats concordent avec ceux obtenus par Roodenrys et Dunn qui, en février 2008, ont montré que 23 enfants dyslexiques entre 8 et 10 ans ont été capables d'apprendre implicitement lors d'une TTRS, bien que leurs réponses soient en général plus lentes que les enfants normo-lecteurs.

2. Une absence de consensus

Nos conclusions ne vont pas dans le sens de celles de certains auteurs puisque leurs études ont prouvé un déficit d'apprentissage implicite chez les dyslexiques (Howard, Howard, Japikse & Eden, 2006 ; Stoodley, Harrison & Stein, 2005 ; Vicari, Marotta, Menghini, Molinari & Petrosini, 2003). Divers facteurs expliquent cette absence de consensus.

- Les facteurs attentionnels

Nous observons que les études de Stoodley & al. (2005) et Howard & al. (2006) n'ont pas écarté les sujets présentant des troubles d'attention avec ou sans hyperactivité, ce qui, selon Kelly, Griffiths et Frith (2002), pourrait être un facteur entraînant un échec d'apprentissage dans une TTRS.

- L'intervalle entre les stimuli

Chacune de ces études ayant une TTRS différente, les contraintes méthodologiques varient. Ainsi, il est prouvé que le fait d'augmenter l'intervalle entre la réponse donnée et le stimulus suivant réduit l'apprentissage de la séquence (Frensch et Miner, 1994, cités par Meulemans, 1998). Avec un intervalle de 250 millisecondes (ms), les sujets de notre étude ont eu un apprentissage. Or, nous remarquons que Vicari et al. (2003) ont utilisé un intervalle aléatoire de 0,5 à 2 secondes, que Stoodley et al. (2005) avaient fixé leur intervalle à 400 ms, et qu'aucune des deux études n'a montré d'apprentissage chez les dyslexiques. Ceci pourrait peut-être expliquer nos divergences de conclusions.

- Le nombre de stimuli

Le nombre de stimuli pourrait également jouer un rôle important dans la réussite de l'apprentissage. En effet, Stoodley et al. (2005) concluent à l'absence d'apprentissage chez les dyslexiques alors qu'ils n'ont que 100 stimuli séquentiels dans leur tâche. Pour vérifier cette hypothèse, nous avons cherché à voir si le pourcentage de sujets ayant appris avait varié entre le bloc 4 (avant-dernier bloc séquentiel) et le bloc 6 (dernier bloc séquentiel). Les données indiquent que, dans l'ensemble, les enfants ont tiré profit des 90 stimuli séquentiels supplémentaires entre les deux blocs (le pourcentage de sujets ayant appris passe de 56% à 61% pour les normo-lecteurs, et de 14 à 50% pour les dyslexiques

sans TP), sauf pour les dyslexiques avec TP qui ont stagné à 45%. Le nombre de stimuli séquentiels a donc une incidence sur l'apprentissage. Le faible nombre d'items dans l'étude de Stoodley et al. peut leur être reproché puisque leur tâche, dont la séquence est constituée de dix stimuli comme nous, ne compte que 100 stimuli séquentiels, alors que notre TTRS en compte 360, ce qui laisse plus de temps pour apprendre la séquence car elle est répétée 26 fois de plus. Kelly et al. (2002) avaient eux-mêmes 988 stimuli séquentiels et ont aussi trouvé un apprentissage pour tous les participants.

- Les facteurs d'inhibition

On voit, à la structure de certaines tâches dites TTRS, qu'elles ne testent pas uniquement l'apprentissage implicite, mais aussi les capacités d'inhibition. C'est le cas de l'étude de Vicari et al. (2003) dans laquelle des distracteurs apparaissent : les participants doivent apprendre une séquence dont les stimuli apparaissent un par un au centre de l'écran, tout en inhibant certaines réponses motrices puisqu'ils ne doivent réagir que lors de l'apparition d'un stimulus précis. Les résultats ne traduisent donc pas uniquement les capacités d'apprentissage mais aussi l'inhibition, ce qui ressemble à une tâche de type Go No Go. Ceci nuance la comparaison avec une TTRS traditionnelle et peut expliquer nos différences de point de vue.

En résumé, le type de TTRS utilisée et la façon dont elle est paramétrée influencent les performances des participants. Ainsi, les troubles d'attention, l'intervalle entre deux stimuli, le nombre d'items et les facteurs d'inhibition constituent différentes variables pouvant refléter de façon erronée les capacités réelles d'apprentissage implicite des sujets soumis à une TTRS. Celles-ci doivent donc être strictement contrôlées (Meulemans, 1998).

3. Des différences se dessinent

3.1. Des profils différents pour chacun des groupes

Comme l'ont constaté Roodenrys et Dunn dans leur étude en 2008, bien que nos trois groupes de sujets aient fait preuve d'apprentissage implicite, nous avons remarqué lors de l'observation qualitative des courbes (figure 4, p.41) que les TR des sujets dyslexiques reflètent une vitesse de réponse toujours plus lente que celle des normo-lecteurs, malgré l'absence de significativité. De plus, la forme des courbes des dyslexiques montre que les augmentations lors des blocs aléatoires sont moins flagrantes. Il se peut donc que la

qualité de l'apprentissage ne soit pas la même entre les sujets dyslexiques et normo-lecteurs, bien que tous soient capables d'apprentissage implicite.

Il est cependant probable que des spécificités apparaissent dans le style d'apprentissage. Ceci pourrait être mis en évidence par l'analyse des erreurs. Ainsi, en s'appuyant sur l'hypothèse de Nicolson et Fawcett (1999), nous pouvons penser que les dyslexiques avec TP commettraient plus d'erreurs comparativement aux sujets contrôles et aux dyslexiques sans TP. Cependant, l'analyse des erreurs par bloc n'a pas pu confirmer cette nouvelle hypothèse mais révèle des différences entre les dyslexiques sans TP et les normo-lecteurs pour les blocs 3, 4 et 6. Ces constatations n'étant pas généralisées à tous les blocs, nous avons analysé les erreurs comme l'ont fait Vicari et al. en 2003 en comparant les moyennes des blocs séquentiels à celles des blocs aléatoires. On constate ici que la différence est significative entre les trois groupes pour les blocs séquentiels. Le groupe des dyslexiques sans TP commet le maximum d'erreurs sur les deux types de blocs, suivi par le groupe des dyslexiques avec TP puis celui des normo-lecteurs (figure 7). Ceci concorde donc avec les résultats du nombre d'erreurs par bloc, et pourraient mener à l'hypothèse que les dyslexiques sans TP auraient un apprentissage moins performant que les autres. Plusieurs éléments, lors de la comparaison entre les deux types de dyslexies, nous donnent des pistes pour comprendre d'où viennent ces différences de style d'apprentissage.

3.2. Comparaison entre les deux types de dyslexies

3.2.1. Temps de réaction

La comparaison des performances des dyslexiques avec TP et sans TP n'a pas permis de valider notre hypothèse, puisque les deux groupes ont été capables d'apprendre la séquence. Les normo-lecteurs et les dyslexiques sans TP ne sont donc pas significativement meilleurs que les dyslexiques avec TP. D'autre part, l'analyse entre les TR de chaque bloc ne montre pas de différence significative entre les deux groupes de dyslexiques. Nos hypothèses étant construites selon la structure de la théorie de Nicolson et Fawcett (1999), leur invalidation remet en cause cette conception des origines de la dyslexie. En effet, nos sujets avec TP ont pu apprendre la séquence et n'ont donc pas de difficultés d'automatisation significatives, contrairement à ce qu'affirment ces auteurs. L'hypothèse cérébelleuse peut donc être discutée dans notre étude, tout comme l'ont fait Kelly, et al. (2002) et Roodenrys et Dunn (2008). Il est tout de même important de remarquer les différences qualitatives observées au niveau de la forme de la courbe

(figure 4). Les dyslexiques avec TP montrent en effet une courbe comparable à celle des normo-lecteurs. La baisse des TR est particulièrement flagrante du bloc 2 au bloc 4 pour ces deux groupes, alors que les dyslexiques sans TP montrent une augmentation de leur TR au bloc 3, ce qui entraîne un profil d'apprentissage différent. Ces constatations nous confortent dans l'idée que les dyslexiques sans TP pourraient se distinguer des dyslexiques avec TP dans leur façon d'apprendre.

3.2.2. Nombre d'erreurs

Des disparités apparaissent lors de l'analyse du nombre d'erreurs que commettent les enfants dyslexiques. Ils font statistiquement le même nombre d'erreurs dans les blocs aléatoires, ce qui prouve que les deux groupes ont les mêmes capacités pour associer un stimulus à une réponse motrice. Pourtant, lors des blocs séquentiels, les dyslexiques sans TP font significativement plus d'erreurs que les dyslexiques avec TP. Cette dissociation permet de voir que l'apprentissage n'est pas de même qualité dans les deux groupes. Nous pouvons nous demander si la présence ou l'importance d'un trouble visuo-attentionnel perturbe le traitement cognitif et incite l'enfant à faire plus d'erreurs.

3.2.3. Conscience de la séquence

Grâce à notre protocole, il nous était possible de vérifier si l'apprentissage avait bien eu lieu de façon implicite et si les enfants avaient eu conscience de la présence d'une séquence. Lorsque nous avons invité les enfants à évoquer ce qu'ils pensaient avoir perçu de la séquence, seuls deux sujets ont pu restituer au moins quatre items de la séquence dans le bon ordre. Nous n'avons donc tenu compte de leurs résultats dans aucune des analyses puisque nous ne mesurons pas alors l'apprentissage implicite chez eux. Parmi les sujets restants, des différences sont apparues entre les groupes, en particulier pour les dyslexiques avec TP, qui ne sont que 9% à avoir été conscients d'une régularité (contre 29% pour les dyslexiques sans TP et 39% pour les normo-lecteurs). Ceci ajoute une preuve de plus quant à la différence de fonctionnement des deux types de dyslexiques. Cependant, ces résultats ne nous semblent pas suffisamment élevés pour pouvoir parler de conscience des régularités dans un groupe ou dans un autre. Ces faibles résultats, même pour les normo-lecteurs, pourraient s'expliquer par la structure et la longueur de la séquence.

3.2.4. Vitesse d'apprentissage

Lorsque nous avons étudié précédemment l'importance du nombre de stimuli dans le processus d'apprentissage, nous avons remarqué des différences entre les deux types de dyslexie. En effet, lors du bloc 4 (avant-dernier bloc séquentiel), 14% des dyslexiques sans TP avaient appris la séquence, contre 45% des dyslexiques avec TP. Au sixième bloc, leurs résultats sont pourtant quasiment similaires, les dyslexiques sans TP rattrapent alors leur retard d'apprentissage dans les 90 derniers stimuli séquentiels. Ils ont donc besoin de plus de temps pour intégrer implicitement des séquences d'associations stimulus-réponse efficaces, c'est-à-dire qu'ils ont besoin de plus d'exposition aux stimuli pour faire un apprentissage implicite. Ceci montre une réelle différence entre les deux types de dyslexies, qui pourrait éventuellement s'expliquer par le rôle perturbateur des erreurs, plus nombreuses chez les dyslexiques sans TP, comme nous l'avons vu précédemment.

Les constatations concernant la qualité de l'apprentissage implicite rendent donc compte de différences de fonctionnement entre les dyslexiques, ce qui conforte l'hypothèse pluraliste selon laquelle il existe deux types de dyslexies bien distinctes. L'observation de la courbe des TR, du nombre d'erreurs et de la vitesse d'apprentissage montre en effet une qualité moindre pour les dyslexiques sans TP. Ceci ne va pas dans le sens de la théorie cérébelleuse, puisque n'ayant pas de trouble phonologique, ce groupe de dyslexiques devrait avoir de meilleures performances que celui qui présente un trouble phonologique.

4. Remise en cause de la théorie cérébelleuse

Le fait que tous les participants aient appris implicitement la séquence réfute l'hypothèse de Nicolson et Fawcett (1999). Ces résultats indiquent que les dyslexiques sont autant capables d'automatiser un apprentissage que les normo-lecteurs, contrairement à ce que prédit l'hypothèse cérébelleuse. Ainsi, le cervelet, siège de l'automatisation, ne serait pas aussi impliqué dans la dyslexie que le pensent ces auteurs. En comparant notre étude avec celle de Nicolson, Fawcett, Berry et al. (1999) qui a prouvé l'implication du cervelet dans la dyslexie, nous remarquons que leur tâche d'apprentissage de séries de mouvements de doigts se passe en situation d'apprentissage explicite. L'automatisation d'un apprentissage procédural explicite ferait donc appel au cervelet, mais il se peut que celle d'un apprentissage implicite soit gérée par d'autres structures cérébrales.

Nos résultats montrent également que, hormis des différences qualitatives entre les deux types de dyslexies, nous ne retrouvons pas de différence entre les dyslexiques avec TP et

sans TP dans cette TTRS, ce qui va à l'encontre de la théorie cérébelleuse. En effet, ces deux groupes se différencient essentiellement par la présence ou l'absence d'un trouble phonologique. Leurs résultats conduisent donc à penser que ce trouble n'aurait pas d'incidence sur les compétences d'automatisation, puisque ces dernières sont similaires pour les deux groupes. Ainsi, les capacités à automatiser un apprentissage ne sont pas corrélées à la présence d'un trouble phonologique, contrairement à ce qu'affirment Nicolson et Fawcett (1999).

De plus, il apparaît, selon le mode de calcul utilisé par Stoodley et al. (2005), que seuls 60% des normo-lecteurs ont appris la séquence à la fin du sixième bloc. Comment expliquer alors l'échec d'apprentissage des 40% restants ? Présentent-ils réellement un trouble de l'apprentissage implicite ? Puisque l'hypothèse cérébelleuse attribue ce trouble à tous les dyslexiques, ne seraient-ils pas eux-mêmes dyslexiques ? Ce raisonnement nous semble peu valable étant donné que nos sujets contrôles étaient tous de très bons lecteurs (âge lexique moyen de 11 ans et 8 mois, pour un âge chronologique moyen de 10 ans et 7 mois). Nous pouvons donc affirmer qu'un trouble de l'automatisation d'une procédure ne donne pas forcément lieu à une dyslexie, ce qui va dans le sens de Reid, Szczerbinski, Iskierka-Kasperek et Hansen (2007) qui contredisent la théorie cérébelleuse, qu'ils trouvent insuffisante pour expliquer la présence de déficit cérébelleux chez des individus normaux.

Finalement, sur nos huit hypothèses opérationnelles fondées sur la théorie cérébelleuse, seules trois ont été validées : l'hypothèse 3, qui prédisait un TR similaire entre les quatre blocs séquentiels pour les sujets dyslexiques avec TP, l'hypothèse 6, qui prévoyait que les dyslexiques sans TP seraient capables d'apprentissage implicite, ainsi que l'hypothèse 8 (validée, excepté pour le bloc 4), qui prévoyait des TR similaires entre les normo-lecteurs et les dyslexiques sans TP. La théorie cérébelleuse ne peut donc pas expliquer les résultats que nous avons obtenus dans cette tâche.

5. Limites de la tâche

L'analyse de nos données n'a pas pu révéler de différence significative entre les quatre blocs séquentiels. Pourtant, tous nos sujets ont appris la tâche. Leur TR a donc diminué entre les blocs ce qui devrait être visible dans l'analyse statistique. La tâche n'est probablement pas assez sensible pour montrer l'évolution de l'apprentissage au fur et à mesure des blocs.

Cette tâche d'apprentissage implicite ne peut prétendre investiguer l'automatisation à elle seule, puisque cette capacité est également présente lors d'un apprentissage explicite, comme l'ont prouvé Nicolson, Fawcett, Berry et al. en 1999. De plus, elle ne teste que l'apprentissage d'associations visuo-motrices, alors que l'automatisation se retrouve aussi lors de traitements plus cognitifs.

6. Améliorations possibles de la tâche

Ayant montré précédemment que le nombre de stimuli a un effet sur les capacités d'apprentissage implicite des enfants, il serait intéressant d'avoir une tâche contenant plus de blocs séquentiels. Ainsi, nous pourrions compter les sujets qui ont besoin de plus de temps pour apprendre parmi ceux étant capables d'apprentissage implicite. L'ajout de blocs aléatoires pourrait également permettre de faire des comparaisons plus précises au fur et à mesure de la séquence afin de voir quels enfants profitent de l'allongement de la tâche.

Il pourrait également être intéressant de proposer une TTRS où les traitements visuo-attentionnel et visuo-spatial interviendraient moins. Le stimulus serait alors présenté au centre de l'écran, et les quatre réponses possibles dépendraient de la nature du stimulus. Cela demanderait un entraînement plus long pour associer l'image à la touche correspondante, mais permettrait de pallier certains paramètres présents dans la tâche actuelle.

II. DENOMINATION RAPIDE AUTOMATISEE

Il est possible d'interpréter les résultats obtenus dans la DRA de différentes façons, selon qu'on s'intéresse aux temps de dénomination totaux ou aux temps de dénomination par planche.

1. Interprétation des temps de dénomination totaux

En additionnant les temps de dénomination de chaque planche, nous remarquons que le groupe des normo-lecteurs est légèrement plus rapide que le groupe des dyslexiques sans TP, et nettement plus rapide que le groupe des dyslexiques avec TP. Ceci est en accord avec les différentes études déjà réalisées qui ont montré des difficultés en DRA chez tous les dyslexiques (e.g. Denckla & Rudel, 1974, 1976). Les dyslexiques avec TP sont les plus déficitaires, ce qui va dans le sens de la théorie cérébelleuse, puisque le trouble de

dénomination rapide mettrait en évidence un déficit d'automatisation et serait donc associé à un système phonologique défectueux (Fawcett & Nicolson, 1994b). Cependant, la différence entre les deux types de dyslexiques n'est pas significative, tout comme l'avait montré Casalis en 2004 qui se montrait tout de même prudente puisque ses sujets présentaient un écart d'âge important. Or, nos deux groupes de dyslexiques étant appariés en âge chronologique, notre étude confirme donc ses conclusions. Ceci va à l'encontre de la théorie cérébelleuse puisque les dyslexiques sans TP échouent autant que les dyslexiques avec TP.

L'analyse des données totales n'est cependant pas très révélatrice des réelles difficultés en DRA, étant données les différences massives de temps de dénomination entre les planches. Ainsi, il nous paraît plus pertinent de s'intéresser aux résultats de chaque planche, sur lesquels nous avons basé nos hypothèses.

2. Interprétation des temps de dénomination par planche

Les résultats indiquent que l'hypothèse A, qui prévoyait des résultats identiques pour les normo-lecteurs et les dyslexiques sans TP, n'est validée que pour la planche de dénomination de couleurs, et pas pour les quatre autres planches. Notre hypothèse B n'est pas validée non plus, puisque les dyslexiques avec TP ne sont pas plus lents que les dyslexiques sans TP, avec cependant une nuance concernant la planche de dénomination alternée qui montre presque une différence entre les deux groupes. En effet, l'écart est à la limite de la significativité, faisant des dyslexiques avec TP le groupe le plus lent.

Ne révélant globalement pas de différence entre les deux types de dyslexies, ces résultats ne coïncident pas avec les affirmations de Fawcett et Nicolson (1994b), selon lesquels un déficit en DRA s'explique par un trouble phonologique, même si, qualitativement, les dyslexiques avec TP semblent être légèrement plus lents (figure 10). Ceci va dans le sens des constatations de Plaza et Robert-Jahier (2006) qui affirment que les processus cognitifs sous-tendant la DRA ne sont pas exclusivement phonologiques.

Nous pensons également que les capacités d'automatisation, bien qu'elles interviennent de façon évidente dans cette tâche, ne constituent pas le facteur le plus influent sur les résultats obtenus. En effet, nous avons prouvé précédemment dans la TTRS que tous nos sujets présentent de bonnes capacités d'automatisation, ce qui ne peut expliquer nos

résultats en DRA. Nos conclusions nous amènent à nous poser les mêmes questions que de nombreux auteurs quant à savoir ce qui est réellement testé dans cette tâche.

- L'automatisation remise en cause

Castel, Pech-Georgel, George et Ziegler (non encore publié) ont soumis 24 enfants dyslexiques et 24 enfants normo-lecteurs à deux tâches de DRA différentes : une tâche « continue » telle que la nôtre où tous les stimuli sont présentés sur la même feuille, et une tâche « discrète » dans laquelle les stimuli apparaissent un à un. Les trois types de stimuli présentés étaient plus ou moins automatisés. Les auteurs prédisaient que, si la DRA met en jeu des processus d'automatisation, les stimuli les plus automatisés (chiffres et lettres) devraient être dénommés significativement plus rapidement que les moins automatisés (objets), et ceci dans les deux types de présentation. Or, cette hypothèse se vérifie dans la version « continue » mais pas dans la version « discrète », ce qui suggère que le niveau d'automatisation jouerait un rôle surtout lorsque les stimuli voisins doivent être inhibés, ce que l'on retrouve dans les processus de lecture. En effet, les auteurs expliquent que moins les items sont automatisés, plus l'inhibition des stimuli voisins interfère avec la dénomination. Castel et al. concluent donc que, « *s'il existe un déficit d'automatisation, il est davantage présent dans les processus de sélection et d'inhibition latérale, qu'au niveau de l'accès aux représentations phonologiques* » (Castel et al., p.26). Il est donc possible que nos résultats ne s'expliquent pas par ce déficit.

- La part du trouble phonologique

De très nombreux auteurs attribuent au trouble phonologique la responsabilité de mauvaises performances en DRA. Cependant, cela ne correspond pas à nos résultats puisque nos sujets sans TP échouent dans cette tâche, ce qui montre que les capacités phonologiques ne sont pas les premières représentées dans les résultats. Ceci rejoint les constatations de Compton, DeFries et Olson (2001) qui ont prouvé l'indépendance des capacités en DRA et du trouble phonologique, dans le cadre de la théorie du double déficit.

- Les traitements visuels de haut et de bas niveau

Plaza et Robert-Jahier ont évoqué en 2006 différentes pistes explicatives des difficultés en DRA, dont celle d'un dysfonctionnement des traitements visuels de bas et/ou de haut niveau. Or, le déficit commun à tous nos sujets dyslexiques est la présence d'un trouble visuo-attentionnel, c'est-à-dire un trouble de haut niveau. Pourrait-il expliquer l'échec

dans cette tâche ? Aucune étude n'a pour l'instant testé spécifiquement le rôle de la visuo-attention dans l'épreuve de DRA, puisque cette notion est surtout développée dans le cadre de l'hypothèse pluraliste, alors que la majorité des auteurs ayant étudié la DRA se place dans le courant unitaire. Cependant, la version continue de l'épreuve de DRA demande des capacités d'inhibition des informations non pertinentes, comme dans la lecture. Il serait donc intéressant de faire passer cette épreuve à des enfants dyslexiques sans trouble visuo-attentionnel, afin de voir s'ils ont des performances déficitaires ou non.

En revanche, les traitements visuels de bas niveau impliqués dans la DRA ont été investigués en 2008 par Castel et al. (non encore publié). Pour cela, ils ont testé des enfants dyslexiques ayant tous un TP et des sujets contrôles, dans une DRA « continue » et une DRA « discrète ». La présentation successive des stimuli dans la version « discrète » ne demande pas un contrôle important au niveau des traitements visuels. En revanche, ils expliquent que la DRA continue « *met en jeu des processus de balayage visuel, de contrôle oculaire ou encore d'attention focalisée* » (Castel et al., p.5), ce qui correspond à des traitements neurovisuels. De plus, dénommer un élément parmi d'autres implique des phénomènes de masquage latéral et d'encombrement perceptif (Pelli, Palomares & Majaj, 2004 ; Pernet, Valdois, Celsis & Démonet, 2006, cités par Castel et al.). Les résultats des dyslexiques, bien que déficitaires par rapport aux normo-lecteurs, n'ont pas montré de différence entre les deux tâches, ce qui indique que les traitements visuels de bas niveau n'ont pas un rôle primordial dans cette tâche et qu'ils ne peuvent expliquer les différences que nous obtenons entre les sujets dyslexiques et les sujets normo-lecteurs dans notre étude.

Cependant, comme le rappellent Fawcett & Nicolson (1994b), d'autres facteurs, non cognitifs, peuvent expliquer un échec en DRA. Ainsi, nous pensons que la concentration, la fatigabilité ou la motivation, due par exemple au côté ludique de la tâche, jouent également un rôle dans les performances des participants.

3. Une piste diagnostique

L'interprétation par planche montre un écart presque significatif entre les deux groupes de dyslexiques uniquement en dénomination alternée, où les dyslexiques sans TP sont plus rapides que les dyslexiques avec TP. Cette épreuve pourrait alors éventuellement constituer un test permettant de différencier les dyslexiques selon la présence ou l'absence de trouble phonologique. Il serait donc intéressant de faire passer le même type

d'épreuve, avec un nombre de stimuli et d'enfants plus important, afin de confirmer ou non nos observations.

Cependant, contrairement aux autres planches, celle-ci fait certainement plus appel aux fonctions exécutives (en particulier aux capacités de flexibilité mentale ou shifting) puisqu'elle regroupe des items issus de différents groupes sémantiques et que les autres planches ne comptent que quatre items récurrents différents, alors que la dénomination alternée en compte 16. Les fonctions exécutives constituent-elles alors l'élément qui différencie les deux types de dyslexie ? Il serait intéressant de voir si une différence significative existe entre les deux groupes de dyslexiques dans l'utilisation des fonctions exécutives.

4. Limites de la tâche

La population à laquelle nous avons fait passer la tâche de DRA était constituée de seulement cinq dyslexiques avec TP, six dyslexiques sans TP et 18 normo-lecteurs, ce qui représente un échantillon trop faible pour pouvoir généraliser nos conclusions. D'autre part, nous avons vu ci-dessus que les processus mis en jeu dans la DRA ne sont pas tout à fait identifiés, ce qui rend l'interprétation des résultats et le lien entre la TTRS et la DRA difficiles.

III. QUELLES CORRELATIONS ENTRE CES DEUX EPREUVES ?

1. Une lenteur avérée

Les deux tâches de notre étude n'ont pas révélé de consensus sur les capacités d'automatisation des enfants dyslexiques, cependant, elles mettent toutes deux en évidence leur lenteur par rapport aux normo-lecteurs, qualitativement dans la TTRS et quantitativement dans la DRA. Les différences de courbes entre normo-lecteurs et dyslexiques pourraient être liées à l'implication du paramètre de vitesse.

Cette hypothèse a été explorée par Bonifaci et Snowling (2008), qui ont comparé des enfants dyslexiques avec des enfants mauvais lecteurs ayant un QI faible lors de quatre tâches impliquant la vitesse de traitement. Les résultats montrent que les enfants avec un QI faible ont été plus en échec que les enfants dyslexiques. Les auteurs concluent que la vitesse de traitement serait liée au QI, et que les dyslexiques n'auraient donc pas de

problème dans ce domaine, puisqu'ils ne présentent pas de déficit intellectuel. Cependant, ils n'ont pas comparé leurs performances avec des enfants normo-lecteurs, ce qui ne leur permet pas d'écartier un dysfonctionnement. Stoodley et Stein (2006) ont, quant à eux, mis en évidence des TR moins bons chez les adultes dyslexiques que chez les normo-lecteurs, à la fois dans des tâches langagières et dans des tâches motrices. Ces résultats indiquent selon eux un déficit de la vitesse motrice chez les dyslexiques qui persisterait chez l'adulte, et mettent en évidence des liens entre la vitesse motrice et la vitesse avec laquelle ils traitent les informations du langage. Nicolson et Fawcett ont réalisé une étude en 1994 mettant en évidence un déficit chez des adolescents dyslexiques dans trois tâches cognitives et motrices de temps de réaction. Ils s'en sont servi pour étayer leur théorie en expliquant que la lenteur motrice, en particulier articulatoire, empêcherait la construction de bonnes représentations phonologiques et entrainerait une dyslexie. Pourtant, nos résultats indiquent que les dyslexiques sans TP présentent aussi une lenteur, ce qui invalide la théorie cérébelleuse.

2. Une ou des automatisations ?

D'autre part, nous pouvons penser que l'automatisation visuo-motrice (TTRS) et l'automatisation visuo-verbale (DRA) pourraient être deux processus différents puisque nos enfants dyslexiques n'ont pas les mêmes performances dans les deux tâches. Ceci irait à l'encontre de la théorie cérébelleuse, dans laquelle Nicolson et Fawcett (1999) parlent d'un déficit général d'automatisation.

3. Implication d'autres structures

L'apprentissage implicite et l'automatisation ne seraient pas gérés uniquement par le cervelet. Ainsi, Willingham (1998, cité par Kelly & al., 2002) affirme que l'apprentissage procédural implicite serait en partie géré par l'aire motrice supplémentaire et les ganglions de la base, et n'impliquerait donc pas seulement le cervelet. En effet, certains auteurs ont remarqué un déficit d'apprentissage chez des patients atteints de la maladie de Parkinson ou d'Huntington, dans lesquels les ganglions de la base, en particulier le striatum, sont atteints (Ferraro, Balota & Connor, 1993, cités par Meulemans, 1998 ; Wilkinson & Jahansahi, 2007). Ces structures sous-corticales pourraient donc gérer l'apprentissage séquentiel implicite, puisqu'il existe, selon ces auteurs, un réseau cérébello-sous-cortical nécessaire à l'automatisation. Ces observations peuvent expliquer que les résultats de notre étude ne montrent pas de déficit d'apprentissage implicite chez

les enfants dyslexiques si on considère qu'ils n'ont effectivement qu'un déficit cérébelleux, comme l'affirment Nicolson et Fawcett (1999).

CONCLUSION

Les résultats de la TTRS ont montré que les enfants dyslexiques avec et sans trouble phonologique sont capables d'apprendre implicitement une séquence et de l'automatiser, bien que leur apprentissage soit qualitativement moins bon que celui des normo-lecteurs. En effet, ils ont besoin de plus de temps pour apprendre et font plus d'erreurs, en particulier quand ils ne présentent pas de trouble phonologique. En revanche, puisque la DRA ne teste pas seulement l'automatisation, nous ne pouvons tenir compte des données obtenues. Celles-ci nous confirment seulement l'existence d'une lenteur (de traitement et/ou de réalisation) avérée chez tous les enfants dyslexiques.

Ce que nous avons constaté, en comparant les dyslexiques aux normo-lecteurs et les deux groupes de dyslexiques entre eux, ne correspond pas à la théorie cérébelleuse qui affirme que les enfants qui présentent une dyslexie, due selon les auteurs à un trouble phonologique, ont tous un déficit général d'automatisation. Par ailleurs, les conclusions qualitatives de la TTRS et quantitatives de la DRA concordent avec l'hypothèse pluraliste, puisque les deux groupes de dyslexiques ne manifestent pas les mêmes performances. Une étude différenciant les groupes de dyslexiques par la présence ou l'absence d'un trouble cognitif visuo-attentionnel apporterait probablement de nouveaux éléments sur les facteurs qui influencent l'apprentissage implicite. Il n'a en effet pas été possible pour nous de faire cette distinction, car, lors de la sélection de nos participants, la majorité d'entre eux présentait un trouble visuo-attentionnel.

Puisque nos résultats ont montré que les sujets dyslexiques n'avaient pas de difficultés d'apprentissage implicite, une confrontation régulière aux mots, dans divers exercices ou jeux, devrait être suffisante pour permettre l'intégration des règles de lecture, d'orthographe et de grammaire. Il est cependant possible que, pour automatiser leurs connaissances, il soit plus facile pour certains enfants dyslexiques de passer par un apprentissage explicite puisque leur apprentissage implicite, bien que présent, semble être de moins bonne qualité que celui des normo-lecteurs. En effet, Roodenrys et Dunn (2008), ont montré que les enfants conscients de la présence de la séquence, ont de meilleurs résultats que les autres. Il serait donc intéressant d'explicitement aux enfants dyslexiques qui en ont besoin, ce qui est censé être appris implicitement à l'école, en particulier lors de l'apprentissage de la lecture et de l'orthographe. Pacton et Perruchet (2006) ayant prouvé que l'orthographe est apprise en partie implicitement, il serait également intéressant de répertorier ce qui, dans la lecture, est appris de façon implicite. Cet inventaire, qui contiendrait des règles de lecture, de grammaire, ou encore concernant

les graphies contextuelles, pourrait constituer un outil utilisé lors d'une rééducation orthophonique durant laquelle le thérapeute s'appliquerait à rendre explicites toutes ces notions implicites afin de faciliter leur intégration et d'améliorer le niveau de lecture et d'orthographe d'un enfant dyslexique.

L'efficacité de cette rééducation pourrait dépendre du type de dyslexie que présente le patient, en étant plus bénéfique aux dyslexiques sans trouble phonologique (ou dyslexiques de surface). En effet, nous avons constaté que, comparativement aux dyslexiques phonologiques ou mixtes, ces derniers font plus d'erreurs lorsqu'ils apprennent implicitement. Or, selon Pacton et Perruchet (2006), l'erreur possède un rôle perturbateur dans la part implicite de l'apprentissage, alors qu'elle représente une étape utile lorsque l'apprentissage est explicite. De plus, le lexique orthographique, qui se construit chez l'enfant normo-lecteur sans qu'il n'en ait forcément conscience et en fonction de la fréquence d'exposition aux mots, est faible chez les dyslexiques de surface. Ceci pourrait peut-être s'expliquer par la moins bonne qualité de leur apprentissage implicite, qui ne les rendrait pas plus sensibles aux mots fréquents qu'aux mots non fréquents. Il serait donc intéressant de mettre en évidence, dans une prochaine étude, les corrélations existant entre la taille du stock orthographique, l'effet de fréquence et le niveau d'apprentissage implicite.

BIBLIOGRAPHIE

Alegria, J., & Morais, J. (2001). Métaphonologie, acquisition du langage écrit et troubles associés. In S. Carbonnel, P. Gillet, M-D. Martory & S. Valdois (Eds), *Approche cognitive des troubles de la lecture et de l'écriture chez l'enfant et l'adulte* (pp.81-96). Marseille, Solal.

American Psychiatric Association (2000). *Diagnostic and statistical manual of mental disorders, fourth edition, text revision (DSM IV-R)*. Washington, D.C. : American Psychiatric Association.

Ans, B., Carbonnel, S., & Valdois, S. (1998). A connexionist multiple-trace memory model for polysyllabic word reading. *Psychological review*, 105, n°4, 678-723.

Averbach, E., & Sperling, G. (1968). Short term storage of information in vision. In R.N. Haber (Ed), *Contemporary theory and research in visual perception*. New York: Holt, Rinehart & Winston.

Beaton, A. A. (2002). Dyslexia and the cerebellar deficit hypothesis. *Cortex*, 38, 479–490.

Bedoin, N., Lévy-Sebbag, H., & Kéïta, L. (2005, September). Distinct cognitive impairments for hierarchical letters and hierarchical objects processing in phonological and surface developmental dyslexia. Poster presented at The XIIIth Conference of the European Society of Cognitive Psychology (ESCOP 13), Leiden, Holland.

Bishop, D.V.M. (2002). Cerebellar abnormalities in developmental dyslexia: Cause, correlate or consequence? *Cortex*, 38, 491-498.

Bosse, M-L., Tainturier, M-J, & Valdois, S. (2007). Developmental Dyslexia : The visual attention span deficit hypothesis. *Cognition*, 104 (2), 198-230.

Bradley, L., & Bryant, P. (1983). Categorising sounds and learning to read - a causal connection. *Nature*, 301, 419-421.

Casalis, S. (2004). Traitements orthographiques phonologiques et visuels chez deux groupes contrastes de dyslexiques. In S. Valdois, P. Colé & D. David (Eds), *Apprentissage de la lecture et dyslexie* (pp. 85-111). Marseille, Solal.

-
- Casco, C., Tressoldi, P.E., & Dellantino, A. (1998). Visual selective attention and reading efficiency are related in children. *Cortex*, *34*, 531-546.
- Castel, C., Pech-Georgel, C., George, F. & Ziegler, J.C. (non encore publié). *Lien entre dénomination rapide et lecture chez les enfants dyslexiques*.
- Compton, D.L., DeFries, J.C., & Olson, R.K. (2001). Are RAN- and Phonological Awareness- Deficits Additive in Children with Reading Disabilities? *Dyslexia*, *7*, 125-149.
- Denckla, M. B., & Rudel, R. (1974). Rapid "automatized" naming of pictured objects, colors, letters, and numbers by normal children. *Cortex*, *10*, 186-202.
- Denckla, M.B., & Rudel R.G. (1976). Rapid "automatized" naming (R.A.N): dyslexia differentiated from other learning disabilities. *Neuropsychologia* *14*(4), 471-479.
- Doyon, J., Laforce, R. Jr, Bouchard, G., Gaudreau, D., Roy, J., Poirier, M., Bédard, P.J., Bédard, F., & Bouchard, J.P. (1998). Role of the striatum, cerebellum and frontal lobes in the automatization of a repeated visuomotor sequence of movements. *Neuropsychologia*, *36*, 625-641.
- Estienne, F. (1999). *Méthode d'initiation à l'écrit pour les dyslexiques et les dysorthographiques*. Paris : Masson.
- Facoetti, A., Paganoni, P., & Lorusso, M.L. (2000). The spatial distribution of visual attention in developmental dyslexia. *Experimental Brain Research*, *132*, 531-538.
- Fawcett, A.J., & Nicolson, R.I. (Eds) (1994a). *Dyslexia in Children: Multidisciplinary Perspectives*. Hemel Hempstead: Harvester Press.
- Fawcett, A.J. & Nicolson, R.I. (1994b). Naming speed in children with dyslexia. *Journal of learning disabilities*, *27* (10), 641-646.
- Fawcett, A. J., & Nicolson, R. I. (1999). Performance of dyslexic children non cerebellar and cognitive tests. *Journal of Motor Behavior*, *31*, 68-78.
- Fawcett, A. J., Nicolson, R. I., & Dean, P. (1996). Impaired performance of children with dyslexia on a range of cerebellar tasks. *Annals of Dyslexia*, *46*, 259-283.
-

-
- Finch, A.J., Nicolson, R.I., & Fawcett, A.J. (2002). Evidence for a neuroanatomical difference within the olivo-cerebellar pathway of adults with dyslexia. *Cortex*, 38, 529-539.
- Fulbright, R.K., Jenner, A.R., Menel, W.E., Pugh, K.R., Shaywitz, B.A., Shaywitz, S.E., Frost, S.J., Skudlarski, P., Constable, R.T., Lacadie, C.M., Marchione, K.E., & Gore, J.C. (1999). The Cerebellum's Role in Reading: A Functional MR Imaging Study. *American Journal of Neuroradiology*, 20, 1925-1930.
- Galaburda, A., & Livingstone, M. (1993). Evidence for a magnocellular defect in developmental dyslexia. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 682, 70-82.
- Gombert, J.E. (2005). Apprentissage implicite et explicite de la lecture. In *Comprendre, Congrès scientifique international, Actes de Toulouse, 14-16 octobre 2005* (pp.177-187).
- Griffiths, S., & Frith, U. (2002). Evidence for an articulatory Awareness Deficit in Adult Dyslexics. *Dyslexia*, 8, 14-21.
- Habib, M. (2000). The neurological basis of developmental dyslexia. An overview and working hypothesis. *Brain*, 123, 2373-2399.
- Habib, M. (2002). Bases neurologiques des troubles spécifiques d'apprentissage. *Dossier « Dyslexie et Dysphasie » in Réadaptation, ONISEP n°486*, 16-28.
- Howard, J.H.Jr, Howard, D.V., Japiske, K.C., & Eden, G.F. (2006). Dyslexics are impaired on implicit higher-order sequence learning, but not on implicit spatial context learning. *Neuropsychologia*, 44, 1131-1144.
- Inserm (2007). *Expertise collective. Dyslexie, Dysorthographe, Dyscalculie. Bilan des données scientifiques*. Paris : Les édition Inserm.
- Ito, M. (1990). A new physiological concept on cerebellum. *Revue Neurologique (Paris)*, 146, 564-569.
- Ivry, R.B., & Justus, T.C. (2001). A neural instantiation of the motor theory of speech perception. *Trends in Neurosciences*, 24, 513-515.
- Jacquier-Roux, M., Valdois, S. & Zorman, M. (1999). *Bilan Analytique du Langage Ecrit*. Non publié.
-

-
- Jacquier-Roux, M., Valdois, S. & Zorman, M. (2005). *Outil de Dépistage des Dyslexies version 2*. Grenoble : Cogni-Sciences.
- Katz, W. F., Curtiss, S., & Tallal, P. (1992). Rapid automatized naming and gesture by normal and language-impaired children. *Brain and Language*, 43, 623–641.
- Kéïta, L., Bedoin, N., Mérigot, A., & Herbillon, V. (2005). Global/local processing of letter-based and object-based hierarchical stimuli : A developmental and neuropsychological study. Poster presented at The XIVth Conference of the European Society of Cognitive Psychology (ESCOP 14), Leiden, Holland.
- Kelly, S.W., Griffiths, S., & Frith, U. (2002). Evidence for implicit sequence learning in dyslexia. *Dyslexia* 8, 43-52.
- Lalain, M., Joly-Pottuz, B., Nguyen, N., & Habib, M. (2003). *Dyslexia: The articulatory hypothesis revisited*. *Brain and Cognition*, 53, 253-256.
- Lecocq, P. (1991). *Apprentissage de la lecture et dyslexie*. Liège : Mardaga.
- Lefavrais, P. (1967). *L'Alouette*. ECPA : Paris.
- Leiner, H.C., Leiner, A.L., & Dow, R.S. (1993) Cognitive and language functions of the human cerebellum. *Trends in Neuroscience*, 16, 444–447.
- Lovegrove, W.J., Garzia, R.P. & Nicholson, S.B. (1990). Experimental evidence for a transient system deficit in specific reading disability. *Journal of the American Optometric Association*, 61(2), 137-46.
- Mano, N., & Yamamoto, K. (1986). Complex activity during rick tracking. *Journal of Neurophysiology*, 56, 137-142.
- Marshall, J.C., & Newcombe, F. (1973). Patterns of paralexia : a psycholinguistic approach. *Journal of psycholinguistic research*, 2 (3), 175-199.
- Meulemans, T. (1998). *L'apprentissage implicite, une approche cognitive, neuropsychologique et développementale*. Marseille : Solal.
- Nicolson, R.I., & Fawcett, A.J. (1994). Reaction times and dyslexia. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 47(1), 29-48
-

-
- Nicolson, R.I., & Fawcett, A.J. (1999). Developmental Dyslexia : The Role of the Cerebellum. *Dyslexia*, 5, 155-177.
- Nicolson, R.I., Fawcett, A.J. Berry, E.L., Jenkins, I.H., Dean, P., & Brooks, D.J. (1999). Association of abnormal cerebellar activation with motor learning difficulties in dyslexic adults. *Lancet*, 343, 1662-1667.
- Nicolson, R. I., Fawcett, A. J., & Dean, P. (1995). Time estimation deficits in developmental dyslexia: Evidence for cerebellar involvement. *Proceedings of the Royal Society*, 259, 43–47.
- Nicolson, R. I., Fawcett, A. J., & Dean, P. (2001a). Developmental dyslexia: The cerebellar deficit hypothesis. *Trends in Neurosciences*, 24, 508–511.
- Nicolson, R.I., Fawcett, A.J., & Dean, P. (2001b). Dyslexia, development and the cerebellum. Discussion by Nicolson *et al.* on commentaries by Ivry and Justus, and Zeffiro and Eden. *Trends in Neurosciences*, 24, 515-516.
- Nissen, M.J. & Bullemer, P. (1987). Attentional requirements of learning : Evidence from performance measures. *Cognitive Psychology*, 19, 1-32.
- Ojakangas, C., L., & Ebner, T.J. (1991).Scaling of the metrics of visually guided arm movements during motor learning in primates. *Experimental Brain Research*, 85, 314-323.
- Organisation Mondiale de la Santé (2001). Impact des troubles mentaux et du comportement. *Rapport sur la santé dans le monde*, 19-45.
- Pacton, S., & Perruchet, P. (2006). L'apprentissage implicite, du labo à l'école. *Comprendre les apprentissages*, 2, 59-73.
- Plaza, M. & Robert-Jahier, A.M. (2006). *Logiciel DRA enfants*. Magny-en-Velin : Adeprio Diffusion.
- Raberger, T., & Wimmer, H. (2003). On the automaticity/cerebellar deficit hypothesis of dyslexia: balancing and continuous rapid naming in dyslexic and ADHD children. *Neuropsychologia*, 41, 1493-1497.
-

-
- Ramus, F. (2002). Dyslexie développementale : déficit phonologique spécifique ou trouble sensori-moteur global ? *Actes des IVèmes Journées Scientifiques de l'École d'Orthophonie de Lyon, « L'écrit : modèles, apprentissage, troubles. »*
- Ramus, F., Rosen, S., Dakin, S.C., Day, B.L., Castellote, J.M., White, S., & Frith, U. (2003). Theories of developmental dyslexia : insights from a multiple case study of dyslexic adults. *Brain, 126*, 841-865.
- Reid, A.A., Szczerbinski, M., Iskierka-Kasperek, E., & Hansen, P. (2007). Cognitive Profiles of Adult Developmental Dyslexics : Theoretical Implications. *Dyslexia, 13*, 1-24.
- Roodenrys, S. & Dunn, N. (2008). Unimpaired implicit learning in children with developmental dyslexia. *Dyslexia, 14*, 1-15.
- Rüsseler, J., Gerth, I., & Münte, T.F. (2006). Implicit learning is intact in adult developmental dyslexic readers: evidence from the serial reaction time task and artificial grammar learning. *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology, 28*, 808-827.
- Schmahmann, J.D. (1997). The cerebellum and cognition. *International Review of Neurobiology, 41*.
- Schmahmann, J.D., Doyon, J., McDonald, D., Holmes, C., Lavoie, K., Hurwitz, A.S., Kabani, N., Toga, A., Evans, A., & Petrides, M. (1999). Three-dimensional MRI atlas of the human cerebellum in proportional stereotaxic space. *Neuroimage, 10*, 233-260.
- Schneider, W., Eschman, A. Ans Zuccolotto, A. (2002). *E-Prime*. Psychology Software Tools, Inc.
- Semrud-Clikeman, M., Guy, K., Griffin, J.D., & Hynd, G.W. (2000). Rapid Naming Deficits in Children and Adolescents with Reading Disabilities and Attention Deficit Hyperactivity Disorder. *Brain and Language, 74*, 70-83.
- Stadler, M.A. (1995). Role of attention in implicit learning. *Journal of Experimental Psychology : Learning, Memory, and Cognition, 21*, 674-685.
- Sternberg, R. J., & Wagner, R. K. (1982). Automatization failure in learning disabilities. *Topics in Learning and Learning Disabilities, 2*, 1-11.
-

-
- Stoodley C.J., Harrison, E.P.D., & Stein, J.F. (2005). Implicit motor learning deficit in dyslexic adults. *Neuropsychologia*, 44, 795-798.
- Stoodley, C.J. & Stein, J.F. (2006). A processing speed deficit in dyslexic adults ? Evidence from a peg-moving task. *Neuroscience Letters*, 399(3), 264-267.
- Strangman, G., Heindel, W.C., Anderson, J.A., & Sutton, J.P. (2005). Learning motor sequences with and without knowledge of governing rules. *Neurorehabilitation Neural Repair*, 19, 93-114.
- Tallal,P. (1980). Auditory temporal perception, phonics, and reading disabilities in children. *Brain and language*, 9, 182-198.
- Thach, W.T. (1996) On the specific role of the cerebellum in motor learning and cognition : cues from PET activation and lesion studies in man. *Brain and Behavioural Sciences*, 19, 411-431.
- Tulving, E. (1995). Organisation of memory : Quo vadis ? In M.S. Gazzaniga (Ed.), *The Cognitive Neurosciences* (MIT Press ed., pp. 839-487). Cambridge, MA.
- Valdois, S., & Launay, L. (1999). Evaluations et rééducations cognitives des dyslexies développementales : illustration à partir d'une étude de cas. In *La rééducation en neuropsychologie : études de cas*. Marseille : Solal.
- Valdois, S. (2000). Pathologies développementales de l'écrit. In M.Kail & M.Fayol (Eds.), *Acquisition du langage* (Presse Universitaire de France ed., pp. 247-278). Paris.
- Valdois, S. & Bosse, M.-L. (2001).EduSCOL - Publications form. ens./Dyslexie à l'école université 28-31 octobre 2002. Retrieved 04, 27, 2008, from http://eduscol.education.fr/D0126/dyslexie_valdois.htm
- Valdois, S., Bosse, M.-L., Ans, B., Carbonnel, S., Zorman, M., & David, D. (2003). Phonological and visual processing deficits can dissociate in developmental dyslexia : evidence from two case studies. *Reading and Writing: An Interdisciplinary Journal*, 16, 541-572.
- Van Hout, A. (2001). *Les dyslexies : décrire, évaluer, expliquer, traiter*. 3^{ème} édition. Paris : Masson.
-

Vicari, S., Marotta, L., Menghini, D., Molinari, M., & Petrosini, L. (2003). Implicit learning deficit in children with developmental dyslexia. *Neuropsychologia*, *41*, 108-114.

Vicari, S., Finzi, A., Menghini, D., Marotta, L., Baldi, S., & Petrosini, L. (2005). Do children with developmental dyslexia have an implicit learning deficit? *Journal of Neurology, Neurosurgery and Psychiatry*, *76*, 1392-1397.

Wilkinson, L. & Jahanshahi, M. (2007). The striatum and probabilistic implicit sequence learning. *Brain Research*, *1137(1)*, 117-130.

Wolf, M. & Bowers, P. (1999). The double-deficit hypothesis for the developmental dyslexias. *Journal of Educational Psychology* *91*, 1-24.

Yssaad-Fesselier, R. (2006). *Etude de l'apprentissage procédural et implicite dans le cadre théorique de l'hypothèse cérébelleuse chez des enfants dyslexiques avec ou sans trouble phonologique*. Mémoire de Master II de Psychologie clinique et pathologique. Mention : Neuropsychologie, pathologies acquises et développementales des fonctions cognitives. Université de Savoie, département de psychologie.

Zeffiro, T., & Eden, G. (2001). The cerebellum and dyslexia: Perpetrator or innocent bystander? *Trends in Neurosciences*, *24*, 512-513.

ANNEXES

ANNEXE I : FICHE DE RENSEIGNEMENTS REMPLIE PAR LES PARENTS DES SUJETS CONTROLES

Hôpital DEBROUSSE
29, rue Sœur Bouvier
69322 LYON Cedex 05



UNITE DE NEURO-PEDIATRIE Pr Vincent Des PORTES

CONSULTATION DE NEUROLOGIE NEUROPSYCHOLOGIE

Pr Vincent Des PORTES
Dr Christophe ROUSSELLE
Dr Laurence LION-FRANCOIS
Dr Dorothée VILLE

CONSULTATION DE

M. Vania HERBILLON
M. Gérald BUSSY
Mme Sonia KRIFI-PAPOZ

Permanence téléphonique
tous les lundis de 17h à 20h
☎ : 04 72 38 55 16

Fiche de Renseignement

Cette fiche de renseignement est destinée au neuropsychologue responsable de l'étude et aux deux étudiantes en charge du mémoire.

Ce questionnaire est à remplir par une personne qui connaît bien l'enfant qui participera à notre étude. Nous vous demandons de bien vouloir nous retourner ce questionnaire le jour de la passation des épreuves.

Pour répondre nous vous demandons de cocher les cases correspondantes.

Ce questionnaire personnel fait parti du protocole de recherche et ne sera lu que par le responsable de l'étude et les étudiantes orthophonistes qui sont soumis au secret professionnel.

Certaines questions peuvent vous paraître très personnelles, vous n'êtes donc pas obligés d'y répondre.

Questionnaire rempli le : / / par : Père Mère autres (*préciser*):

NOM :

.....
.....

Prénom :

.....
.....

Date de Naissance: / / lieu de naissance:

.....

Age actuel: ans mois

Naissance/ grossesse :

La grossesse s'est elle déroulée normalement : oui non, préciser :

.....

Prématurité: oui non, il est né à (en semaines d'aménorrhée):semaines

Réanimation: oui non si oui préciser la durée:

.....

Histoire médicale de l'enfant :

Est-ce qu'il est actuellement suivi par un médecin spécialiste (orthoptiste, endocrinologue)? Non

oui, préciser lequel :

.....

Suit-il actuellement un traitement médicamenteux : Non oui, préciser lequel :

.....

L'enfant a-t-il déjà présenté des crises d'épilepsie ? : Non oui, préciser à quel age :

A-t-il subi des opérations chirurgicales cérébrales: Non oui, laquelle/lesquelles **et** quand :

.....

L'enfant a-t-il des problèmes auditifs : Non oui, préciser :

L'enfant a-t-il des problèmes visuels : Non oui, préciser :

Comportement :

L'enfant a-t-il présenté des difficultés d'ordre psychopathologique (dépression) ? : Non Oui
 Préciser :

L'enfant présente-t-il des angoisses ? Non Oui, Préciser quelle(s) angoisse(s):

.....

Merci de répondre en estimant sur une échelle de 0 à 5, les différents comportements suivants (entourer le chiffre correspondant) : *s'il existe des différences entre le comportement à l'école et celui à la maison, le signaler en entourant deux chiffres de manières différentes comme ceci : entourer par un rond pour le comportement à la maison et par un carré pour l'école.*

- Agitation motrice :

Pas agité

Très agité

0	1	2	3	4	5

- Impulsivité :

Pas impulsif

Très impulsif

0	1	2	3	4	5

- Concentration :

Bonne

Difficultés de concentration

0	1	2	3	4	5

- Timidité :

Pas timide

Très timide

0	1	2	3	4	5

- Humeur :

Joyeux

Triste

0	1	2	3	4	5

- Relations avec les autres enfants :

Bonne

Mauvaise/absente

0	1	2	3	4	5

Scolarité:

Actuellement: (cocher la classe dans lequel se trouve votre enfant) :

CP CE1 CE2 CM1 CM2 6^{ème} 5^{ème}

Y a t il eu un ou plusieurs redoublement(s) (préciser les classes redoublées) :

.....

- Lecture: acquise en cours d'acquisition non acquise
 - Orthographe: bien acceptable difficile
 - Ecriture : belle acceptable médiocre
 - Calcul (opérations, logique...) : bien acceptable difficile
 - Géométrie : bien acceptable difficile

Rééducations :

Orthophonique : oui non

- Début de la rééducation (mois et année) :/
- Fin de la rééducation (mois et année) :/ en cours actuellement

Psychomotricité : oui non

- Début de la rééducation (mois et année) :/
- Fin de la rééducation (mois et année) :/ en cours actuellement

Prise en charge psychologique : oui non

- Début du suivi (mois et année) :/
- Fin du suivi (mois et année) :/ en cours actuellement

Autres (préciser) :

-
- Début de la rééducation (mois et année) :/
- Fin de la rééducation (mois et année) :/ en cours actuellement

Aptitudes :

1. Langage :

Langue maternelle :

Autres
 langues couramment
 parlées :

Age d'apparition des premiers mots :, des premières phrases :

Actuellement, vous diriez que le langage est : normal avec difficultés

2. *Motricité* :

Age d'apparition des premiers pas :

La motricité globale (courir, sauter faire du vélo...) est : normale avec
 difficultés

La motricité fine (boutonner, lacer, dessiner....) est : normale avec
 difficultés

Préférence manuelle : Droitier Gaucher
 Ambidextre

Observations/ commentaires particuliers (*cet espace vous est réservé. Il vous permet de
 nous transmettre une information qui vous paraîtrait utile*) :

.....

Nous vous remercions pour votre collaboration et pour le temps consacré à ce questionnaire.

Dans l'attente de notre prochaine rencontre, nous vous prions de croire, Madame, Monsieur, en l'expression de nos respectueuses salutations.

Sonia KRIFI
 Psychologue-neuropsychologue

Gérald BUSSY
 Psychologue-neuropsychologue

Charlotte FRENAY
 Etudiante en orthophonie

Laure VIEVILLE
 Etudiante en orthophonie

ANNEXE II : RESULTATS STATISTIQUES DE LA TTRS

1. Analyse intra-groupes des Temps de Réaction entre les blocs

1.1. Dyslexiques avec TP

Les cases grisées contiennent les résultats significatifs.

VAR1 TR bloc1	VAR2 TR bloc 2	VAR3 TR bloc 3	VAR4 TR bloc 4	VAR5 TR bloc 5	VAR6 TR bloc 6
Test des Ech. Appariés de Wilcoxon (rt avec phono.sta)					
	N				
avec TP	Actifs	T	Z	niveau p	
VAR1 & VAR1					
VAR1 & VAR2	11	32	0,088910848	0,929153323	
VAR1 & VAR3	11	11	1,956038594	0,050469287	
VAR1 & VAR4	11	5	2,489503622	0,012797196	
VAR1 & VAR5	11	9	2,13386035	0,032861792	
VAR1 & VAR6	11	4,5	2,53395915	0,011282915	
VAR2 & VAR1	11	32	0,088910848	0,929153323	
VAR2 & VAR3	11	18	1,333662629	0,182323962	
VAR2 & VAR4	11	8	2,222771168	0,026238196	
VAR2 & VAR5	11	14	1,689306021	0,091170549	
VAR2 & VAR6	11	1	2,845147133	0,004441909	
VAR3 & VAR1	11	11	1,956038594	0,050469287	
VAR3 & VAR2	11	18	1,333662629	0,182323962	
VAR3 & VAR4	11	9	2,13386035	0,032861792	
VAR3 & VAR5	11	32	0,088910848	0,929153323	
VAR3 & VAR6	11	10	2,044949532	0,040867995	
VAR4 & VAR1	11	5	2,489503622	0,012797196	
VAR4 & VAR2	11	8	2,222771168	0,026238196	
VAR4 & VAR3	11	9	2,13386035	0,032861792	
VAR4 & VAR5	11	12	1,867127776	0,061892871	
VAR4 & VAR6	11	22	0,978019297	0,32807216	
VAR5 & VAR1	11	9	2,13386035	0,032861792	
VAR5 & VAR2	11	14	1,689306021	0,091170549	
VAR5 & VAR3	11	32	0,088910848	0,929153323	
VAR5 & VAR4	11	12	1,867127776	0,061892871	
VAR5 & VAR6	11	6	2,400592804	0,016374208	
VAR6 & VAR1	11	4,5	2,53395915	0,011282915	
VAR6 & VAR2	11	1	2,845147133	0,004441909	
VAR6 & VAR3	11	10	2,044949532	0,040867995	
VAR6 & VAR4	11	22	0,978019297	0,32807216	
VAR6 & VAR5	11	6	2,400592804	0,016374208	

1.2. Dyslexiques sans TP

VAR1 TR bloc1	VAR2 TR bloc 2	VAR3 TR bloc 3	VAR4 TR bloc 4	VAR5 TR bloc 5	VAR6 TR bloc 6
Test des Ech. Appariés de Wilcoxon (rt avec phono.sta)					
	N				
sans TP	Actifs	T	Z	niveau p	
VAR1 & VAR1					
VAR1 & VAR2	14	21	1,712198615	0,086869754	
VAR1 & VAR3	14	16	2,061626911	0,03925132	
VAR1 & VAR4	14	15	2,354118109	0,018572718	
VAR1 & VAR5	14	22	1,914682746	0,055541873	
VAR1 & VAR6	14	2	3,170212269	0,001524711	
VAR2 & VAR1	14	21	1,712198615	0,086869754	
VAR2 & VAR3	14	44	0,533600092	0,593621969	
VAR2 & VAR4	14	37	0,973035455	0,330543041	
VAR2 & VAR5	14	51	0,094164722	0,924978912	
VAR2 & VAR6	14	5	2,981882811	0,002866972	
VAR3 & VAR1	14	16	2,061626911	0,03925132	
VAR3 & VAR2	14	44	0,533600092	0,593621969	
VAR3 & VAR4	14	38	0,910259008	0,362692773	
VAR3 & VAR5	14	52	0,031388242	0,974960089	
VAR3 & VAR6	14	8	2,793553352	0,005216341	
VAR4 & VAR1	14	15	2,354118109	0,018572718	
VAR4 & VAR2	14	37	0,973035455	0,330543041	
VAR4 & VAR3	14	38	0,910259008	0,362692773	
VAR4 & VAR5	14	38	0,910259008	0,362692773	
VAR4 & VAR6	14	15,5	2,322729826	0,020199906	
VAR5 & VAR1	14	22	1,914682746	0,055541873	
VAR5 & VAR2	14	51	0,094164722	0,924978912	
VAR5 & VAR3	14	52	0,031388242	0,974960089	
VAR5 & VAR4	14	38	0,910259008	0,362692773	
VAR5 & VAR6	14	0	3,2957654	0,000982607	
VAR6 & VAR1	14	2	3,170212269	0,001524711	
VAR6 & VAR2	14	5	2,981882811	0,002866972	
VAR6 & VAR3	14	8	2,793553352	0,005216341	
VAR6 & VAR4	14	15,5	2,322729826	0,020199906	
VAR6 & VAR5	14	0	3,2957654	0,000982607	

1.3. Normo-lecteurs

VAR1 VAR2 VAR3 VAR4 VAR5 VAR6
TR bloc1 **TR bloc 2** **TR bloc 3** **TR bloc 4** **TR bloc 5** **TR bloc 6**

Test des Ech. Appariés de Wilcoxon (rt avec phono.sta)	N	T	Z	niveau p
contrôles	Actifs			
VAR1 & VAR1				
VAR1 & VAR2	18	39	2,025091648	0,042866237
VAR1 & VAR3	18	21	2,808997869	0,004972609
VAR1 & VAR4	18	10	3,288051844	0,00100992
VAR1 & VAR5	18	79	0,2830773	0,777119398
VAR1 & VAR6	18	3	3,592904329	0,000327503
VAR2 & VAR1	18	39	2,025091648	0,042866237
VAR2 & VAR3	18	19	2,896098614	0,003780894
VAR2 & VAR4	18	25	2,634796619	0,008422824
VAR2 & VAR5	18	61	1,0669837	0,285987258
VAR2 & VAR6	18	16	3,026749611	0,002473952
VAR3 & VAR1	18	21	2,808997869	0,004972609
VAR3 & VAR2	18	19	2,896098614	0,003780894
VAR3 & VAR4	18	38	1,822517157	0,068385869
VAR3 & VAR5	18	30	2,41704464	0,015652649
VAR3 & VAR6	18	44	1,807339787	0,070718691
VAR4 & VAR1	18	10	3,288051844	0,00100992
VAR4 & VAR2	18	25	2,634796619	0,008422824
VAR4 & VAR3	18	38	1,822517157	0,068385869
VAR4 & VAR5	18	5	3,505803585	0,000455854
VAR4 & VAR6	18	85	0,021775179	0,982627451
VAR5 & VAR1	18	79	0,2830773	0,777119398
VAR5 & VAR2	18	61	1,0669837	0,285987258
VAR5 & VAR3	18	30	2,41704464	0,015652649
VAR5 & VAR4	18	5	3,505803585	0,000455854
VAR5 & VAR6	18	1	3,680005074	0,000233612
VAR6 & VAR1	18	3	3,592904329	0,000327503
VAR6 & VAR2	18	16	3,026749611	0,002473952
VAR6 & VAR3	18	44	1,807339787	0,070718691
VAR6 & VAR4	18	85	0,021775179	0,982627451
VAR6 & VAR5	18	1	3,680005074	0,000233612

2. Pourcentage de sujets ayant appris la séquence entre les blocs 4 et 5, et 5 et 6

DL = dyslexique ; TP = Trouble Phonologique

groupe	%>ou< à 10%	total
--------	-------------	-------

pourcentage d'augmentation du TR entre les blocs 4 et 5

contrôle	1	2	3	4	5	6	7
%	10,5	2,8	11,8	21	14,8	48,3	18,5
contrôle	8	9	10	11	12	13	14
%	22,6	8	-5	8,6	17	8	9
contrôle	15	16	17	18			
%	7,8	9,6	24	16,3	10/18 : 55,6%		

DL avec TP	1	2	3	4	5	6	7
%	10,90%	0	-1	-15	11,5	3	29
DL avec TP	8	9	10	11			
%	6,7	2	34,6	12,3	5/11 : 45%		

DL sans TP	1	2	3	4	5	6	7
%	7,8	3,8	18,4	-16	-9	-4	4
DL sans TP	8	9	10	11	12	13	14
%	39,7	-3	4,2	8,3	-11	3,5	5,7
							2/14 : 14%

pourcentage de diminution du TR entre les blocs 5 et 6

contrôle	1	2	3	4	5	6	7
%	-11,5	-6	-7,5	-4,3	-10,3	-29,6	-21,8
contrôle	8	9	10	11	12	13	14
%	-13,8	0,1	-6,4	-11,2	-10	-10	-16,2
contrôle	15	16	17	18			
%	-14	-1,6	-12,7	-17,5	11/18 : 61%		

DL avec TP	1	2	3	4	5	6	7
%	-17,2	1,9	1,3	-6,4	-13,5	-7,8	-18,5
DL avec TP	8	9	10	11			
%	-14,7	-16,4	1,7	-7,4	5/11 : 45%		

DL sans TP	1	2	3	4	5	6	7
%	-0,6	-11,6	-25,2	-6,4	-5,1	-7,1	-10
DL sans TP	8	9	10	11	12	13	14
%	-26,4	-8,4	-5,9	-11,6	-10,6	-12,4	-1,9
							7/14 : 50%

3. Analyse inter groupe des Temps de Réaction pour chaque bloc

VAR2 TR bloc1	VAR3 TR bloc 2	VAR4 TR bloc 3	VAR5 TR bloc 4	VAR6 TR bloc 5	VAR7 TR bloc 6	p est significatif				
Test U de Mann-Whitney (rt avec phono.sta)										
Par la Var. VAR1										
Groupe1: 100-avec tro Groupe2: 101-sans tro										
	SommeRgs	SommeRgs				Z		N actifs	N actifs	2*(1-p)
	avec tro	sans tro	U	Z	niveau p	ajusté	niveau p	avec tro	sans tro	unilatér
VAR2	143	182	77	0	1	0	1	11	14	1,021428227
VAR3	154	171	66	0,6021938	0,547049	0,6021938	0,547049	11	14	0,571924448
VAR4	147	178	73	0,2189796	0,826667	0,2191482	0,826536	11	14	0,850812554
VAR5	139,5	185,5	73,5	-0,191607	0,848051	-0,191644	0,848022	11	14	0,850812554
VAR6	148	177	72	0,2737244	0,784298	0,2737244	0,784298	11	14	0,808899343
VAR7	148	177	72	0,2737244	0,784298	0,2737244	0,784298	11	14	0,808899343

Test U de Mann-Whitney (rt avec phono.sta)										
Par la Var. VAR1										
Groupe1: 100-avec tro Groupe2: 102-contrôle										
	SommeRgs	SommeRgs				Z		N actifs	N actifs	2*(1-p)
	avec tro	contrôle	U	Z	niveau p	ajusté	niveau p	avec tro	contrôle	unilatér
VAR2	188	247	76	1,0337731	0,30125	1,0337731	0,30125	11	18	0,317451864
VAR3	197	238	67	1,4382931	0,150361	1,4382931	0,150361	11	18	0,159282133
VAR4	202	233	62	1,6630263	0,096317	1,6630263	0,096317	11	18	0,101517893
VAR5	197	238	67	1,4382931	0,150361	1,4382931	0,150361	11	18	0,159282133
VAR6	188	247	76	1,0337731	0,30125	1,0337731	0,30125	11	18	0,317451864
VAR7	192	243	72	1,2135597	0,224925	1,2135597	0,224925	11	18	0,237968922

Test U de Mann-Whitney (rt avec phono.sta)										
Par la Var. VAR1										
Groupe1: 101-sans tro Groupe2: 102-contrôle										
	SommeRgs	SommeRgs				Z		N actifs	N actifs	2*(1-p)
	sans tro	contrôle	U	Z	niveau p	ajusté	niveau p	sans tro	contrôle	unilatér
VAR2	271	257	86	1,5194744	0,128653	1,5194744	0,128653	14	18	0,13496013
VAR3	259	269	98	1,063632	0,287503	1,063632	0,287503	14	18	0,300769746
VAR4	272	256	85	1,5574613	0,119371	1,557604	0,119337	14	18	0,125138491
VAR5	286	242	71	2,0892773	0,036691	2,0892773	0,036691	14	18	0,037127752
VAR6	258	270	99	1,0256451	0,305067	1,0256451	0,305067	14	18	0,318870306
VAR7	254	274	103	0,8736978	0,382289	0,8736978	0,382289	14	18	0,398011208

4. Conscience de la séquence

conscience de la séquence			
	normo-lecteurs	dyslexiques avec TP	dyslexiques sans TP
nombre de sujets ayant eu conscience de la séquence	7 sur 18	1 sur 11	4 sur 14
pourcentage	39%	9%	29%

5. Analyse intra-groupes des erreurs entre les blocs

5.1. Dyslexiques avec TP

VAR1 ERR bloc 1	VAR2 ERR bloc 2	VAR3 ERR bloc 3	VAR4 ERR bloc 4	VAR5 ERR bloc 5	VAR6 ERR bloc 6
--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------

Test des Ech. Appariés de Wilcoxon (rt avec phono.sta)	N	T	Z	significatif
avec TP	Actifs			niveau p
VAR1 & VAR1				
VAR1 & VAR2	11	0	2,93405795	0,00334799
VAR1 & VAR3	11	1	2,70113015	0,00691407
VAR1 & VAR4	11	0	2,93405795	0,00334799
VAR1 & VAR5	11	6	2,19148302	0,02842403
VAR1 & VAR6	11	0	2,93405795	0,00334799
VAR2 & VAR1	11	0	2,93405795	0,00334799
VAR2 & VAR2				
VAR2 & VAR3	11	19	0,41464421	0,67840517
VAR2 & VAR4	11	14	0,56011206	0,57540691
VAR2 & VAR5	11	0	2,93405795	0,00334799
VAR2 & VAR6	11	30,5	0,2222771	0,8240996
VAR3 & VAR1	11	1	2,70113015	0,00691407
VAR3 & VAR2	11	19	0,41464421	0,67840517
VAR3 & VAR3				
VAR3 & VAR4	11	22,5	0,50964719	0,61030215
VAR3 & VAR5	11	0	2,80305958	0,00506508
VAR3 & VAR6	11	23	0,45868248	0,6464653
VAR4 & VAR1	11	0	2,93405795	0,00334799
VAR4 & VAR2	11	14	0,56011206	0,57540691
VAR4 & VAR3	11	22,5	0,50964719	0,61030215
VAR4 & VAR4				
VAR4 & VAR5	11	0	2,93405795	0,00334799
VAR4 & VAR6	11	19	0,41464421	0,67840517
VAR5 & VAR1	11	6	2,19148302	0,02842403
VAR5 & VAR2	11	0	2,93405795	0,00334799
VAR5 & VAR3	11	0	2,80305958	0,00506508
VAR5 & VAR4	11	0	2,93405795	0,00334799
VAR5 & VAR5				
VAR5 & VAR6	11	0	2,93405795	0,00334799
VAR6 & VAR1	11	0	2,93405795	0,00334799
VAR6 & VAR2	11	30,5	0,2222771	0,8240996
VAR6 & VAR3	11	23	0,45868248	0,6464653
VAR6 & VAR4	11	19	0,41464421	0,67840517
VAR6 & VAR5	11	0	2,93405795	0,00334799
VAR6 & VAR6				

5.2. dyslexiques sans TP

VAR1 ERR bloc 1	VAR2 ERR bloc 2	VAR3 ERR bloc 3	VAR4 ERR bloc 4	VAR5 ERR bloc 5	VAR6 ERR bloc 6
--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------

Test des Ech. Appariés de Wilcoxon (rt avec phono.sta)				significatif
	N			
sans TP	Actifs	T	Z	niveau p
VAR1 & VAR1				
VAR1 & VAR2	14	0	3,2957654	0,00098261
VAR1 & VAR3	14	9	2,55082655	0,01075139
VAR1 & VAR4	14	8,5	2,76216531	0,00574522
VAR1 & VAR5	14	12	2,34116936	0,01922955
VAR1 & VAR6	14	0	3,2957654	0,00098261
VAR2 & VAR1	14	0	3,2957654	0,00098261
VAR2 & VAR2				
VAR2 & VAR3	14	24	1,17669678	0,2393253
VAR2 & VAR4	14	30	1,41247082	0,15782115
VAR2 & VAR5	14	0	3,2957654	0,00098261
VAR2 & VAR6	14	34,5	0,7687422	0,44205207
VAR3 & VAR1	14	9	2,55082655	0,01075139
VAR3 & VAR2	14	24	1,17669678	0,2393253
VAR3 & VAR3				
VAR3 & VAR4	14	38,5	0,48919958	0,62470376
VAR3 & VAR5	14	2,5	3,13882399	0,00169781
VAR3 & VAR6	14	20	1,49048257	0,1361073
VAR4 & VAR1	14	8,5	2,76216531	0,00574522
VAR4 & VAR2	14	30	1,41247082	0,15782115
VAR4 & VAR3	14	38,5	0,48919958	0,62470376
VAR4 & VAR4				
VAR4 & VAR5	14	0	3,2957654	0,00098261
VAR4 & VAR6	14	12	2,34116936	0,01922955
VAR5 & VAR1	14	12	2,34116936	0,01922955
VAR5 & VAR2	14	0	3,2957654	0,00098261
VAR5 & VAR3	14	2,5	3,13882399	0,00169781
VAR5 & VAR4	14	0	3,2957654	0,00098261
VAR5 & VAR5				
VAR5 & VAR6	14	0	3,2957654	0,00098261
VAR6 & VAR1	14	0	3,2957654	0,00098261
VAR6 & VAR2	14	34,5	0,7687422	0,44205207
VAR6 & VAR3	14	20	1,49048257	0,1361073
VAR6 & VAR4	14	12	2,34116936	0,01922955
VAR6 & VAR5	14	0	3,2957654	0,00098261
VAR6 & VAR6				

5.3. normo-lecteurs

VAR1 ERR bloc 1	VAR2 ERR bloc 2	VAR3 ERR bloc 3	VAR4 ERR bloc 4	VAR5 ERR bloc 5	VAR6 ERR bloc 6
--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------

Test des Ech. Appariés de Wilcoxon (rt avec phono.sta)				significatif
	N			
contrôles	Actifs	T	Z	niveau p
VAR1 & VAR1				
VAR1 & VAR2	18	0	3,72355533	0,00019677
VAR1 & VAR3	18	0	3,72355533	0,00019677
VAR1 & VAR4	18	0	3,72355533	0,00019677
VAR1 & VAR5	18	66,5	0,47338107	0,6359446
VAR1 & VAR6	18	0	3,72355533	0,00019677
VAR2 & VAR1	18	0	3,72355533	0,00019677
VAR2 & VAR2				
VAR2 & VAR3	18	63,5	0,23268946	0,81600404
VAR2 & VAR4	18	37	0,97303545	0,33054304
VAR2 & VAR5	18	0	3,72355533	0,00019677
VAR2 & VAR6	18	42	0,65915304	0,50980222
VAR3 & VAR1	18	0	3,72355533	0,00019677
VAR3 & VAR2	18	63,5	0,23268946	0,81600404
VAR3 & VAR3				
VAR3 & VAR4	18	32	1,28691792	0,1981322
VAR3 & VAR5	18	0	3,62136507	0,00029351
VAR3 & VAR6	18	47,5	0,31388241	0,7536124
VAR4 & VAR1	18	0	3,72355533	0,00019677
VAR4 & VAR2	18	37	0,97303545	0,33054304
VAR4 & VAR3	18	32	1,28691792	0,1981322
VAR4 & VAR4				
VAR4 & VAR5	18	0	3,72355533	0,00019677
VAR4 & VAR6	18	58,5	0,08519427	0,93210745
VAR5 & VAR1	18	66,5	0,47338107	0,6359446
VAR5 & VAR2	18	0	3,72355533	0,00019677
VAR5 & VAR3	18	0	3,62136507	0,00029351
VAR5 & VAR4	18	0	3,72355533	0,00019677
VAR5 & VAR5				
VAR5 & VAR6	18	1	3,68000507	0,00023361
VAR6 & VAR1	18	0	3,72355533	0,00019677
VAR6 & VAR2	18	42	0,65915304	0,50980222
VAR6 & VAR3	18	47,5	0,31388241	0,7536124
VAR6 & VAR4	18	58,5	0,08519427	0,93210745
VAR6 & VAR5	18	1	3,68000507	0,00023361
VAR6 & VAR6				

6. Analyse intra-groupes de la moyenne des erreurs des blocs aléatoires et séquentiels

significatif

avec trouble phonologique										
Test U de Mann-Whitney (2eanalyse.sta)										
Par la Var. VAR1										
Groupe1: 105-(aléatoi Groupe2: 106-(séquent										
	SommeRgs	SommeRgs				Z		N		
	(aléatoi	(séquent	U	Z	niveau	ajusté	niveau	actifs	N actifs	2*(1-p)
N_VAR					p		p	(aléatoi	(séquent	unilatér
N_VAR	1206	1005	15	6,38	1,8E-10	6,4078	1,5E-10	22	44	7,51E-15

sans trouble phonologique										
Test U de Mann-Whitney (2eanalyse.sta)										
Par la Var. VAR1										
Groupe1: 105-(aléatoi Groupe2: 106-(séquent										
	SommeRgs	SommeRgs				Z		N		
	(aléatoi	(séquent	U	Z	niveau	ajusté	niveau	actifs	N actifs	2*(1-p)
N_VAR					p		p	(aléatoi	(séquent	unilatér
N_VAR	1791,5	1778,5	183	5,71	1,2E-08	5,7176	1,1E-08	28	56	5,56E-10

contrôles										
Test U de Mann-Whitney (2eanalyse.sta)										
Par la Var. VAR1										
Groupe1: 105-(aléatoi Groupe2: 106-(séquent										
	SommeRgs	SommeRgs				Z		N		
	(aléatoi	(séquent	U	Z	niveau	ajusté	niveau	actifs	N actifs	2*(1-p)
N_VAR					p		p	(aléatoi	(séquent	unilatér
N_VAR	2877	1974	21	8,07	7,3E-16	8,1044	5,5E-16	36	62	8,71E-24

7. Analyse inter-groupes de la moyenne des erreurs dans les blocs aléatoires et séquentiels

Aléatoire

Test U de Mann-Whitney (2eanalyse.sta)										significatif
Par la Var. VAR1										
Groupe1: 108-sans TP Groupe2: 109-contrôle										
SommeRgs		SommeRgs		Z		N actifs		N actifs		2*(1-p)
sans TP	contrôle	U	Z	niveau	niveau					
				p	ajusté	p	sans TP	contrôle	unilatér	
	1071,5	1008,5	343	2,1856	0,02885	2,2078	0,02727	28	36	0,0281

Test U de Mann-Whitney (rt avec phono.sta)										
Par la Var. VAR1										
Groupe1: 100-avec TP Groupe2: 101-sans TP										
SommeRgs		SommeRgs		Z		N actifs		N actifs		2*(1-p)
avec TP	sans TP	U	Z	niveau	niveau			sans		
				p	ajusté	p	avec TP	TP	unilatér	
VAR2	514	761	261	-0,919	0,35833	-0,924	0,35526	22	28	0,3667

Test U de Mann-Whitney (rt avec phono.sta)										
Par la Var. VAR1										
Groupe1: 100-avec TP Groupe2: 102-contrôle										
SommeRgs		SommeRgs		Z		N actifs		N actifs		2*(1-p)
avec TP	contrôle	U	Z	niveau	niveau			avec TP	contrôle	unilatér
				p	ajusté	p	avec TP	contrôle	unilatér	
VAR2	715	996	330	1,0577	0,29022	1,072	0,28371	22	36	0,2965

Séquentiel

Test U de Mann-Whitney (2eanalyse.sta)										significatif
Par la Var. VAR1										
Groupe1: 107-avec TP Groupe2: 108-sans TP										
SommeRgs		SommeRgs		Z		N actifs		N actifs		2*(1-p)
avec TP	sans TP	U	Z	niveau	niveau			sans		
				p	ajusté	p	avec TP	TP	unilatér	
	1917,5	3132,5	928	-2,114	0,03448	-2,124	0,03365	44	56	0,0341

Test U de Mann-Whitney (2eanalyse.sta)										
Par la Var. VAR1										
Groupe1: 107-avec TP Groupe2: 109-contrôle										
SommeRgs		SommeRgs		Z		N actifs		N actifs		2*(1-p)
avec TP	contrôle	U	Z	niveau	niveau			avec TP	contrôle	unilatér
				p	ajusté	p	avec TP	contrôle	unilatér	
	3060	3726	1098	2,7653	0,00569	2,7937	0,00521	44	72	0,0054

Test U de Mann-Whitney (2eanalyse.sta)										
Par la Var. VAR1										
Groupe1: 108-sans TP Groupe2: 109-contrôle										
SommeRgs		SommeRgs		Z		N actifs		N actifs		2*(1-p)
sans TP	contrôle	U	Z	niveau	niveau			sans TP	contrôle	unilatér
				p	ajusté	p	sans TP	contrôle	unilatér	
	4600,5	3655,5	1028	4,748	2,1E-06	4,7794	1,8E-06	56	72	1E-06

ANNEXE III : RESULTATS STATISTIQUES DE LA DRA

1. Analyse inter-groupes des Temps de Dénomination totaux

Test U de Mann-Whitney (2eanalyse.sta)

significatif

Par la Var. VAR1

SommeRgs	SommeRgs			Z			N actifs	N actifs	2*(1-p)
avec TP	contrôle	U	Z	niveau p	ajusté	niveau p	avec tro	contrôle	unilatér
103	173	2	3,205	0,0014	3,205	0,00135	5	18	0,00023775

SommeRgs	SommeRgs			Z			N actifs	N actifs	2*(1-p)
sans TP	contrôle	U	Z	niveau p	ajusté	niveau p	sans tro	contrôle	unilatér
104	196	25	1,933	0,0532	1,933	0,0532	6	18	0,05585604

SommeRgs	SommeRgs			Z			N actifs	N actifs	2*(1-p)
avec TP	sans TP	U	Z	niveau p	ajusté	niveau p	avec tro	sans tro	unilatér
35	31	10	0,913	0,3613	0,913	0,36132	5	6	0,42857143

2. Analyse inter-groupes des Temps de Dénomination par planche

Test U de Mann-Whitney (2eanalyse.sta)

significatif

Par la Var. VAR1

Avec Phono vs sans Phono											
	SommeRgs		U	Z	Z		niveau p	niveau p	N actifs avec tro	N actifs sans tro	2*(1-p) unilatér
	avec TP	sans TP			ajusté	niveau p					
dessins	36	30	9	1,09545	0,27333	1,0954	0,2733	5	6	0,329	
chiffres	37	29	8	1,27802	0,20125	1,278	0,2013	5	6	0,24675	
lettres	35	31	10	0,91287	0,36132	0,9129	0,3613	5	6	0,42857	
couleurs	30	36	15	0	1	0	1	5	6	1,06926	
alterné	41	25	4	2,00832	0,04462	2,0083	0,0446	5	6	0,05195	

Avec Phono vs contrôles											
	SommeRgs		U	Z	Z		niveau p	niveau p	N actifs avec tro	N actifs contrôle	2*(1-p) unilatér
	avec TP	contrôle			ajusté	niveau p					
dessins	102	174	3	3,1305	0,00175	3,1305	0,0017	5	18	0,00042	
chiffres	102	174	3	3,1305	0,00175	3,1305	0,0017	5	18	0,00042	
lettres	99	177	6	2,90689	0,00365	2,9069	0,0037	5	18	0,00172	
couleurs	93	183	12	2,45967	0,01391	2,4597	0,0139	5	18	0,01171	
alterné	103	173	2	3,20503	0,00135	3,205	0,0014	5	18	0,00024	

Sans Phono vs Contrôle											
	SommeRgs		U	Z	Z		niveau p	niveau p	N actifs sans tro	N actifs contrôle	2*(1-p) unilatér
	sans TP	contrôle			ajusté	niveau p					
dessins	106	194	23	2,06667	0,03877	2,0667	0,0388	6	18	0,03957	
chiffres	105	195	24	2	0,04551	2	0,0455	6	18	0,04719	
lettres	107,5	192,5	21,5	2,16667	0,03027	2,1671	0,0302	6	18	0,0273	
couleurs	95	205	34	1,33333	0,18243	1,3333	0,1824	6	18	0,19935	
alterné	107	193	22	2,13333	0,0329	2,1333	0,0329	6	18	0,033	

TABLE DES ILLUSTRATIONS

1. Liste des Tableaux

Tableau 1 : répartition de la population dans la TTRS	32
Tableau 2 : répartition de la population dans la DRA	32
Tableau 3 : différence du nombre d'erreurs entre les blocs 5 et 6 et entre les blocs séquentiels et aléatoires, en fonction des groupes. Les cases grisées indiquent les valeurs significatives.....	42
Tableau 4 : Comparaison des temps de réaction entre les groupes pour chaque planche. Les cases grisées indiquent les valeurs significatives	45

2. Liste des Figures

<u>Figure 1</u> : Schéma du modèle à double voie de Marshall et Newcombe (1973) repris par Valdois et Bosse (2001)	12
<u>Figure 2</u> : Schéma explicatif des différents symptômes dans la théorie motrice de la dyslexie : la dysfonction cérébelleuse est au centre du modèle (Nicolson et al., 2001). Tiré de Habib (2002)	16
<u>Figure 3</u> : Représentation d'une partie de la séquence. La cible est ici en position 2	35
<u>Figure 4</u> : Temps de réaction par bloc pour chaque groupe. Les blocs 1 et 5 sont aléatoires et les blocs 2, 3, 4 et 6 ont une présentation séquentielle	40
<u>Figure 5</u> : Evolution des TR lors des blocs séquentiels pour chacun des groupes.....	40
<u>Figure 6</u> : Evolution des Temps de Réaction pour chaque groupe entre les blocs 5 et 6	40
<u>Figure 7</u> : Moyennes des erreurs des blocs aléatoires et des blocs séquentiels pour chaque groupe.....	43
<u>Figure 8</u> : Résultats totaux de l'épreuve de DRA.....	43
<u>Figure 9</u> : Evolution du nombre d'erreurs entre les blocs pour chaque groupe	44

Figure 10 : Temps de dénomination par planche pour chaque groupe45

TABLE DES MATIERES

ORGANIGRAMMES	2
1. UNIVERSITE CLAUDE BERNARD LYON1	2
1.1. Secteur Santé :	2
1.2. Secteur Sciences :	2
2. INSTITUT SCIENCES ET TECHNIQUES DE READAPTATION FORMATION ORTHOPHONIE.....	4
REMERCIEMENTS	5
SOMMAIRE.....	6
INTRODUCTION.....	9
PARTIE THEORIQUE.....	11
I. LA DYSLEXIE	12
1. Définition de la dyslexie développementale.....	12
2. Les sous-types de dyslexies développementales	12
2.1. Troubles cognitifs sous-jacents : source de débat.....	13
II. LES MODELES EXPLIQUANT LES CAUSES DE LA DYSLEXIE	13
1. Les approches unitaires	14
1.1. L'hypothèse phonologique	14
1.2. L'hypothèse visuelle ou magnocellulaire	14
1.3. L'hypothèse d'un déficit du traitement temporel rapide.....	14
1.4. L'hypothèse cérébelleuse	15
1.4.1. Les fonctions du cervelet	15
1.4.2. La théorie cérébelleuse de la dyslexie.....	16
1.4.3. Critiques de l'hypothèse du déficit cérébelleux	18
2. L'hypothèse visuo-attentionnelle : une approche pluraliste	19
III. AUTOMATISATION, APPRENTISSAGE IMPLICITE ET PROCEDURAL	20
1. Définitions.....	20
2. Rôle de l'automatisation et de l'apprentissage implicite lors de l'acquisition du langage écrit	22
IV. DEUX EPREUVES TESTANT L'AUTOMATISATION ET L'APPRENTISSAGE IMPLICITE	23
1. La Tâche de Temps de Réaction Sériel (TTRS).....	23
1.1. Que teste la TTRS ? Ses liens avec l'automatisation et l'apprentissage procédural implicite.....	23
1.2. Les capacités des enfants et des adultes dyslexiques dans cette tâche : études réalisées.....	24
2. La Dénomination Rapide Automatisée (DRA)	25
2.1. Que teste la DRA ?.....	25
2.2. Les capacités en DRA des enfants dyslexiques	26
PROBLEMATIQUE ET HYPOTHESES.....	29
I. PROBLEMATIQUE.....	30
II. HYPOTHESE GENERALE	30
III. HYPOTHESES OPERATIONNELLES DE CHAQUE TACHE.....	30

1.	Hypothèses opérationnelles de la TTRS.....	30
2.	Hypothèses opérationnelles de la DRA.....	31
PARTIE EXPERIMENTALE		32
I.	CHOIX DE LA POPULATION	33
1.	Sujets.....	33
2.	Evaluation de la dyslexie.....	33
2.1.	Evaluation de la lecture et de l'orthographe.....	33
2.2.	Evaluation du trouble phonologique.....	33
2.3.	Epreuves visuo-attentionnelles.....	34
3.	Deux groupes de dyslexiques : avec trouble phonologique et sans trouble phonologique.....	34
3.1.	Les dyslexiques avec trouble phonologique.....	34
3.2.	Les dyslexiques sans trouble phonologique.....	35
II.	DESCRIPTION DES EPREUVES.....	36
1.	Tâche de Temps de Réaction Sériel (TTRS).....	36
1.1.	Présentation de la TTRS.....	36
1.2.	Passation.....	37
2.	Dénomination Rapide Automatisée (DRA).....	37
2.1.	Présentation du test DRA.....	37
2.2.	Passation.....	38
III.	ANALYSE DES RESULTATS.....	38
PRESENTATION DES RESULTATS.....		39
I.	RESULTATS DE LA TACHE DE TEMPS DE REACTION SERIEL (TTRS).....	40
1.	Analyse des temps de réaction.....	40
1.1.	Analyse intra-groupes.....	40
1.1.1.	Evolution des blocs séquentiels (blocs 2,3, 4 et 6).....	40
1.1.2.	Evolution entre les blocs 5 et 6.....	41
1.1.3.	Importance du nombre de stimuli.....	41
1.2.	Analyse inter-groupes.....	42
1.2.1.	Evolution des blocs séquentiels.....	42
1.2.2.	Evolution entre les blocs 5 et 6.....	42
2.	Conscience de la séquence.....	42
3.	Analyse des erreurs.....	43
II.	Résultats de la Dénomination Rapide Automatisée.....	44
1.	Temps de dénomination total.....	44
2.	Temps de dénomination par planche.....	44
DISCUSSION DES RESULTATS.....		46
I.	TACHE DE TEMPS DE REACTION SERIEL.....	47
1.	Evidence d'un apprentissage implicite pour tous.....	47
2.	Une absence de consensus.....	48
3.	Des différences se dessinent.....	49
3.1.	Des profils différents pour chacun des groupes.....	49
3.2.	Comparaison entre les deux types de dyslexies.....	50
3.2.1.	Temps de réaction.....	50
3.2.2.	Nombre d'erreurs.....	51
3.2.3.	Conscience de la séquence.....	51
3.2.4.	Vitesse d'apprentissage.....	51
4.	Remise en cause de la théorie cérébelleuse.....	52
5.	Limites de la tâche.....	53
6.	Améliorations possibles de la tâche.....	54

II.	DENOMINATION RAPIDE AUTOMATISEE.....	54
1.	Interprétation des temps de dénomination totaux.....	54
2.	Interprétation des temps de dénomination par planche	55
3.	Une piste diagnostique	57
4.	Limites de la tâche.....	58
III.	QUELLES CORRELATIONS ENTRE CES DEUX EPREUVES ?	58
1.	Une lenteur avérée.....	58
2.	Une ou des automatisation(s) ?	59
3.	Implication d'autres structures	59
	CONCLUSION.....	61
	BIBLIOGRAPHIE.....	63
	ANNEXES	71
	ANNEXE I : FICHE DE RENSEIGNEMENTS REMPLIE PAR LES PARENTS DES SUJETS CONTROLES.....	72
	ANNEXE II : RESULTATS STATISTIQUES DE LA TTRS	77
1.	Analyse intra-groupes des Temps de Réaction entre les blocs.....	77
1.1.	Dyslexiques avec TP	77
1.2.	Dyslexiques sans TP.....	78
1.3.	Normo-lecteurs.....	79
2.	Pourcentage de sujets ayant appris la séquence entre les blocs 4 et 5, et 5 et 6	80
3.	Analyse inter groupe des Temps de Réaction pour chaque bloc	81
4.	Conscience de la séquence	82
5.	Analyse intra-groupes des erreurs entre les blocs.....	83
5.1.	Dyslexiques avec TP	83
5.2.	dyslexiques sans TP.....	84
5.3.	normo-lecteurs.....	85
6.	Analyse intra-groupes de la moyenne des erreurs des blocs aléatoires et séquentiels.....	86
7.	Analyse inter-groupes de la moyenne des erreurs dans les blocs aléatoires et séquentiels	87
	ANNEXE III : RESULTATS STATISTIQUES DE LA DRA	88
1.	Analyse inter-groupes des Temps de Dénomination totaux	88
2.	Analyse inter-groupes des Temps de Dénomination par planche.....	89
	TABLE DES ILLUSTRATIONS.....	90
1.	LISTE DES TABLEAUX	90
2.	LISTE DES FIGURES	90
	TABLE DES MATIERES	92

Charlotte Frenay, Laure Viéville

**AUTOMATISATION ET APPRENTISSAGE IMPLICITE CHEZ LES ENFANTS
DYSLEXIQUES : Comparaison entre sujets dyslexiques avec et sans trouble
phonologique**

95 Pages

Mémoire d'orthophonie -UCBL-ISTR- Lyon 2008

RESUME

Cette étude a évalué les capacités d'automatisation et d'apprentissage implicite chez les enfants dyslexiques dans le but de confronter la théorie cérébelleuse et le courant pluraliste selon lequel certains dyslexiques ne présentent pas de trouble phonologique. Trois groupes d'enfants âgés de 9 à 14 ans ont participé à une Tâche de Temps de Réaction Sériel et à une tâche de Dénomination Rapide Automatisée : des dyslexiques avec trouble phonologique, des dyslexiques sans trouble phonologique et des normo-lecteurs. Les résultats indiquent que tous sont capables d'automatisation et d'apprentissage implicite. Cependant, les dyslexiques sont toujours plus lents, et l'apprentissage implicite des dyslexiques sans trouble phonologique semble être plus fragile que celui des autres groupes, car ils font plus d'erreurs et apprennent moins vite. Ces résultats ne correspondent pas à la théorie cérébelleuse qui affirme que les enfants qui présentent une dyslexie, engendrée par un trouble phonologique, ont tous un déficit général d'automatisation. En revanche, ils concordent avec l'hypothèse pluraliste, puisque certaines différences apparaissent dans le style d'apprentissage implicite des deux groupes de dyslexiques.

MOTS-CLES

Dyslexie – Trouble phonologique – Automatisation – Apprentissage implicite – Théorie cérébelleuse – Tâche de Temps de Réaction Sériel – Dénomination Rapide Automatisée -

MEMBRES DU JURY

FERROUILLET Maud

LAUNAY Laurence

LEVY-SEBBAG Hagar

MAITRE DE MEMOIRE

BUSSY Gérald

DATE DE SOUTENANCE

03 Juillet 2008
