



HAL
open science

Perception catégorielle et autres compétences phonologiques : pertinence pour l'évaluation de la dyslexie

Marguerite Kleinknecht, Maëlle Muracciole

► **To cite this version:**

Marguerite Kleinknecht, Maëlle Muracciole. Perception catégorielle et autres compétences phonologiques : pertinence pour l'évaluation de la dyslexie. Sciences cognitives. 2014. dumas-01076518

HAL Id: dumas-01076518

<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-01076518>

Submitted on 2 Nov 2015

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

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

ACADÉMIE DE PARIS
UNIVERSITÉ PARIS VI - PIERRE et MARIE CURIE
MÉMOIRE POUR LE CERTIFICAT DE CAPACITÉ D'ORTHOPHONISTE

**Perception catégorielle
et autres compétences phonologiques :
pertinence pour l'évaluation de la dyslexie**

Sous la direction
de Monique Touzin et Willy Serniclaes

Année universitaire 2013-2014

KLEINKNECHT Marguerite
Née le 03.12.1973

MURACCIOLE Maëlle
Née le 22.11.1984

REMERCIEMENTS

Nous tenons à remercier en tout premier lieu nos maîtres de mémoire, Madame Monique Touzin et Monsieur Willy Serniclaes, pour leur constante disponibilité, leurs commentaires et leurs précieux conseils.

Merci en particulier à Monique Touzin pour la qualité de vos remarques, votre suivi régulier de notre travail, votre bienveillance et vos encouragements.

Un grand merci à Willy Serniclaes pour votre infinie patience et votre réactivité à répondre à nos très nombreuses questions statistiques ; merci aussi pour la qualité de vos relectures et pour votre regard expert sur notre travail.

Nous témoignons toute notre reconnaissance aux professionnels qui nous ont permis de réaliser notre travail auprès des enfants testés dans cette étude.

Merci en particulier aux Inspecteurs de l'Éducation nationale de la circonscription de Limoges 1, de Montreuil et de Vincennes, ainsi qu'aux directeurs et enseignants des écoles qui nous ont reçues.

Un immense merci à tous les orthophonistes qui ont accueilli notre projet avec enthousiasme : merci aux orthophonistes des centres référents du langage de l'hôpital Robert Debré et du Kremlin-Bicêtre, du Sessad Dysphasia, de l'IME Franchemont ainsi qu'à toutes les orthophonistes en libéral qui nous ont très généreusement aidées dans le recrutement de notre population de dyslexiques.

Merci encore aux enseignants et professeurs-coordonnateurs de la CLIS Alésia (Paris), de l'ULIS Carnot (Paris) et de l'ULIS Maurice Genevoix (Couzeix) qui nous ont accueillies dans leurs classes.

Nous tenons à remercier chaleureusement pour leur enthousiasme, leur fraîcheur et leur spontanéité les 108 enfants qui ont participé à notre étude. Merci également aux familles pour avoir donné leur accord pour la passation du test.

Un grand merci à nos maîtres de stage qui nous ont formées tout au long de ces quatre années d'études, et merci en particulier à Josée Vesta qui a accepté d'être rapporteur de ce mémoire.

Merci à Isabel et Dieter pour leur relecture attentive, ainsi qu'à M'ballo Seck pour ses conseils.

Pour finir, un immense merci à nos familles et à nos amis qui nous ont accompagnées et encouragées tout au long de nos études. Un merci tout particulier à Clément et Julien qui, en plus de leur précieux soutien, ont contribué à ce mémoire par leur expertise en informatique ou en mathématiques.

ENGAGEMENT DE NON-PLAGIAT

Nous soussignées Marguerite Kleinknecht et Maëlle Muracciole déclarons être pleinement conscientes que le plagiat de documents ou d'une partie d'un document publiés sur toutes formes de support, y compris l'Internet, constitue une violation des droits d'auteur ainsi qu'une fraude caractérisée. En conséquence, nous nous engageons à citer toutes les sources que nous avons utilisées pour écrire ce mémoire.

SOMMAIRE

INTRODUCTION	1
PARTIE THÉORIQUE	2
I. LA PERCEPTION CATÉGORIELLE	2
1. Définitions	2
a. Définition générale.....	2
b. Mesures de la perception catégorielle	2
2. Le développement de la perception catégorielle	3
a. Chez le nouveau-né.....	3
b. Après l'âge d'un an	3
c. Influence de la lecture sur le développement de la perception catégorielle.....	3
3. Perception catégorielle et dyslexie	4
a. Déficit de perception phonémique	4
b. La théorie allophonique	5
i. <i>Qu'est-ce qu'un allophone ?</i>	5
ii. <i>Le couplage entre prédispositions</i>	5
iii. <i>La dyslexie : un déficit de couplage ?</i>	6
iv. <i>Impact de la perception allophonique sur la lecture</i>	7
v. <i>Programmes d'entraînement chez les dyslexiques</i>	7
4. La perception catégorielle syntagmatique	7
a. Les allophones, indices acoustiques dans le traitement de la parole	7
b. Les voyelles illusoires ou voyelles épenthétiques.....	8
c. La perception catégorielle syntagmatique chez les dyslexiques.....	8
II. LES AUTRES COMPÉTENCES PHONOLOGIQUES ASSOCIÉES À LA LECTURE 9	
1. La conscience phonologique	9
a. Définition	9
b. Le développement de la conscience phonologique.....	9
i. <i>Développement selon le niveau de traitement</i>	9
ii. <i>Développement selon la taille des unités</i>	10
c. Lien entre conscience phonologique et lecture	10
i. <i>La conscience phonologique, prédicteur des performances en lecture</i>	11
ii. <i>Influence de la lecture sur le développement de la conscience phonologique</i> .	11
iii. <i>Une interaction réciproque</i>	11
d. La conscience phonologique chez les dyslexiques	12
i. <i>Valeur prédictive d'un déficit d'analyse phonologique</i>	12
ii. <i>Le déficit phonologique, cause de la dyslexie phonologique ?</i>	12
iii. <i>Stabilité dans le temps du déficit d'analyse phonémique</i>	13

2. La dénomination rapide automatisée	13
a. La DRA : un marqueur des troubles de la lecture.....	13
b. Hypothèses explicatives du déficit en DRA	14
c. La théorie du double déficit phonologique	14
d. Pourquoi y a-t-il un lien entre DRA et lecture ?	15
3. La mémoire de travail verbale	15
a. Définition	15
b. Modélisation de la mémoire de travail selon Baddeley	16
c. Nouvelle modélisation de la mémoire de travail	16
i. <i>Interaction de la mémoire à court terme verbale avec le système langagier</i>	16
ii. <i>Implication des capacités attentionnelles</i>	17
iii. <i>Distinction entre MCT item et MCT sérielle</i>	17
iv. <i>Nouveau modèle à 3 composantes</i>	17
d. Le développement de la mémoire de travail verbale	17
e. Évaluation de la mémoire de travail verbale.....	18
f. Lien entre mémoire de travail, lecture et dyslexie	18
i. <i>Mémoire de travail et apprentissage de la lecture</i>	18
ii. <i>Mémoire de travail et dyslexie</i>	19
iii. <i>Déficit spécifique de l'ordre sériel</i>	19
III. LIEN ENTRE LA PERCEPTION CATÉGORIELLE ET LES AUTRES ÉPREUVES PHONOLOGIQUES	21
1. Lien entre perception catégorielle et conscience phonologique	21
2. Lien entre perception catégorielle et mémoire de travail.....	22
3. Un plus grand nombre de représentations phonémiques comme facteur explicatif de ce lien ?.....	23
<u>PARTIE PRATIQUE</u>	24
I. PROBLÉMATIQUE ET HYPOTHÈSES	24
II. MÉTHODOLOGIE	25
1. La population	25
a. Recrutement	25
b. Critères de sélection	25
i. <i>Critères communs aux 3 groupes</i>	25
ii. <i>Les enfants contrôles (CTL)</i>	26
iii. <i>Les dyslexiques de même âge chronologique (DYS chrono)</i>	26
iv. <i>Les dyslexiques de même niveau de lecture (DYS lecture)</i>	26
v. <i>Tableau récapitulatif de la population</i>	26
2. Le protocole	27
a. Conditions de passation	27
b. Le pré-test	27

c. La perception catégorielle	27
i. <i>Les stimuli</i>	27
ii. <i>Matériel</i>	28
iii. <i>Déroulement de l'épreuve</i>	28
d. La conscience phonologique	28
i. <i>Repérage et localisation</i>	28
ii. <i>Intrus phonémiques</i>	29
iii. <i>Fusion, segmentation et élision phonémiques</i>	29
iv. <i>Acronymes</i>	29
v. <i>Contrepèteries</i>	30
e. La dénomination rapide automatisée	30
f. La mémoire de travail	30
i. <i>Mémoire de travail item</i>	31
ii. <i>Mémoire de travail sérielle</i>	31
g. La lecture	31
i. <i>Lecture de mots isolés</i>	31
ii. <i>Lecture de pseudo-mots</i>	32
iii. <i>Lecture de textes</i>	32

III. PRÉSENTATION ET ANALYSE DES RÉSULTATS..... 33

1. La perception catégorielle	34
a. Comparaisons de moyennes.....	34
b. Analyses discriminantes.....	35
2. La conscience phonologique	36
a. Épreuves épiphonologiques	36
i. <i>Repérage et localisation</i>	36
ii. <i>Intrus phonémiques</i>	36
b. Épreuves métaphonologiques simples	37
i. <i>Fusion phonémique</i>	37
ii. <i>Segmentation phonémique</i>	39
iii. <i>Élision du phonème initial</i>	40
c. Épreuves métaphonologiques complexes : acronymes et contrepèteries	42
d. Synthèse sur les épreuves de conscience phonologique	43
3. La dénomination rapide automatisée	43
4. La mémoire de travail verbale	44
5. La lecture	45
a. Lecture de mots isolés (épreuve leximétrique)	45
i. <i>Répartition de la population selon la vitesse de la lecture</i>	45
ii. <i>Répartition de la population selon la vitesse et la précision de lecture</i>	46
iii. <i>Analyses discriminantes</i>	47
b. Lecture de pseudo-mots	48

c. Lecture de textes	48
i. Comparaison des CTL et des DYS.....	48
ii. Comparaison La Mouette / Évalouette.....	49
d. Comparaison des épreuves de lecture	49
e. Corrélations entre les épreuves de lecture.....	51
6. Analyses discriminantes multiples.....	51
IV. DISCUSSION	52
1. Confrontation des hypothèses aux résultats	52
a. Hypothèse 1	52
b. Hypothèse 2	52
c. Hypothèse 3	53
d. Hypothèse 4	53
e. Hypothèse 5	54
f. Hypothèse 6.....	56
g. Hypothèse 7	57
2. Limites de l'étude	58
a. Le recrutement de la population des DYS lecture	58
b. La taille des échantillons de DYS	58
c. L'épreuve de dénomination rapide automatisée	59
d. Une population exclusivement monolingue.....	59
 <u>CONCLUSION</u>.....	 60
 <u>BIBLIOGRAPHIE</u>.....	 61
 <u>ANNEXES</u>.....	 70

LISTE DES SCHÉMAS, GRAPHIQUES ET TABLEAUX

LISTE DES SCHÉMAS

Schéma 1 : Précision et perception catégorielle (Médina et coll., 2010).....	2
Schéma 2 : Frontières perceptives entre les catégories de voisement chez le nourrisson, chez l'adulte en anglais et chez l'adulte en français (Serniclaes et coll., 2004).....	6
Schéma 3 : Relations non bi-univoques entre les unités allophoniques et les unités graphémiques (Bogliotti, 2005).....	7
Schéma 4 : Modèle A-O-STM : un nouveau modèle de la MCT verbale se basant sur l'activation temporaire du système langagier, le traitement de l'ordre sériel et l'attention sélective (Majerus, 2010).....	71

LISTE DES GRAPHIQUES

Graphique 1 : Comparaison des pentes d'identification des DYS, des NL et des AC sur un continuum /do-to/ (Bogliotti et coll., 2008).....	4
Graphique 2 : Courbes de discrimination observées chez des adultes typiques, des dyslexiques de 9 ans et des normo-lecteurs de 9 ans (Serniclaes et coll., 2004).....	6
Graphique 3 : Pente d'identification sur un continuum /paɔl/-/paɪl/ (Seck, 2012)	8
Graphique 4 : Perception catégorielle syntagmatique : pente d'identification.....	34
Graphique 5 : Repérage et localisation : pourcentages de réussite selon les groupes.....	36
Graphique 6 : Fusion phonémique : scores selon le type de syllabes.....	37
Graphique 7 : Fusion phonémique : scores moyens sur 20 secondes selon le type de syllabes.....	37
Graphique 8 : Segmentation phonémique : scores selon le type de syllabes.....	39
Graphique 9 : Segmentation phonémique : scores moyens sur 20 secondes selon le type de syllabes.....	39
Graphique 10 : Élision du phonème initial : scores selon le type de syllabes.....	40
Graphique 11 : Élision du phonème initial : scores moyens sur 20 secondes selon le type de syllabes.....	40
Graphique 12 : Acronymes et de contrepèteries : scores selon les groupes.....	42
Graphique 13 : Acronymes et contrepèteries : scores moyens sur 30 secondes.....	42

Graphique 14 : MDT item et MDT sérielle : pourcentages de réussite selon les groupes.....	44
Graphique 15 : Répartition de la population selon la vitesse de lecture (nombre de mots lus).....	46
Graphique 16 : Répartition de la population selon la vitesse et la précision de lecture (nombre de mots bien lus).....	47
Graphique 17 : Nombre moyen de mots bien lus sur 10 secondes selon les épreuves de lecture.....	49
Graphique 18 : Comparaison des pourcentages de classification correcte (par AD) en fonction des épreuves de lecture.....	50

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Effectif et répartition de la population selon le sexe, l'âge et le niveau de lecture.....	26
Tableau 2 : Segmentation des stimuli pour la création du continuum /paɾɔl/-/paɾl/.....	28
Tableau 3 : Perception catégorielle syntagmatique : comparaisons intergroupes (t de student).....	34
Tableau 4 : Perception catégorielle syntagmatique : pourcentages de classification correcte (par AD).....	35
Tableau 5 : Repérage et localisation : comparaisons intergroupes (t de student).....	36
Tableau 6 : Repérage et localisation : pourcentages de classification correcte (par AD).....	36
Tableau 7 : Intrus phonémiques : comparaisons intergroupes (t de student).....	36
Tableau 8 : Intrus phonémiques : pourcentages de classification correcte (par AD).....	36
Tableau 9 : Fusion phonémique : comparaisons intergroupes (t de student).....	37
Tableau 10 : Fusion phonémique : pourcentages de classification correcte (par AD).....	38
Tableau 11 : Segmentation phonémique : comparaisons intergroupes (t de student).....	39
Tableau 12 : Segmentation phonémique : pourcentages de classification correcte (par AD).....	40
Tableau 13 : Élisio n du phonème initial : comparaisons intergroupes (t de student).....	40
Tableau 14 : Élisio n du phonème initial : pourcentages de classification correcte (par AD).....	41
Tableau 15 : Acronymes et contrepèteries : comparaisons intergroupes (t de student).....	42
Tableau 16 : Acronymes et contrepèteries : pourcentages de classification correcte (par AD).....	42

Tableau 17 : Conscience phonologique : pourcentages de classification correcte par AD multiples.....	43
Tableau 18 : DRA : comparaisons intergroupes (t de student).....	43
Tableau 19 : DRA : pourcentages de classification correcte (par AD).....	43
Tableau 20 : MDT item et MDT sérielle : comparaisons intergroupes (t de student).....	44
Tableau 21 : MDT sérielle et MDT item : pourcentages de classification correcte (par AD).....	45
Tableau 22 : Lecture de mots isolés (épreuve leximétrique) : moyennes et écarts-types.....	45
Tableau 23 : Répartition de la population selon la vitesse de lecture (nombre de mots lus).....	45
Tableau 24 : Répartition de la population selon la vitesse et la précision de lecture (nombre de mots bien lus).....	46
Tableau 25 : Lecture de mots isolés : pourcentages de classification correcte (par AD).....	47
Tableau 26 : Lecture de pseudo-mots : comparaisons intergroupes (t de student).....	48
Tableau 27 : Lecture de pseudo-mots : pourcentages de classification correcte (par AD).....	48
Tableau 28 : Comparaisons intragroupes (t de student pour groupes appariés) sur <i>La Mouette</i> et <i>Évalouette</i>	49
Tableau 29 : Pourcentages de classification correcte (par AD multiples) sur une combinaison optimale d'épreuves de lecture.....	50
Tableau 30 : Corrélations R^2 entre les différentes épreuves de lecture.....	51
Tableau 31 : Pourcentages de classification correcte (par AD multiples avec sélection de variables) sur une combinaison d'épreuves de l'ensemble du protocole.....	51
Tableau 32 : Ordre de présentation des stimuli (déterminé par une fonction de randomisation).....	72
Tableau 33 : <i>La Mouette</i> : comparaisons intergroupes (t de student).....	82
Tableau 34 : <i>La Mouette</i> : pourcentages de classification correcte (par AD).....	82
Tableau 35 : <i>Évalouette</i> : comparaisons intergroupes (t de student).....	83
Tableau 36 : <i>Évalouette</i> : pourcentages de classification correcte (par AD).....	83

ABRÉVIATIONS

AD : analyses discriminantes

AD multiples : analyses discriminantes multiples avec sélection de variables

CC : structure syllabique de type consonne-consonne

CCV : structure syllabique de type consonne-consonne-voyelle

CP : épreuve de contrepèteries

CTL : enfants « contrôles » (normo-lecteurs)

CVC : structure syllabique de type consonne-voyelle-consonne

DRA : dénomination rapide automatisée

DYS chrono : dyslexiques de même âge chronologique que les enfants contrôles

DYS lecture : dyslexiques de même niveau de lecture que les enfants contrôles

MCT : mémoire à court terme

MDT : mémoire de travail

PC : perception catégorielle

SS : syllabe simple (structure syllabique de type consonne-voyelle ou voyelle-consonne)

INTRODUCTION

Les études princeps sur la perception catégorielle (Brandt et Rosen, 1980 ; Werker et Tees, 1987 ; cités dans Inserm, 2007) ont montré que les dyslexiques discriminent moins bien les différences intercatégorielles que les normo-lecteurs. Ce constat a ensuite été affiné par l'apport de l'hypothèse de la perception allophonique (Serniclaes et coll., 2004) : en plus de leur déficit de catégorisation phonémique, les dyslexiques perçoivent *mieux* les différences intracatégorielles, c'est-à-dire les variations allophoniques d'un même phonème. Ces hypothèses ont aujourd'hui été validées à plusieurs reprises dans la littérature. Cependant, elles n'ont donné lieu, à notre connaissance, à aucune application clinique en termes de bilan diagnostique de la dyslexie.

C'est dans cette perspective que s'inscrit notre mémoire : nous souhaitons évaluer la pertinence d'inclure une épreuve de perception catégorielle dans une batterie d'évaluation du langage écrit. L'enjeu est alors de valider un nouveau protocole de perception catégorielle syntagmatique tant du point de vue expérimental que clinique, mais aussi de s'interroger sur la plus-value potentielle d'une telle épreuve par rapport à celles traditionnellement utilisées dans un bilan d'évaluation du langage écrit. En effet, comme le déficit de perception catégorielle semble constituer l'une des causes de la dyslexie, il paraît novateur de tester spécifiquement ce processus dans une perspective diagnostique puis thérapeutique.

Nous avons donc mis au point un protocole composé d'une part d'une épreuve de perception catégorielle, d'autre part d'épreuves testant les autres compétences phonologiques associées à la lecture (conscience phonologique, mémoire de travail et dénomination rapide automatisée). Plusieurs épreuves de lecture sont également incluses, l'objectif étant de vérifier la pertinence de chaque épreuve phonologique et son lien avec le déficit d'identification des mots écrits.

Dans une première partie, nous poserons les bases théoriques définissant la perception catégorielle, son lien avec le développement de la lecture et son implication dans les troubles du langage écrit ; puis nous décrirons les autres compétences phonologiques associées à la lecture avant de nous intéresser au lien entre ces compétences et la perception catégorielle. Dans une deuxième partie, nous présenterons notre protocole ainsi que la population étudiée. Enfin, nous exposerons les résultats d'une analyse statistique de données recueillies auprès de 62 enfants normo-lecteurs et de deux groupes d'enfants dyslexiques (32 dyslexiques de même niveau de lecture et 14 dyslexiques de même âge chronologique) avant de confronter ces résultats à nos hypothèses.

PARTIE THÉORIQUE

I. LA PERCEPTION CATÉGORIELLE (partie rédigée par Marguerite Kleinknecht)

1. DÉFINITIONS

Les phonèmes résultent d'un découpage arbitraire spécifique à chaque langue et les catégories phonémiques gouvernent la discrimination de la parole : au sein d'un continuum acoustique, nous catégorisons les sons de la parole en répertoires phonémiques distincts.

a. Définition générale

Un continuum de stimuli sera perçu de manière strictement catégorielle si les différences entre stimuli sont imperceptibles tant qu'ils ne sont pas séparés par une frontière phonémique (Liberman et coll., 1957). Ainsi, à différence acoustique égale, les écarts entre variantes d'une même catégorie phonémique ne sont pas perceptibles (deux exemplaires différents de /ba/ par exemple) alors que nous percevons les différences entre deux catégories distinctes (entre un /ba/ et un /pa/). C'est cette propriété que l'on nomme perception catégorielle.

b. Mesures de la perception catégorielle

La **perception catégorielle** (PC) peut être évaluée à partir de différents types de continua acoustiques en fonction du trait phonologique envisagé, comme par exemple :

- le voisement : continuum de *Voice Onset Time* (VOT) ou laps de temps écoulé entre la détente de l'occlusion et le début des vibrations laryngées (ex : continuum /da-/ta/)
- le lieu d'articulation : continuum de transitions formantiques (ex : continuum /ta-/ka/)

La PC est ensuite évaluée à l'aide des données de discrimination (réponse « pareil » ou « différent » ?), et d'identification (réponse /ba/ ou /pa/ ?). La perception est dite catégorielle si les courbes de discrimination attendues d'après les réponses d'identification coïncident avec les réponses de discrimination observées (Liberman, 1957).

La **précision catégorielle**, ou précision de la frontière phonémique, est évaluée à partir de la raideur de la pente d'identification. Autre critère de précision catégorielle : l'effet de frontière phonémique ou EFP (Wood, 1976), qui correspond à l'écart entre les scores de discrimination inter- et intra-catégoriels.

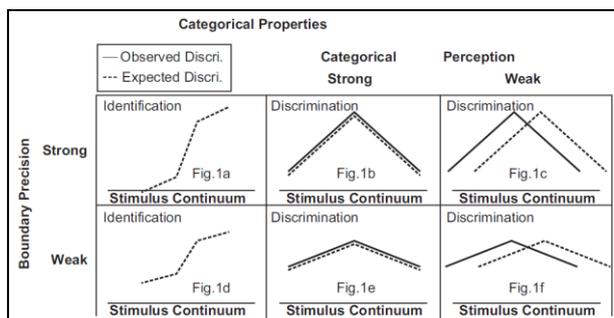


Schéma 1 : Précision et perception catégorielle (Medina et coll., 2010).

2. LE DÉVELOPPEMENT DE LA PERCEPTION CATÉGORIELLE

a. Chez le nouveau-né

Le nouveau-né est prédisposé à percevoir des frontières phonémiques potentiellement présentes dans les langues du monde (Eimas et coll., 1971 ; Aslin et coll., 1981) mais ces prédispositions vont se réorganiser au cours de la première année et seules les frontières pertinentes dans sa langue maternelle seront conservées (Werker et Tees, 1984). La transition des frontières universelles vers des frontières spécifiques à chaque langue s'opèrerait entre 6 et 12 mois selon les langues (Kuhl et coll., 2006).

Ainsi, les bébés francophones de 4 mois perçoivent mieux les frontières de VOT universelles (de - 30 ms et + 30 ms) alors que les bébés de 8 mois distinguent mieux la frontière de VOT du français (de 0 ms), ce qui signe l'influence de l'environnement linguistique (Hoonhorst et coll., 2009). Cependant, cette transition ne se réduit pas à une suppression des prédispositions, il s'agit d'une restructuration globale.

b. Après l'âge d'un an

Après la première année de vie, peu d'études montrent une évolution de la PC. En revanche, la précision augmenterait avec l'âge (Hoonhorst et coll., 2009 ; Bogliotti, 2005). Une étude de Medina et coll. (2010) ne montre pas d'évolution de la PC après 9 ans, mais indique une modification de la précision entre 9 et 17 ans, par un raidissement de la pente d'identification.

c. Influence de la lecture sur le développement de la perception catégorielle

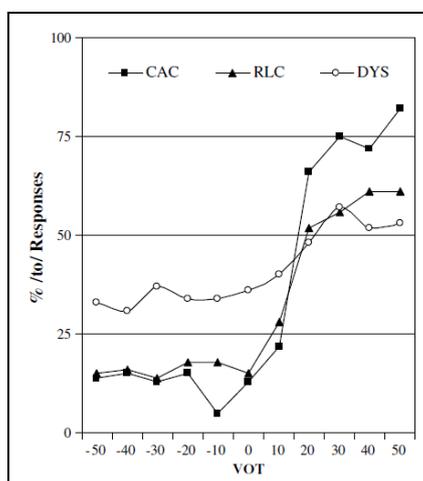
Burnham (2003) a observé que les apprentis lecteurs ont une perception accrue des contrastes spécifiques à la langue, en lien sans doute avec l'apprentissage des correspondances graphèmes-phonèmes. Inversement, ils ont une moindre perception des contrastes non-natifs. Bogliotti (2005) relève également une évolution de l'effet de frontière phonémique entre 6 et 8 ans, indiquant une spécification des catégories phonémiques à ce moment-clé de l'apprentissage de la lecture, ce qui aurait un impact sur les capacités d'identification et de discrimination. Delahaie et coll. (2004) aboutissent à une conclusion similaire en constatant l'accroissement de l'effet de frontière phonémique au cours du CP ; ils soulignent la probabilité d'une relation réciproque entre le développement des habiletés de lecture et celui de la perception catégorielle : l'indice de catégorialité relevé en GS et en CP est positivement corrélé aux scores en lecture de logatomes en CP. Il y aurait une interrelation de nature circulaire : « Un degré suffisant de capacités à discriminer les sons de la parole favoriserait l'apprentissage de la lecture, l'apprentissage de la lecture stimulerait en retour le développement de la discrimination catégorielle. »

3. PERCEPTION CATÉGORIELLE ET DYSLEXIE

Différentes études suggèrent que les catégories phonémiques des dyslexiques sont moins bien spécifiées que celles des normo-lecteurs. D'autres résultats permettent d'attribuer ce déficit de perception phonémique à un mode singulier de perception de la parole basé sur des unités sub-phonémiques, de nature allophonique.

a. Déficit de perception phonémique

Un déficit de PC des phonèmes a été largement observé chez les dyslexiques depuis les études princeps de Brandt et Rosen (1980) et Werker et Tees (1987). Ce déficit se caractérise par une moins bonne discrimination des phonèmes appartenant à des catégories phonémiques distinctes et par une discrimination accrue des différences au sein d'une même catégorie (Serniclaes et coll., 2001, 2004). En outre, il s'accompagne d'une plus faible précision dans l'identification des phonèmes (Bogliotti et coll., 2008 ; Vandermosten et coll., 2011 ; Zhang et coll., 2012). On est donc en présence d'un déficit complexe marqué par une perception phonémique moins précise (et ce davantage en discrimination qu'en identification, d'où un déficit de PC) et une meilleure perception allophonique, qui apparaît en discrimination seule, faute de réponses disponibles dans les expériences d'identification usuelles. Les composantes de ce déficit ont été mises en évidence dans les résultats de Bogliotti et coll. (2008). Cette étude compare des enfants dyslexiques de 9 ans environ (DYS) à des contrôles normolecteurs de même âge chronologique (AC) et de même âge lecture (NL) sur un continuum /do-to/ dans lequel le VOT varie de - 50 à + 50 ms par pas de 10 ms. Les trois groupes ont une frontière phonémique à + 15 ms, avec une correspondance entre pic de discrimination attendu et pic observé chez les contrôles (AC et NL). En revanche, on relève un pic de discrimination phonémique plus faible chez les dyslexiques ainsi qu'un pic de discrimination intra-catégoriel (à - 20 ms de VOT) (cf. graphique 1). En outre, la comparaison des courbes d'identification met en évidence une moindre précision chez les dyslexiques par rapport aux groupes contrôles.



Graphique 1 : Comparaison des pentes d'identification des DYS, des NL et des AC sur un continuum /do-to/ (Bogliotti et coll., 2008).

On observe une pente plus faible chez les dyslexiques, que ce soit par rapport aux sujets contrôles de même âge ou à ceux de même niveau de lecture.

Ce résultat fournit un argument pour expliquer le déficit de PC en termes de déviance plutôt que de retard, puisque les dyslexiques présentent un déficit par rapport aux sujets plus âgés mais de même niveau de lecture. D'autre part, les résultats de discrimination ont reclassé correctement les dyslexiques (par analyses discriminantes) à 81 % face aux AC et à 70 % face aux NL.

En ce qui concerne la fiabilité de ces résultats, notons que le déficit de PC et la perception accrue des contrastes intra-catégoriels ne se retrouvent pas toujours dans les différentes études (Messaoud-Galusi et coll., 2011). Cependant, même lorsque ces déficits n'apparaissent pas dans les données comportementales, ils se maintiennent sans ambiguïté dans les données neurologiques (Dufor et coll., 2009 ; Noordenbos et coll., 2012 ; 2013).

b. La théorie allophonique

Nous avons vu que le déficit de PC dans la dyslexie se caractérise non seulement par une moindre discrimination inter-catégorielle mais aussi par une meilleure discrimination intra-catégorielle (Serniclaes et coll., 2001, 2004). Cette sensibilité accrue aux différences entre phonèmes d'une même catégorie pourrait s'inscrire dans un mode *allophonique* de perception, où les traits universels, non pertinents pour la perception des phonèmes de la langue maternelle, restent discriminables, sans doute suite à un développement perceptif déviant au cours de la première année.

i. Qu'est-ce qu'un allophone ?

Les phonèmes constituent l'unité minimale des langues, c'est-à-dire qu'ils permettent de distinguer deux mots. Ainsi, /b/ et /v/ sont deux phonèmes distincts en français (vol/bol) mais pas en espagnol. Inversement, R simple et R roulé sont deux phonèmes différents en espagnol (pero/perro) mais sont des variantes dialectales en français, autrement dit des *allophones* d'un même phonème (Inserm, 2007). Les allophones sont « des variantes contextuelles d'un phonème pouvant correspondre à des distinctions phonémiques dans d'autres langues » (Seck, 2012).

ii. Le couplage entre prédispositions

Les prédispositions du nouveau-né pour percevoir des oppositions phonétiques universelles (Aslin et coll., 1981 ; Eimas et coll., 1971) sont renforcées ou neutralisées pour se restreindre aux catégories pertinentes de sa langue au cours des 6 à 12 premiers mois (Werker et Tees, 1984). C'est ainsi que les nouveau-nés perçoivent deux frontières universelles de VOT mais ne perçoivent plus qu'une frontière « langue spécifique » six mois plus tard (Lasky et coll., 1975 ; Hoonhorst et coll., 2009). Cependant, le processus ne se réduit pas à une sélection des frontières pertinentes, il y aurait aussi une restructuration. Ces frontières naturelles de voisement perçues par les bébés se situent à - 30 ms et + 30 ms. Cela correspond à des frontières phonémiques en thaï, avec trois catégories de voisement :

sonore, sourde, et sourde aspirée. Le français ne possède que deux catégories de voisement (sonore/sourde) et la frontière phonémique se situe vers 0 ms. Il y aurait « couplage » entre les deux prédispositions pour aboutir à cette frontière à 0 ms (Hoonhorst et coll., 2009).

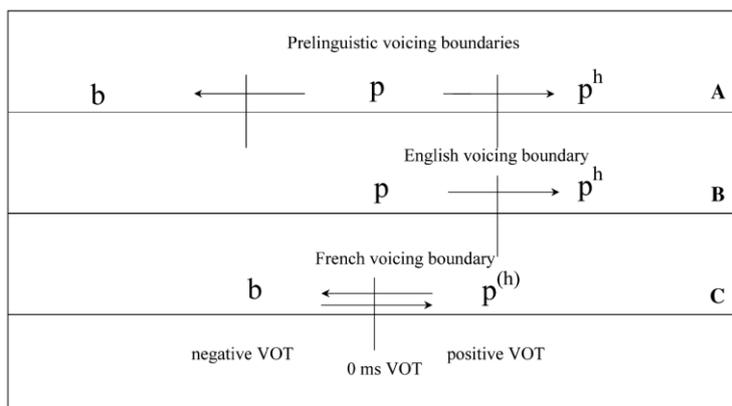


Schéma 2 : Frontières perceptives entre les catégories de voisement chez le nourrisson, chez l'adulte en anglais et chez l'adulte en français (Serniclaes et coll., 2004).

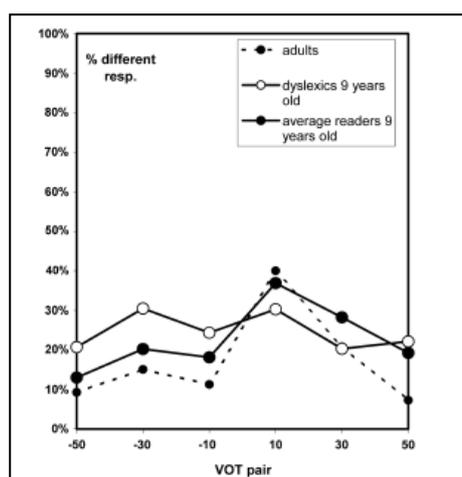
En français, couplage entre prédispositions « naturelles » pour obtenir la frontière phonémique à 0 ms.

En anglais, la frontière « naturelle » positive est renforcée.

Il y a donc une restructuration de l'espace perceptif (Bogliotti, 2005). Les frontières non pertinentes ne sont pas nécessairement mises en veilleuse, elles peuvent fusionner pour faire émerger une frontière phonémique spécifique à la langue. Les contrastes non pertinents sont reconnus comme des allophones de l'une des deux catégories phonémiques du français.

iii. *La dyslexie : un déficit de couplage ?*

L'étude de Serniclaes et coll. (2004) comparant la perception du VOT entre normo-lecteurs et dyslexiques met en relief la localisation du second pic de discrimination observé chez les dyslexiques. Cette dernière ne serait pas aléatoire puisqu'elle correspond à la prédisposition phonétique à - 30 ms de VOT. En français, cette frontière n'est pas pertinente et les phonèmes de part et d'autre de cette frontière sont donc des réalisations allophoniques du phonème « sonore ». Ce deuxième pic est donc de nature allophonique.



Graphique 2 : Courbes de discrimination observées chez des adultes typiques, des dyslexiques de 9 ans et des normo-lecteurs de 9 ans (Serniclaes et coll., 2004).

Ainsi, le processus de couplage entre prédispositions serait déficitaire chez les dyslexiques. Ceux-ci conserveraient la capacité de discriminer de part et d'autre de la frontière naturelle et distingueraient donc des allophones d'un même phonème ; c'est pourquoi leur perception peut être caractérisée d'« allophonique ».

iv. Impact de la perception allophonique sur la lecture

C'est donc ce processus de restructuration par sélection et couplage qui pourrait ne pas avoir été mené correctement chez certains dyslexiques. Ceci n'a pas nécessairement d'impact sur le langage oral, puisque l'accès au lexique mental peut s'opérer à partir de représentations allophoniques (notons néanmoins que cela crée une possible surcharge cognitive en termes de quantité d'information à traiter). En revanche, cela peut entraver l'acquisition des correspondances phono-graphémiques. Un enfant percevant des allophones (/b/ /p/ et /p^h/) plutôt que des phonèmes (/b/ et /p/) attribuera difficilement le même graphème « p » à des sons appartenant à des catégories distinctes de son répertoire. La relation entre sons perçus et graphèmes n'est alors plus bi-univoque, ce qui gêne les processus de transcodage.

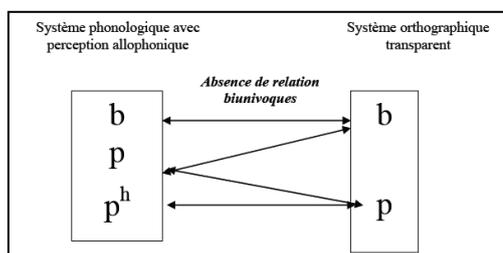


Schéma 3 : Relations non bi-univoques entre les unités allophoniques et les unités graphiques, y compris dans un système orthographique transparent (Bogliotti, 2005).

v. Programmes d'entraînement chez les dyslexiques

Si Hurford et coll. (1990) et Collet (2012) observent une évolution des capacités perceptives après entraînement, Van Heghe (2001) ne constate pas d'amélioration et Bogliotti (2005) obtient des résultats contrastés avec un effet sur les capacités perceptives mais la persistance de la perception allophonique, résistante à la remédiation. Collet relève une amélioration de la précision mais souligne la faible amplitude du pic de discrimination post-entraînement.

4. LA PERCEPTION CATÉGORIELLE SYNTAGMATIQUE

Jusqu'à présent, la PC a été étudiée sur des traits de voisement (continuum de VOT), de lieu d'articulation, de mode d'articulation (Eimas et coll., 1980) et de voyelles (Polka et coll., 1994). Ces traits se rapportent à des relations d'oppositions entre phonèmes, sur un axe paradigmatique. Qu'en est-il des relations de contraste, sur un axe syntagmatique ?

a. Les allophones, indices acoustiques dans le traitement de la parole

Le signal de parole est continu mais des indices segmentaux en signalent les frontières (lexicales ou syntaxiques). Les variations allophoniques en font partie : la longueur des voyelles varie selon leur place dans le mot, les transitions des groupes consonantiques nous permettent d'analyser leur appartenance syllabique. Nous sommes aussi sensibles aux séquences « légales » (/t/ est impossible en début de mot en français et ne peut indiquer une frontière lexicale). Hallé et coll. (1998) ont montré que les agrégats consonantiques « illégaux » en début de mot en français comme */dl/ ou */tl/ sont perçus comme /gl/ et /kl/ qui eux sont légaux. La phonologie de la langue influence donc les représentations linguistiques.

b. Les voyelles illusoires ou voyelles épenthétiques

Mais ces séquences CC illégales peuvent être « réparées » autrement : les sujets perçoivent des voyelles illusoires pour retrouver une séquence CVC (Dupoux et coll., 1999), et ceci d'autant plus que les séquences CC sont éloignées des groupes consonantiques légaux. Ce phénomène s'appelle « épenthèse perceptive » ou « épenthèse vocalique ».

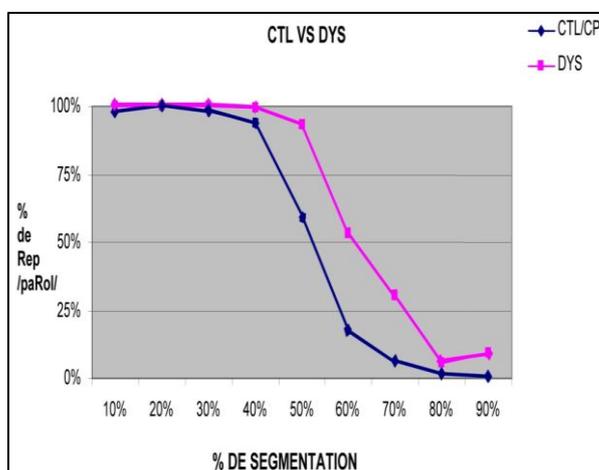
Dupoux et coll. (1999) ont mené une étude sur des adultes français et japonais. Les Japonais, qui ont une perception canonique CVCV, ne distinguent pas /ebzo/ de /ebuzo/ mais distinguent /ebuzo/ de /ebu:zo/, la longueur vocalique étant distinctive en japonais. L'inverse se produit pour les Français. Les Japonais perçoivent donc une voyelle épenthétique lorsqu'on leur dit /ebzo/.

De même, sur un continuum syntagmatique CVCVC – CVCC (ex : continuum /paʁɔl-paʁl/ où la voyelle /ɔ/ est progressivement raccourcie), les Asiatiques perçoivent plus longtemps la voyelle /ɔ/ : il y a un déplacement de la frontière vers une durée plus brève du continuum (Seck, 2012) et une perception de segments vocaliques dans la transition CC du /paʁl/.

c. La perception catégorielle syntagmatique chez les dyslexiques

Nous avons vu que des locuteurs japonais pouvaient percevoir des voyelles épenthétiques dans des groupes consonantiques. Il est possible que, de la même façon, la perception allophonique des dyslexiques entraîne la détection de segments vocaliques non pertinents pour traiter le langage. Dans la transition phonétique entre deux consonnes, ils percevraient des segments subphonémiques (segments de parole intermédiaires entre deux phonèmes consécutifs) car ces derniers correspondent à des combinaisons de traits non phonémiques dans la langue mais pouvant apparaître lors des transitions entre phonèmes dans le signal acoustique de parole (Seck, 2012).

L'étude de Seck compare des dyslexiques et des enfants de même âge chronologique sur un continuum /paʁɔl-paʁl/ composé de 9 stimuli (avec raccourcissement progressif de la voyelle centrale).



Graphique 3 : Pente d'identification sur un continuum /paʁɔl-paʁl/ (Seck, 2012).

Les dyslexiques perçoivent le /ɔ/ de /paɔl/ plus longtemps, là où les contrôles perçoivent déjà /paɪl/. Il y a bien un déplacement de la frontière vers une durée de segmentation plus brève pour les dyslexiques. Ces derniers pourraient percevoir dans la transition entre le /ɛ/ et le /l/ un segment subphonémique dont les caractéristiques acoustiques sont proches d'un /ɔ/ non-arrondi, présent dans le répertoire de l'estonien, mais non dans celui du français où des segments de ce type sont de nature allophonique (Serniclaes, 2013). On retrouverait donc, sur cet axe syntagmatique, la perception allophonique envisagée précédemment.

Une analyse discriminante a permis de reclasser correctement près de 90 % des enfants en « dyslexiques » ou « contrôles » à partir de la localisation de leur frontière perceptive sur le continuum /paɔl-paɪl/. En revanche, les pentes d'identification ne diffèrent pas significativement entre les groupes (Seck, 2012). L'absence de différence significative entre enfants normo-lecteurs et adultes plaide pour une déviance plutôt qu'un retard en ce qui concerne les dyslexiques. Cette allophonie syntagmatique serait plus robuste que celle relevée sur des contrastes paradigmatiques, car présente à la fois en discrimination et en identification. Elle semble également plus fiable sur le plan interindividuel. Ainsi, nous pouvons faire l'hypothèse qu'une série de graphèmes ne représenterait pas nécessairement tous les segments perçus par les dyslexiques, notamment les segments vocaliques perçus entre /ɛ/ et /l/ dans /paɪl/. Le code graphémique serait fragmentaire par rapport à leur répertoire allophonique. Ceci est une piste intéressante pour interpréter certaines erreurs de séquentialité, notamment dans les groupes consonantiques. On retrouve une quantité d'informations à traiter supérieure à celle perçue par les normo-lecteurs, ce qui peut être source de lenteur.

II. LES AUTRES COMPÉTENCES PHONOLOGIQUES ASSOCIÉES **À LA LECTURE** *(partie rédigée par Maëlle Muracciole)*

1. LA CONSCIENCE PHONOLOGIQUE

a. Définition

La conscience phonologique à proprement parler – ou métaphonologie – correspond à « la capacité d'identifier les composants phonologiques des unités linguistiques et de les manipuler de façon délibérée » (Gombert, 1990). Les capacités d'analyse phonologique recouvrent aussi les capacités épiphonologiques, c'est-à-dire « les connaissances implicites et opérationnelles qui servent au fonctionnement de la langue » (Ecalte et coll., 2002).

b. Le développement de la conscience phonologique

i. Développement selon le niveau de traitement

La sensibilité phonologique – ou épiphonologie – fait l'objet d'un traitement cognitif implicite peu voire pas accessible à la conscience. Elle se développerait « naturellement »

au cours de l'apprentissage du langage oral : entre 8 et 12 mois, le jeune enfant apprend à discriminer les sons pertinents pour sa langue et à inhiber les distinctions non pertinentes, sous l'effet de l'exposition à la langue maternelle (Werker et Tees, 1984). Progressivement, l'enfant devient capable d'effectuer – de manière automatique – un traitement du message (il repère par exemple qu'un mot n'est pas correct sur le plan morphophonologique) et développe une sensibilité à la structure des mots (il peut par exemple dire si deux mots commencent par la même syllabe) (Alegria et coll., 2004).

Cette sensibilité phonologique précède chronologiquement le développement de la compétence métaphonologique. Les performances épiphonologiques sont en effet supérieures aux performances métaphonologiques en grande section de maternelle. Cet écart demeure mais tend à se réduire au cours du CP, sous l'effet de l'apprentissage formel de la lecture (Ecalte et coll., 2002). Ces résultats sont corroborés par une étude de Lefebvre et coll. (2006) dans laquelle les auteurs concluent : « Il semble que les compétences qui réfèrent aux connaissances implicites (i.e. épiphonologiques) soient acquises très tôt dans l'apprentissage alors que les connaissances explicites (i.e. métaphonologiques) semblent conditionnées à des apprentissages formels. »

ii. Développement selon la taille des unités

Selon la « théorie du grain » (Ziegler et coll., 2005), la conscience phonologique se développe à partir des unités les plus larges vers les unités les plus petites. Il y aurait quatre niveaux de maîtrise : d'abord le mot, puis la syllabe, puis les unités infra-syllabiques (rime et attaque) et enfin le phonème. Ainsi, la conscience syllabique se développe généralement vers 3-4 ans, la conscience de l'attaque et de la rime vers 4-5 ans tandis que la conscience phonémique se développe au moment où l'enfant apprend à lire et à écrire, quel que soit l'âge d'apprentissage de la lecture. Dans une étude de Liberman et coll. (1974), la tâche de segmentation phonémique proposée est échouée par tous les enfants de 4 ans et par une majorité des enfants de 5 ans, mais réussie par 70 % des enfants de 6 ans. Des résultats similaires sont observés en français : seuls 2 % des enfants de maternelle réussissent l'épreuve phonémique (contre 69 % pour l'épreuve syllabique) tandis que, en CP, 61 % réussissent cette même tâche phonémique (Gombert et coll., 1994).

c. Lien entre conscience phonologique et lecture

De nombreuses études ont mis en évidence le lien entre la conscience phonologique et les compétences de lecture. Plus précisément, « les études longitudinales montrent que seule la conscience phonémique par rapport à la conscience des unités plus larges telles la rime et la syllabe explique le mieux les performances en lecture-écriture » (Ecalte, 2007). Cette relation serait d'ordre bidirectionnel.

i. La conscience phonologique, prédicteur des performances en lecture

Les performances en conscience phonologique d'un enfant prélecteur sont prédictives de son niveau d'identification des mots écrits quelques années plus tard. Par exemple, les résultats aux épreuves de permutation phonémique mesurés en grande section de maternelle sont significativement corrélés aux performances en décodage de mots écrits en CP (Gombert, 1994). Dans une revue de littérature, Castels conclut, au vu de l'ensemble des études longitudinales répertoriées, que la conscience phonologique joue effectivement un rôle dans l'apprentissage de la lecture : toutes les études concernant la conscience phonémique sont en effet corrélées aux capacités ultérieures en lecture, alors que la conscience syllabique et la conscience de la rime ne sont pas de bons prédicteurs (Castels et coll., 2004).

Cette corrélation entre lecture et capacités d'analyse phonologique semble logique dans la mesure où, selon le modèle des deux voies de lecture, la procédure d'assemblage consiste à segmenter le mot lu en graphèmes puis à associer un phonème à chaque unité graphémique grâce aux règles de correspondance, et enfin à assembler les unités phonémiques entre elles afin de produire le mot. La capacité à manipuler les phonèmes apparaît donc comme un mécanisme essentiel au processus d'apprentissage d'identification des mots écrits.

ii. Influence de la lecture sur le développement de la conscience phonologique

Les capacités d'analyse structurale de la langue au niveau phonémique s'améliorent considérablement vers 6 ans, au moment de l'apprentissage de la lecture. Les auteurs émettent alors l'hypothèse que l'apprentissage de la lecture via une méthode alphabétique améliorerait significativement le niveau de conscience phonémique. Cette hypothèse est confirmée par une étude portant sur les adultes illettrés : ceux-ci sont tout à fait capables de réaliser les tâches de segmentation syllabique mais sont peu performants sur les épreuves de segmentation phonémique (Morais, 1994). De même, les enfants de 6 ans ayant appris uniquement avec une méthode globale sont en difficulté sur la manipulation des phonèmes mais pas sur la manipulation des syllabes (Rey et coll., 2007). Il y aurait donc un effet de facilitation de la lecture sur la maîtrise phonologique car la lecture permet de visualiser les unités tandis que, à l'oral, ces unités sont difficilement isolables dans la chaîne parlée continue. L'apprentissage de la lecture permettrait donc de favoriser l'émergence des habiletés d'analyse phonémique (Lacert et coll., 2001).

iii. Une interaction réciproque

Les compétences phonologiques au niveau le plus fin – c'est-à-dire au niveau du phonème – semblent donc les meilleurs prédicteurs des capacités de lecture, ce qui peut sembler contradictoire avec l'émergence supposée de ces compétences au moment de l'enseignement de la lecture. « L'apprentissage de la lecture et l'émergence du contrôle

métaphonologique, et notamment de la conscience phonémique, présentent en fait un développement progressif et interactif, chaque compétence participant au développement de l'autre. » (Nithart, 2008) Il ressort qu'un bon niveau d'analyse phonologique faciliterait l'acquisition de la lecture, tandis que, par ailleurs, le contact avec l'écrit jouerait un rôle primordial dans le développement des habiletés métaphonologiques au niveau du phonème. La conscience des phonèmes est à la fois l'effet et la condition de l'acquisition des correspondances grapho-phonémiques. Certains auteurs parlent même de relation circulaire et de rapport causal réciproque entre conscience phonologique et lecture : « Les enfants dyslexiques manifestent des difficultés réelles et persistantes dans l'analyse phonologique, difficultés qui les empêcheraient en retour de développer normalement la procédure de conversion grapho-phonologique et les conduiraient sans doute à mettre en œuvre des stratégies de lecture qualitativement différentes. » (Demont et coll., 2007)

d. La conscience phonologique chez les dyslexiques

i. Valeur prédictive d'un déficit d'analyse phonologique

Un dysfonctionnement au niveau de la métaphonologie est souvent observé en cas de difficultés de lecture. Dans une étude de Wimmer et coll. en 1991 (citée par Rey et coll., 2007), des enfants sont testés à deux reprises (avant et après une période d'apprentissage de la lecture). Les auteurs constatent que les enfants les plus en difficulté sur les épreuves métaphonologiques lors du premier test sont ceux qui présentent des difficultés d'apprentissage de la lecture ensuite. Un déficit d'analyse phonologique aurait donc valeur prédictive des futures compétences en lecture.

ii. Le déficit phonologique, cause de la dyslexie phonologique ?

Ces faibles compétences métaphonologiques pourraient être la cause des difficultés de lecture. En effet, il semble difficile pour un apprenti lecteur d'accéder au mécanisme d'assemblage s'il lui est très coûteux, voire impossible, de segmenter un mot en unités phonologiques sous-lexicales pour y faire correspondre des graphèmes, et inversement.

Néanmoins, l'apprentissage de la lecture améliore significativement les capacités métaphonologiques. « Il n'est donc pas étonnant que des enfants mauvais lecteurs aient de moindres scores dans les épreuves de conscience phonologique, car cela peut aussi bien être la conséquence que la cause de leur retard d'acquisition de la lecture. » (Inserm, 2007)

Cependant, un déficit métaphonologique est aussi observé chez un groupe de dyslexiques comparé à un groupe d'enfants normolecteurs plus jeunes mais de même niveau de lecture. « Ce résultat ne peut pas être mis au compte de l'incidence de la lecture sur les capacités d'analyse phonémique vu que le niveau de lecture des deux groupes d'enfants est le même et

que, les dyslexiques étant plus âgés, ils ont pu bénéficier de plus de contacts avec l'écrit. » (Sprenger-Charolles et coll., 2003) Les moindres performances métaphonologiques des dyslexiques ne sont donc pas uniquement imputables à leur retard de lecture.

iii. Stabilité dans le temps du déficit d'analyse phonémique

Une étude longitudinale montre par ailleurs la stabilité dans le temps du déficit phonologique chez des adolescents dyslexiques : testés à 8 et 17 ans, ces patients présentent toujours une vitesse de traitement moindre que les normo-lecteurs dans une tâche de suppression phonémique (Sprenger-Charolles et coll., 2009). De même, les adultes dyslexiques sont moins performants que les adultes normo-lecteurs dans une tâche d'identification phonémique. Or, les dyslexiques recrutés pour cette étude sont « compensés » car « ils possèdent un niveau de lecture suffisamment fonctionnel pour leur permettre de poursuivre un cursus scolaire postsecondaire » (Martinez Perez et coll., 2011). Ainsi, le déficit d'analyse phonémique constaté a d'une part valeur prédictive des compétences en lecture, et d'autre part ne semble pas se compenser totalement avec l'amélioration des performances en identification de mots écrits. Ce trouble phonologique est donc persistant et semble permettre, en ce sens, de différencier un retard d'apprentissage de la lecture d'un trouble spécifique d'identification des mots écrits d'origine phonologique. « Un déficit métaphonologique apparaît dès lors comme un symptôme caractéristique de la dyslexie phonologique. » (Inserm, 2007).

2. LA DÉNOMINATION RAPIDE AUTOMATISÉE (DRA)

La dénomination rapide automatisée consiste à dénommer le plus rapidement possible une série d'items (des couleurs, des lettres, des chiffres, des images) qui reviennent plusieurs fois de façon récurrente mais aléatoire au cours de la tâche. On ne mesure pas le niveau lexical (les items proposés sont simples et supposés connus du patient) mais la vitesse de dénomination.

a. La DRA : un marqueur des troubles de la lecture

Le lien entre DRA et lecture a été mis en évidence par Denckla et Rudel (1976), qui montrent que, quel que soit le type d'items, le délai de latence entre la présentation du stimulus et la dénomination est fortement corrélé au niveau d'identification des mots écrits. Ce marqueur serait précoce selon plusieurs études longitudinales : en effet, la DRA mesurée chez des enfants de grande section de maternelle serait l'un des meilleurs prédicteurs de réussite en lecture en CP-CE1 (avec les habiletés phonologiques et la connaissance des lettres) (Schatschneider et coll., 2004). Néanmoins, cette valeur prédictive de la DRA est contestée selon les auteurs et les études. Cette absence de consensus tient vraisemblablement à la variabilité du lien entre DRA et lecture au cours de

l'apprentissage de la lecture. En effet, cette relation serait pertinente chez les apprentis-lecteurs mais « pourrait s'estomper au cours du temps du fait d'une variabilité interindividuelle des trajectoires individuelles de la performance en lecture de mots beaucoup plus importante que celle des trajectoires individuelles du temps de dénomination » (Ecalte et coll., 2013).

b. Hypothèses explicatives du déficit en DRA

Différentes compétences entrent en jeu dans une tâche de DRA : vitesse de réalisation articulatoire, processus visuo-attentionnels, vitesse d'accès au lexique phonologique.

Le facteur de temps de réalisation articulatoire est peu consistant pour expliquer le lien DRA/lecture puisque la DRA est par ailleurs très peu corrélée à une tâche purement articulatoire (ex : compter de 100 à 110).

Pour objectiver l'implication des processus visuo-attentionnels, une autre version de l'épreuve de DRA a été proposée. Dans la version classique en effet (version sérielle), tous les items sont présentés sur plusieurs lignes et colonnes d'une même page, ce qui nécessite un bon balayage visuel ; dans la version dite discrète, les items sont présentés un à un, sur un écran d'ordinateur, ce qui exclut la mise en œuvre des processus visuo-attentionnels. La revue de littérature effectuée par Castel à ce sujet met en évidence une absence de clarté des résultats, certaines études concluant à un lien entre lecture et DRA dans la version discrète, d'autres non. Au terme d'une nouvelle étude menée en 2008, les auteurs observent « la persistance du déficit des enfants dyslexiques par rapport aux enfants normo-lecteurs dans la version discrète de la DRA. Étant donné que, par rapport à la version continue, la version discrète mesure de façon plus pure l'accès aux représentations phonologiques, ce résultat est donc clairement en faveur de l'hypothèse phonologique de la dyslexie. » (Castel et coll., 2008) Autrement dit, c'est bien une lenteur d'accès à la forme phonologique des mots qui serait à l'origine des moindres performances des dyslexiques en DRA.

c. La théorie du double déficit phonologique

Le déficit phonologique constaté via l'épreuve de DRA est-il du même ordre que celui qui induit des difficultés en conscience phonologique ? Wolf et Bowers (1999, 2000) ont constaté que certains dyslexiques ont uniquement un trouble métaphonologique, d'autres un trouble isolé de la DRA, et d'autres enfin un double déficit – ces derniers étant généralement ceux qui présentent les plus faibles compétences en lecture. Les auteurs postulent, d'après cette double dissociation, que les deux processus seraient distincts, bien que tous les deux d'origine phonologique. Ainsi, conscience phonologique et DRA contribueraient à des aspects différents de la lecture et un déficit en DRA pourrait,

indépendamment d'un déficit en conscience phonologique, avoir des implications sur le développement des performances d'identification des mots écrits. (Wolf et Bowers, 1999)

d. Pourquoi y a-t-il un lien entre DRA et lecture ?

DRA et lecture sont deux activités cognitives qui nécessitent de mettre en lien rapidement et automatiquement des unités visuelles – présentées dans un certain ordre – avec des unités phonologiques. À quel niveau de ce mécanisme se situe le déficit qui pourrait expliquer conjointement des moindres performances en vitesse de dénomination et une partie des difficultés en lecture des dyslexiques ?

Il y aurait un lien entre DRA et fluence de lecture car les deux activités nécessitent de faire appel à la production orale de mots spécifiques, ce qui requiert des représentations phonologiques bien spécifiées. Plusieurs versions de la DRA ont été proposées à des enfants de 8 ans : l'épreuve classique était deux fois mieux corrélée à la fluence de lecture que la version yes/no (dans laquelle les enfants devaient uniquement dire « yes » pour un item cible et « no » pour tous les autres items) (Georgiou et coll., 2013). Cette étude montre donc que ce n'est ni la production orale en elle-même, ni la reconnaissance visuelle qui sous-tend fondamentalement le lien DRA / lecture (ces deux variables étant présentes aussi bien dans la version classique que dans la version yes/no) mais bien le fait d'associer une forme phonologique à la représentation visuelle, ce qui nécessite d'aller chercher, dans le lexique phonologique, une étiquette verbale spécifique (cette variable étant présente de façon plus prégnante dans la version classique que dans la version yes/no). Or, la plupart des faibles lecteurs avec une faible performance en DRA ont par ailleurs de bonnes compétences dans des tâches de dénomination simple (Meyer, 1998). C'est donc l'automatisation de ce processus cognitif de couplage entre représentations visuelles et phonologiques qui pose problème. Ceci s'inscrit en cohérence avec les travaux de Blomert (2011) : la cause de la dyslexie résiderait en une dysfonction des mécanismes qui génèrent les associations fluides entre phonèmes et graphèmes dans le cortex temporal. Ce dysfonctionnement neural constituerait le goulot d'étranglement qui empêche les dyslexiques d'automatiser les processus de lecture, dans la mesure où les associations grapho-phonémiques jouent un rôle crucial dans l'acquisition de la lecture (Share, 1995).

3. LA MÉMOIRE DE TRAVAIL VERBALE

a. Définition

La mémoire de travail est un « système de maintien temporaire et de manipulation de l'information, nécessaire pour réaliser des activités cognitives complexes, telles que la compréhension, l'apprentissage, le raisonnement » (Baddeley, 1986).

On différencie classiquement la mémoire à court terme (qui serait un maintien « passif » de l'information) de la mémoire de travail (qui implique une manipulation opérée sur cette information). Néanmoins, comme nous le verrons ci-dessous, les deux sont intrinsèquement liées, le stockage de l'information n'étant plus considéré aujourd'hui comme une opération passive. La mémoire à court terme (MCT) fait donc partie intégrante de la mémoire de travail (MDT) et contribue largement aux performances de celle-ci. C'est pourquoi, nous étudierons ici conjointement les caractéristiques de ces deux processus.

b. Modélisation de la mémoire de travail selon Baddeley

La mémoire de travail est tripartite (Baddeley et coll., 1974). Elle comprend l'administrateur central, chargé d'allouer des ressources attentionnelles nécessaires à une activité cognitive, et deux systèmes esclaves : la boucle phonologique qui stocke les informations verbales, et le calepin visuo-spatial qui stocke les informations visuelles et spatiales. La boucle phonologique se décompose elle-même en deux sous-composantes : d'une part le stock phonologique, système passif qui stocke l'information mais dont la durée de rétention est très courte ; d'autre part la boucle articulatoire (ou auto-répétition subvocale), système actif de mémorisation qui rafraichit l'information contenue dans le stock phonologique.

Une quatrième composante – le buffer épisodique – a été ajoutée au modèle ultérieurement (Baddeley, 2000) : il s'agit d'un système de stockage temporaire, capable d'intégrer des informations provenant de différentes sources. Il sert de tampon – *buffer* en anglais – entre divers systèmes qui utilisent un codage différent.

c. Nouvelle modélisation de la mémoire de travail

i. Interaction de la mémoire à court terme verbale avec le système langagier

La mémoire à court terme verbale n'est pas seulement le reflet de la boucle phonologique ; une implication du système langagier est en effet désormais reconnue. Cette hypothèse se fonde sur plusieurs études qui ont mis en évidence un effet de lexicalité (il est plus facile de répéter des mots que des non-mots) (Majerus et coll., 2003), un effet de fréquence lexicale, de concrétude et de proximité phonologique (il est plus facile de rappeler des mots fréquents, concrets et avec peu de voisins phonologiques) (Majerus, 2010), un effet de proximité sémantique (il est plus facile de répéter une liste de mots ayant des traits sémantiques communs que des mots sans aucun lien) (Monnier et coll., 2011) et même un effet de fréquence phonotactique (il est plus facile de répéter des non-mots composés de séquences de phonèmes fréquentes en français) (Gathercole et coll., 1999 ; Seron, 2007). Ces effets sont la preuve que les tâches d'évaluation de la MCT verbale proposées font entrer en jeu le système langagier (Majerus 2008).

ii. Implication des capacités attentionnelles

Selon le modèle de Baddeley, l'administrateur central joue un rôle de supervision attentionnelle lorsque les tâches proposées nécessitent la manipulation des informations, mais n'intervient pas lors de tâches simples de rétention/restitution pure. Les études récentes remettent en cause ce postulat : même des tâches de mémoire à court terme « passives » font intervenir des processus attentionnels. Ainsi, 30 % de la variance des performances dans une tâche de mémoire de travail seraient expliqués par les performances dans une tâche d'attention sélective (Majerus et coll., 2009).

iii. Distinction entre MCT item et MCT sérielle

Dans une tâche d'empan, deux informations doivent être retenues par le sujet : d'une part les items présentés, et d'autre part l'ordre dans lequel les items ont été présentés. D'après les études, l'information « item » serait fortement dépendante du niveau de connaissances langagières (la restitution de cette information étant affectée par un effet de lexicalité, de concrétude et de fréquence lexicale) (Saint-Aubin et coll., 1999). À l'inverse, l'information « ordre sériel » serait un système indépendant (elle n'est pas influencée par les effets psycholinguistiques cités). Il est donc important de distinguer MCT item et MCT sérielle puisqu'il s'agit de deux processus distincts, sous-tendant des compétences mnésiques partiellement différentes. Ce postulat est corroboré par les données en neuro-imagerie qui montrent que le maintien de l'information item active les régions temporales – par ailleurs impliquées dans le traitement du langage – tandis que le stockage des informations sérielles active un circuit fronto-pariétal spécifique (Majerus, 2010).

iv. Nouveau modèle à 3 composantes

Pour intégrer ces différentes composantes de la MCT verbale, un nouveau modèle – intitulé « modèle A-O-STM » – a été proposé par Majerus en 2010 (cf. schéma 4 dans annexe 1, p. 71) : dans ce système, l'attention sélective est centrale et interagit d'une part avec la composante gérant l'ordre sériel de l'information à maintenir, d'autre part avec le système langagier (représentations phonologiques et lexico-sémantiques) qui intervient fortement dans le maintien de l'information item. Ainsi, les informations item et sérielle sont activées dans leur système respectif tandis que le module attentionnel permet de les maintenir dans le temps. Selon la tâche effectuée, le focus attentionnel pourra être porté de façon équivalente sur les deux systèmes, ou préférentiellement sur l'un des deux (Majerus, 2010).

d. Le développement de la mémoire de travail verbale

L'empan verbal – c'est-à-dire le nombre maximal d'items répétés dans le bon ordre après une seule présentation – progresse fortement avec l'âge, jusqu'à atteindre le nombre de 7 ± 2 à l'âge

adulte. L'enfant passe ainsi d'un empan de 2 items à 2 ans à un empan de 6 items à 9 ans, avant d'atteindre l'empan adulte vers 11-12 ans (Gaonac'h et coll., 2003). Plusieurs facteurs expliquent conjointement l'augmentation développementale des capacités en mémoire de travail : augmentation de la quantité d'attention disponible ; meilleur mécanisme d'alternance entre stockage et traitement des informations (mécanisme nécessaire pour des tâches complexes comme l'empan envers) ; augmentation de la vitesse de traitement – ce qui permet donc d'allouer plus de ressources au stockage ; ralentissement du déclin de la trace mnésique, ce qui améliore le rappel (Camos et coll., 2013). Par ailleurs, les performances de la boucle phonologique s'améliorent aussi grâce au développement, vers 7 ans, d'une stratégie d'autorépétition subvocale (Gathercole et coll., 2004). Des modifications qualitatives de la boucle phonologique – qui à la fois se spécialise et bénéficie de meilleurs mécanismes exécutifs – permettent donc une augmentation quantitative de l'empan verbal (Pross et coll., 2008).

e. Évaluation de la mémoire de travail verbale

Classiquement, la mémoire à court terme verbale est évaluée par une tâche de rappel sériel immédiat de chiffres ou de mots, épreuve qui permettrait de rendre compte efficacement des compétences en mémoire de travail verbale. La répétition de non-mots est également utilisée pour évaluer la boucle phonologique et serait plus pure que la répétition de chiffres ou de mots car le sujet ne peut pas s'appuyer sur ses compétences lexicales pour le maintien de l'information (Gathercole et coll., 2000).

Néanmoins au vu des nouveaux développements théoriques, Majerus recommande d'adapter ces tâches afin de procéder à des mesures plus spécifiques qui mettent mieux en évidence les processus sous-jacents (Majerus, sous presse). Ainsi, afin de mesurer spécifiquement la MCT item, il n'est pas souhaitable de proposer une épreuve d'empan de chiffres – ces derniers constituant une liste d'items fermée donc potentiellement prévisibles. Ainsi, une épreuve où chaque item ne sera proposé qu'une seule fois doit lui être préférée. Il peut s'agir de non-mots afin d'éviter un effet de lexicalité et pour que les résultats soient donc moins influencés par les compétences lexicales. À l'inverse, la mémoire de travail sérielle doit être mesurée via une épreuve où les items sont connus à l'avance par le sujet (par exemple, une tâche d'empan de chiffres où le sujet est averti au préalable des chiffres présentés) (Majerus, 2010).

f. Lien entre mémoire de travail, lecture et dyslexie

i. Mémoire de travail et apprentissage de la lecture

La mémoire phonologique à court terme joue un rôle important dans l'apprentissage de la lecture. En effet, la voie d'assemblage consiste à faire correspondre des unités graphémiques et phonémiques, ce qui nécessite de maintenir temporairement en mémoire

les représentations pour effectuer la bonne correspondance. De plus, il faut fusionner les différentes unités pour aller chercher le mot en mémoire à long terme et accéder à son sens ; là encore, la mémoire verbale à court terme est mobilisée puisqu'il faut stocker les différentes unités afin de pouvoir les assembler en syllabes, puis assembler les syllabes en mots. La mémoire à court terme verbale est donc fortement sollicitée au moment de l'acquisition de la lecture, période durant laquelle l'identification de mots écrits s'effectue essentiellement par voie d'assemblage.

Plusieurs études ont mis en évidence un lien entre la qualité de la lecture et les capacités en mémoire phonologique à court terme. Ainsi, des études longitudinales ont établi que les capacités en mémoire de travail verbale en grande section de maternelle (évaluées par une épreuve d'empan chiffré par exemple) prédisent le niveau de lecture en fin de CP (Plaza, 2000 ; Liberman, 1984 cité dans Gillet et coll., 2000). Par ailleurs, chez des enfants de CP et CE1, les performances d'identification de mots écrits sont significativement corrélées avec une épreuve d'empan de mots phonologiquement semblables et expliquent une part significative de la variance en lecture de mots (Botzung et coll., 2003).

ii. Mémoire de travail et dyslexie

Plusieurs études ont mis en évidence les faibles compétences mnésiques des mauvais lecteurs, ce qui sous-tend l'hypothèse du rôle causal d'un déficit en mémoire de travail verbale dans les difficultés d'apprentissage de la lecture. Ainsi, une étude met en exergue un déficit de mémoire à court terme phonologique aussi bien chez les dyslexiques phonologiques que chez les dyslexiques de surface. Ces résultats suggèrent que les deux formes de dyslexie sont caractérisées par un déficit spécifiquement phonologique, mais avec une incidence différente sur les compétences en lecture (Sprenger-Charolles et coll., 1999). Par ailleurs, la boucle phonologique serait spécifiquement atteinte : des enfants dyslexiques de 10 et 13 ans ont été comparés à des normo-lecteurs grâce à des épreuves de mémoire de travail phonologique d'une part et visuelle d'autre part ; les résultats montrent que seule la mémoire de travail phonologique permet de différencier significativement les deux groupes (Sprenger-Charolles et coll., 2000).

iii. Déficit spécifique de l'ordre sériel

Plusieurs études suggèrent que le déficit en mémoire de travail chez les dyslexiques pourrait découler de difficultés spécifiques dans le traitement de l'information « ordre sériel ».

Une étude longitudinale sur des enfants scolarisés en grande section de maternelle puis en CP montre une évolution dans la contribution respective de la conscience phonologique et de la mémoire de travail sérielle dans les capacités de décodage. Les résultats montrent que la conscience phonologique en grande section de maternelle est le meilleur prédicteur des

compétences ultérieures en lecture tandis que la mémoire de travail sérielle devient, en fin de CP, la composante phonologique qui entretient les meilleures corrélations avec les épreuves de lecture. Ceci suggère que, à la fin de la première année d'apprentissage de la lecture, le principe de correspondance grapho-phonémique est maîtrisé – ce qui expliquerait le rôle moins primordial des compétences métaphonologiques – mais pas encore totalement automatisé : l'apprenti-lecteur doit donc maintenir en mémoire à court terme et dans le bon ordre les séquences de correspondances grapho-phonémiques établies, pour les fusionner. L'impact des compétences mnésiques sérielles sur la lecture apparaît alors comme déterminant à ce stade de l'apprentissage (Demont et coll., 2010).

En conséquence, il paraîtrait logique de retrouver un déficit de la MCT sérielle chez les dyslexiques, ce qui est effectivement le cas, aussi bien chez les adultes (Martinez Perez et coll., 2009) que chez les enfants (Martinez Perez et coll., 2012). Ceci n'exclut pas un trouble conjoint de la MCT item, les enfants dyslexiques testés présentant également un déficit du maintien de l'information « item ». Autrement dit, en plus du déficit phonologique connu dans la dyslexie qui explique les résultats en MCT item – celle-ci étant étroitement liée aux représentations phonologiques, comme nous l'avons vu précédemment –, les dyslexiques présenteraient un déficit dans le maintien de l'information « ordre sériel », celle-ci étant stockée dans un module spécifique et non-linguistique.

La contribution spécifique de cette MCT sérielle serait liée à deux mécanismes. D'une part, les capacités en MCT sérielle permettraient le stockage et le rafraîchissement de la séquence de phonèmes dans le bon ordre, ce qui est essentiel au moment de l'apprentissage du processus de décodage : en effet, les correspondances grapho-phonémiques doivent être stockées selon un ordre successif bien défini, avant d'être fusionnées dans le bon ordre, ce qui requiert l'intervention des processus de MCT sérielle.

D'autre part, la contribution spécifique de la MCT sérielle dans les processus de décodage s'expliquerait par son implication dans l'acquisition de nouvelles représentations orthographiques à long terme – autrement dit, dans le développement de la voie d'adressage. En effet, la rencontre récurrente d'une même séquence de lettres va activer, de façon répétée, une même séquence de phonèmes et donc permettre la formation d'une représentation phonologique à long terme. À terme, la forme graphique du mot pourra être associée directement à une représentation orthographique à long terme et à la représentation phonologique à long terme qui lui correspond (Martinez Perez et coll., 2012).

III. LIEN ENTRE LA PERCEPTION CATÉGORIELLE ET LES AUTRES ÉPREUVES PHONOLOGIQUES *(rédaction commune)*

1. LIEN ENTRE PERCEPTION CATÉGORIELLE ET CONSCIENCE PHONOLOGIQUE

Un lien entre perception catégorielle et conscience phonologique a été établi dans plusieurs études. En effet, des tâches de conscience phonologique et d'identification de phonèmes (sur un continuum *bath-path*) ont été proposées à des enfants dyslexiques et à des normolecteurs (de même âge chronologique et de même niveau de lecture). Les dyslexiques ont été divisés en deux groupes : d'une part ceux qui avaient de faibles performances en conscience phonologique ; d'autre part ceux qui avaient de bonnes compétences en conscience phonologique. Seul le 1^{er} groupe de dyslexiques a rencontré plus de difficultés que les normolecteurs (de même âge et de même niveau de lecture) à établir des frontières catégorielles entre /p/et /b/. Par ailleurs, une analyse plus fine des résultats a permis de montrer que, parmi les dyslexiques du 1^{er} groupe, seule la moitié avait un déficit de perception catégorielle (Manis et coll., 1997). La corrélation entre perception catégorielle et conscience phonologique ne concernerait donc pas tous les enfants dyslexiques, d'autres mécanismes pouvant être à l'origine de faibles compétences métaphonologiques. Cependant, les auteurs nuancent ces résultats, la tâche d'identification proposée étant relativement peu exigeante et donc vraisemblablement pertinente uniquement pour les dyslexiques les plus sévères. Néanmoins, dans cette étude, aucune relation causale entre perception catégorielle et conscience phonologique n'a été mise en évidence.

Par ailleurs, il a été prouvé qu'un entraînement à une tâche de discrimination phonémique avait une influence sur les performances métaphonologiques (Collet et coll., 2012). Rappelons que les enfants dyslexiques présentent une sous-discrimination de la frontière phonémique de VOT en français et une surdiscrimination des frontières allophoniques de VOT (Serniclaes et coll., 2004 ; Bogliotti et coll., 2008). L'étude de Collet visait à améliorer la discrimination de cette frontière phonémique chez des enfants avec un trouble spécifique du langage âgés de 6 à 11 ans. Les enfants devaient cliquer sur « pareil » si les stimuli présentés appartenaient à la même catégorie phonémique, et sur « différent » s'il s'agissait d'une paire de stimuli ne faisant pas partie de la même catégorie. Un feed-back visuel leur permettait de savoir s'ils avaient détecté correctement la similitude ou la différence. L'écart acoustique entre les paires de stimuli différents était progressivement diminué au fur et à mesure de l'apprentissage, en fonction des résultats de l'enfant. Or cet entraînement spécifique de la catégorisation phonémique a eu pour conséquence indirecte

des progrès sur les tâches d'identification et d'élision du phonème initial. Ces progrès ont été constatés uniquement sur le groupe test, et pas sur le groupe contrôle, ce qui exclut tout effet re-test. De plus, ces résultats en conscience phonémique sont restés stables un mois après la fin de la période d'apprentissage, ce qui tend à prouver que l'entraînement catégoriel proposé a été inscrit en mémoire à long terme et a induit de profonds changements dans le système phonologique des enfants entraînés (Collet et coll., 2012). Cette étude met donc en évidence des processus sous-jacents communs à la perception catégorielle et à la conscience phonémique, l'entraînement de la première compétence engendrant une amélioration des performances de l'autre compétence.

2. LIEN ENTRE PERCEPTION CATÉGORIELLE ET MÉMOIRE DE TRAVAIL

Les difficultés de mémoire à court terme verbale observées chez la plupart des dyslexiques pourraient également être sous-tendues par une perception phonémique atypique. Tout d'abord, plusieurs études ont montré l'importance des représentations phonologiques dans les performances en mémoire à court terme verbale. Ainsi, les bons lecteurs comme les mauvais – mais à un moindre degré pour ces derniers – sont sensibles à l'effet de rime dans une tâche de mémoire sérielle à court terme et utilisent donc une stratégie phonologique pour mémoriser des items. Néanmoins, les mauvais lecteurs s'appuieraient sur les codes phonologiques uniquement pour les premiers items de la série, ce qui les rendrait moins efficaces et moins performants (Macaruso et coll., 1996). On peut alors supposer que le recours à cette stratégie phonologique est coûteux pour les mauvais lecteurs, d'où une difficulté à la maintenir dans le temps. Des représentations phonologiques imprécises ou trop nombreuses – comme postulé dans le paradigme allophonique – pourraient en effet augmenter le risque de confusions.

Dans la même optique, des études se sont intéressées au lien entre compétences en perception de la parole et mémoire à court terme. Brady et coll. ont par exemple prouvé que les dyslexiques ont d'une part des moindres performances en rappel sériel, et d'autre part plus de difficultés que les normo-lecteurs à répéter des items verbaux, en particulier dans une condition où le ratio signal/bruit est défavorable (ce qui laisse supposer que leurs compétences en perception de la parole sont moins efficaces) (Brady et coll., 1983). Les dyslexiques ont ainsi plus de mal à maintenir des représentations phonémiques, mais aussi à percevoir la forme phonologique du mot. Ces déficits associés pourraient avoir des processus sous-jacents communs : les auteurs postulent en effet que les moindres performances des dyslexiques en mémoire de travail sont imputables à un codage phonologique défaillant des stimuli. Là encore, on peut supposer que ce déficit de codage phonologique pourrait être en lien avec des compétences atypiques en perception catégorielle.

Plus récemment, des auteurs ont mis ce lien en évidence grâce à un travail sur les caractéristiques neurogénétiques de la dyslexie en relation avec le traitement auditif de la parole. En effet, sur certaines fréquences, les dyslexiques n'auraient pas une activation spécifique du cortex auditif gauche mais une réponse bilatérale anormale. Selon les auteurs, cela traduirait une perception plus « fine » chez les dyslexiques que chez les normo-lecteurs, autrement dit la présence, dans leur système, de représentations infraphonémiques. En conséquence, les dyslexiques doivent maintenir en mémoire et manipuler mentalement des « subphonèmes », ce qui est plus coûteux d'un point de vue cognitif (Giraud, 2013).

3. UN PLUS GRAND NOMBRE DE REPRÉSENTATIONS PHONÉMIQUES COMME FACTEUR EXPLICATIF DE CE LIEN ?

La perception allophonique peut créer, comme nous l'avons vu précédemment, des confusions de lecture. En effet si un enfant perçoit des allophones [b], [p] et [p^h] au lieu des phonèmes [p] et [b], il aura tendance à attribuer le graphème [b] et ou [p] à l'allophone intermédiaire. Autrement dit, la relation univoque graphème-phonème qui préside à la lecture est ici perturbée (Bogliotti, 2005).

La perception de ces allophones peut également perturber le traitement métaphonologique car il paraît complexe de manipuler les phonèmes si ceux-ci ne sont pas clairement spécifiés. De plus, les allophones sont plus dépendants du contexte que les phonèmes puisqu'ils représentent des indices segmentaux dans le signal de parole (il n'y aura donc pas le même allophone par exemple en début ou en fin de mot, alors qu'on considère qu'il s'agit du même phonème). Dans cette mesure, le traitement métaphonologique est plus complexe pour les dyslexiques qui seraient plus sensibles aux différences contextuelles nécessairement induites par la manipulation des phonèmes (Serniclaes et coll., 2004).

Dans la même optique, la mémoire de travail verbale peut être affectée par cette perception allophonique : il est plus difficile pour le patient de maintenir les phonèmes en mémoire à court terme dans la mesure où le système est basé sur un plus grand nombre d'unités, ce qui entraîne une surcharge mnésique (Bogliotti, 2005).

Par ailleurs, aucune étude n'a, à notre connaissance, établi un lien entre perception allophonique et lenteur d'accès au lexique phonologique – évaluée par une épreuve de DRA – chez les dyslexiques. Cependant, la perception allophonique pourrait affecter la précision des représentations lexicales et en ce sens expliquer le déficit en DRA ; mais cela reste à prouver.

PARTIE PRATIQUE

I. PROBLÉMATIQUE ET HYPOTHÈSES

◆ **Problématique** : L'objectif de ce mémoire est de valider, dans le cadre d'une batterie d'évaluation du langage écrit, la pertinence d'épreuves intervenant dans le diagnostic de la dyslexie et en particulier d'une épreuve de perception catégorielle syntagmatique.

◆ **Hypothèse 1** : La perception catégorielle syntagmatique est différente chez les normo-lecteurs et chez les dyslexiques (DYS), y compris chez les DYS de même niveau de lecture.

⇒ Conformément à la littérature, les DYS ont une perception catégorielle atypique par rapport aux normo-lecteurs ; le déficit serait persistant dans le temps malgré la rééducation.

◆ **Hypothèse 2** : L'épreuve de perception catégorielle syntagmatique est un outil pertinent à inclure dans une batterie d'évaluation du langage écrit.

⇒ Nous postulons que, tant d'un point de vue expérimental que clinique, l'épreuve est intéressante dans une perspective diagnostique.

◆ **Hypothèse 3** : Les autres compétences phonologiques associées à la lecture montrent des résultats différents chez les normo-lecteurs et chez les DYS de même âge chronologique.

⇒ Les autres variables cognitives – DRA, MDT, conscience phonologique – mettent en évidence des compétences phonologiques moindres chez les DYS de même âge chronologique.

◆ **Hypothèse 4** : Les autres compétences phonologiques associées à la lecture montrent des résultats similaires chez les normo-lecteurs et chez les DYS de même niveau de lecture.

⇒ Les autres variables cognitives testées s'améliorent avec le niveau de lecture, contrairement à la perception catégorielle, ce qui ferait de cette dernière une épreuve plus robuste.

◆ **Hypothèse 5** : Toutes les épreuves testant les autres compétences phonologiques associées à la lecture sont pertinentes dans une batterie d'évaluation du langage écrit.

⇒ Les épreuves proposées permettent de tester des processus cognitifs différents et sont de complexité croissante ; elles sont donc toutes pertinentes à inclure dans la batterie.

◆ **Hypothèse 6** : Les épreuves de lecture permettent de mettre en évidence des conduites de lecture spécifiques aux dyslexiques, y compris chez les DYS de même niveau de lecture.

⇒ Au-delà d'une vitesse et d'une précision de lecture moindres, le type d'erreurs effectué par les DYS est spécifique et témoigne de leur déficit d'identification des mots écrits.

◆ **Hypothèse 7** : L'épreuve de lecture de texte non sémantisé (*Évalouette*) est la plus pertinente pour mettre en évidence un déficit d'identification des mots écrits chez les DYS.

⇒ *L'Alouette-R* (Lefavrais, 2005) étant classiquement utilisée comme épreuve leximétrique, nous postulons que la lecture d'un texte non sémantisé est plus discriminante que les autres épreuves de lecture proposées (lecture de mots, de pseudo-mots et d'un texte sémantisé).

II. MÉTHODOLOGIE

1. LA POPULATION

Nous avons choisi de tester des enfants nés en 2005 – ce qui correspond à une scolarisation en CE2 au cours de l'année 2013-2014. En effet, le diagnostic de dyslexie est généralement posé au plus tôt en fin de CE1 puisqu'on considère qu'il faut au minimum 18 mois de retard dans l'apprentissage de la lecture. Nous avons donc étalonné les épreuves sur une population d'enfants normo-lecteurs nés en 2005 afin de pouvoir les appairer ensuite avec deux groupes de dyslexiques : d'une part des dyslexiques nés en 2005 (même âge chronologique), d'autre part des dyslexiques plus âgés mais ayant un niveau de lecture CE2 (même âge lecture).

a. Recrutement

Les enfants normo-lecteurs testés sont scolarisés en Ile-de-France (Montreuil, Vincennes, Nanterre) ou en Limousin (Bosmie-l'Aiguille). Le recrutement s'est majoritairement fait par le biais des écoles (avec accord de l'Inspecteur de la circonscription et du directeur d'établissement) et ponctuellement par réseau personnel de connaissances.

Les enfants dyslexiques testés ont été recrutés par le biais :

- des associations de parents d'enfants DYS : une vérification du diagnostic a alors été faite auprès de l'orthophoniste suivant l'enfant en libéral ;
- des ULIS TSL Carnot (Paris) et Maurice Genevoix (Couzeix) et de la CLIS TSL Alésia (Paris) ;
- des centres référents du langage de l'hôpital Robert Debré (Paris) et du CHU Bicêtre (Le Kremlin-Bicêtre) ;
- de l'IME Franchemont (Paris, 11^e) et du Sessad Dysphasia (Paris, 11^e) ;
- d'orthophonistes en libéral.

b. Critères de sélection

i. Critères communs aux 3 groupes

Les 3 groupes sont composés d'enfants :

- de langue maternelle française (les enfants bilingues ont été écartés, la perception catégorielle étant fortement influencée par les langues entendues dans la petite enfance) ;
- ayant *a priori* un niveau cognitif normal : soit une épreuve psychométrique avait été effectuée auparavant (notamment pour tous les enfants diagnostiqués en centre référent du langage) ; soit des épreuves de pré-test (désignation de vocabulaire et complétion de formes) ont été proposées pour écarter les enfants avec un profil cognitif déficitaire ;
- non-daltoniens : une épreuve de DRA de couleurs étant proposée, nous avons vérifié (par un questionnaire auprès des parents) qu'aucun enfant n'était daltonien.

ii. Les enfants contrôles (CTL)

Le groupe contrôle est composé d'enfants :

- nés en 2005 \pm 3 mois ;
- scolarisés en CE2 (pas de redoublement ni de saut de classe) ;
- considérés comme des normo-lecteurs : ces enfants ne doivent pas avoir été suivis en orthophonie pour des difficultés en langage écrit.

iii. Les dyslexiques de même âge chronologique (DYS chrono)

Le groupe de dyslexiques « chronologiques » est composé d'enfants :

- nés en 2005 \pm 3 mois ;
- scolarisés en CE2, en CE1 (si redoublement du CP ou du CE1), en CLIS ou dans un établissement spécialisé. Tous ces enfants ont bénéficié d'au moins 2 ans d'apprentissage de la lecture.

iv. Les dyslexiques de même niveau de lecture (DYS lecture)

Le groupe de dyslexiques « lecture » est composé d'enfants :

- nés avant 2005 ;
- ayant un niveau de lecture CE2. Pour cela, nous avons normalisé une épreuve leximétrique (lecture de mots de difficulté croissante). Tous les dyslexiques inclus dans ce groupe ont un score de « mots bien lus » qui se situe entre +2 ET et -1,65 ET de la moyenne des enfants contrôles et sont donc dans la norme des CE2.

v. Tableau récapitulatif de la population

			CTL	DYS chrono	DYS lecture
Effectif	Filles		33	3	17
	Garçons		29	11	15
	Total		62 enfants	14 enfants	32 enfants
Age moyen	Mois		101 mois	104 mois	141 mois
	Années		8 ans et 5 mois	8 ans et 8 mois	11 ans et 9 mois
Niveau de lecture	Mots bien lus	Moy.	134 mots	51 mots	114 mots
		ET	25 mots	17 mots	20 mots
	Score inférieur à -1,65 ET	Nb	4 enfants	14 enfants	0 enfant
		%	6,4 %	100 %	0 %

Tableau 1 : Effectif et répartition de la population selon le sexe, l'âge et le niveau de lecture.

Les groupes CTL et DYS chrono sont appariables sur l'âge chronologique puisqu'on obtient deux groupes dont la moyenne d'âge est sensiblement similaire.

Les groupes CTL et DYS lecture sont appariables sur le niveau de lecture : tous les DYS lecture ont en effet un score de mots bien lus supérieur ou égal à 93 mots (seuil limite inférieur du score pathologique) et ont donc un niveau de lecture qui s'apparente à un niveau de CE2. Les moyennes obtenues entre les deux groupes sont légèrement différentes mais la variabilité intragroupe est moindre chez les DYS lecture que chez les CTL.

2. LE PROTOCOLE

Les consignes et des exemples d'items de chaque épreuve sont présentés en annexe (cf. annexes 2 à 16, pp. 72 à 81).

a. Conditions de passation

Les enfants ont été testés du 12 novembre 2013 au 27 février 2014. La moyenne d'âge de chaque groupe a été effectuée en fonction de la date de passation du test pour chaque enfant.

Les passations ont été effectuées individuellement, dans un environnement calme, sur le lieu de scolarisation ou de prise en charge orthophonique de l'enfant, ou à son domicile.

La durée de passation du protocole a varié entre 50 minutes et 1 heure 10 selon les enfants. L'ensemble du protocole a généralement été proposé en une seule fois ; ponctuellement deux sessions ont été nécessaires. Hormis le pré-test, les réponses obtenues ont été enregistrées à l'aide d'un logiciel informatique conçu spécifiquement pour cette étude.

b. Le pré-test

Ces épreuves n'ont été effectuées que pour les enfants qui n'avaient pas eu, à notre connaissance, d'évaluation psychométrique.

L'épreuve de désignation de la batterie EDA (Touzin et coll., 2012) permet d'évaluer le stock lexical passif et d'exclure un éventuel déficit cognitif verbal. Elle se compose de 22 planches de 6 images. Un point est attribué pour chaque réponse correcte. Les dyslexiques présentant une insuffisance lexicale étaient *a priori* inclus dans l'étude à condition que leurs résultats à la seconde épreuve soient dans la norme ; ce cas ne s'est néanmoins pas présenté.

L'épreuve de complétion de forme de la batterie EDA (Touzin et coll., 2012) permet d'évaluer les capacités de raisonnement visuo-spatial et d'exclure un déficit cognitif non-verbal. L'épreuve se compose de 15 planches avec une grande image dont il manque une partie ; l'enfant doit désigner le morceau qui complète l'image parmi les 6 propositions en bas de page. En cas d'erreur, l'examineur le signale à l'enfant qui fait alors une seconde proposition. Deux points sont attribués si la réponse est correcte à la première désignation ; un seul point si la bonne réponse est donnée lors de la seconde désignation.

c. La perception catégorielle

i. Les stimuli

Les stimuli utilisés ont été mis au point dans le cadre de l'étude de Seck (2012). Le mot /parɔl/ a été enregistré puis le continuum a été généré en réduisant la durée de la voyelle centrale à l'aide du logiciel *Soundforge* : pour cela, le segment vocalique a été segmenté de façon symétrique en supprimant à chaque fois deux périodes (une à gauche, une à droite), soit l'équivalent de 15 ms. Sur les stimuli S8 et S9, c'est le début du /l/ qui a été effacé, celui portant partiellement la marque du /ɔ/ du fait de la co-articulation.

	Durée de chaque segment (en ms)			Durée effacée pour chaque segment (en ms)	
	/paʁ/	/ɔ/	/l/	/ɔ/	/l/
S1	166	84	124		
S2	166	69	124	-15ms	
S3	166	54	124	-15ms	
S4	166	39	124	-15ms	
S5	166	24	124	-15ms	
S6	166	9	124	-15ms	
S7	166	0	118	-9ms	-6ms
S8	166	0	101		-17ms
S9	166	0	84		-17ms

Tableau 2 : Segmentation des stimuli pour la création du continuum /paʁɔl/-/paʁl/.

ii. Matériel

Un logiciel a été utilisé pour lancer les stimuli et enregistrer les réponses. Deux souris de couleur étaient branchées sur l'ordinateur, l'une correspondant à la réponse /paʁɔl/, l'autre à la réponse /paʁl/. Les passations se sont effectuées avec un casque JVC HA-S400.

iii. Déroulement de l'épreuve

Pendant la période d'entraînement, nous avons fait écouter les stimuli aux enfants en leur demandant de nous dire oralement ce qu'ils avaient entendu. Généralement, les réponses étaient /paʁɔl/ sur tous les stimuli, la plupart des enfants étant sans doute gênés par le fait que les sons étaient modifiés informatiquement et ne correspondaient donc pas à des sons habituels. En revanche, en leur faisant entendre consécutivement les deux sons les plus extrêmes, la plupart d'entre eux percevaient le contraste, ce qui leur permettait de mieux comprendre la consigne et d'être moins perturbés par l'étrangeté des sons. Dans un second temps, un conditionnement avec les souris était effectué, ce qui n'a posé aucun problème aux enfants testés. Deux séries de 9 stimuli étaient alors proposées aux enfants pour s'assurer du bon conditionnement avec les souris et pour habituer les enfants aux sons et à la tâche.

Le test est composé de 10 séries de 9 stimuli. L'ordre de présentation des stimuli est identique pour tous les enfants ; cet ordre a été établi de façon aléatoire par un programme Java utilisant une fonction de randomisation.

d. La conscience phonologique

i. Repérage et localisation

Cette épreuve teste les compétences épiphonologiques puisqu'on ne demande pas à l'enfant de manipuler les phonèmes.

Dans un premier temps, l'enfant doit identifier la présence ou non d'un phonème cible dans un mot. Si la réponse est positive, il lui est ensuite demandé de localiser le phonème dans le mot : en premier, en milieu ou en dernier. À noter que, pour ne pas influencer l'enfant, cette seconde consigne lui est systématiquement donnée s'il dit repérer la présence du phonème dans le mot, même si sa réponse est erronée.

Pour chaque item, un point est attribué pour le repérage, et un point pour la localisation quand il y a lieu (soit au total 15 points pour le repérage et 7 points pour la localisation).

Les items choisis sont des mots dont l'orthographe n'est majoritairement pas maîtrisée par les enfants de CE2 (50 % de réussite maximum) selon la base EOLE (Pothier, 2004), afin d'éviter au maximum le recours à la représentation orthographique pour la réalisation de la tâche.

ii. Intrus phonémiques

Dans cette épreuve épiphonologique, 3 mots sont présentés à l'enfant qui doit identifier celui dont le 1^{er} phonème n'est pas identique aux deux autres. Là aussi, les items ont été choisis de sorte que leur orthographe ne soit pas maîtrisée par une majorité des enfants de CE2.

L'épreuve est réalisée avec un support imagé afin de décharger au maximum la mémoire de travail. Les illustrations ont été réalisées par Marie Staebler.

5 séries de 3 items sont proposées à l'enfant (+ 2 séries pour l'entraînement). 3 points sont attribués par série où l'intrus est correctement identifié, soit 15 points au total.

iii. Fusion, segmentation et élision phonémiques

Ces trois épreuves ont été conçues afin d'évaluer les mécanismes métaphonologiques élémentaires inhérents à l'acquisition du langage écrit. Nous avons choisi de nous concentrer sur le phonème, les études montrant que les épreuves syllabiques sont quasi-saturées dès le CE1-CE2 (Chevrie-Muller et coll., 2010). Le matériel verbal utilisé est constitué de logatomes très courts afin de réduire le recours à la mémoire de travail verbale pour la réalisation de la tâche. Le fait d'utiliser des non-mots permet en outre d'éviter les biais liés à l'influence du stock lexical de chaque enfant. Les non-mots ont été constitués en respectant les règles phonotactiques de la langue française.

Chaque épreuve est composée de 3 groupes de 5 items : le 1^{er} groupe consiste en des syllabes simples de type CV et VC, le 2^e en des syllabes de type CVC et le dernier en des syllabes de type CCV. À l'intérieur de chaque groupe, nous avons fait varier le type de phonèmes utilisés : occlusives, fricatives, liquides. Les items test sont précédés de 2 ou 3 items d'entraînement.

Un point est attribué par item correctement effectué. Le temps de réponse est enregistré par série de 5 items (par exemple, le chronomètre est déclenché lorsque l'examineur commence à donner l'item 1 et est arrêté lorsque l'enfant donne la réponse à l'item 5).

iv. Acronymes

Il s'agit d'une épreuve métaphonologique complexe : en effet, plusieurs traitements et manipulations phonémiques sont demandés conjointement à l'enfant.

Cette épreuve consiste à extraire le 1^{er} son de deux mots et à les fusionner ensemble pour former une syllabe.

Tous les items sont imagés afin de soulager au maximum la mémoire de travail. La plupart des images sont issues de la banque d'images *Arasaac*.

Contrairement aux épreuves précédentes, les items choisis ici sont des mots dont l'orthographe est majoritairement maîtrisée par les enfants de CE2 (75 % de réussite minimum selon la base EOLE). En effet, les paires de mots présentent au moins une particularité orthographique qui fait qu'il n'y pas de superposition entre le phonème initial et le graphème initial (ex : « an » : graphème « a » mais son [ɑ̃]). Il est donc nécessaire d'inhiber l'orthographe (supposée connue) pour se focaliser exclusivement sur le traitement phonologique. Chez les normo-lecteurs, il est attendu que l'inhibition de l'orthographe se fasse facilement (les items d'entraînement permettant au besoin de réexpliquer la consigne) car ces enfants ne sont *a priori* pas mis en difficulté par le fait de s'appuyer exclusivement sur le traitement phonologique.

9 paires d'items sont proposées. 1 point est attribué par réponse correcte. Par ailleurs, étant donné la particularité de la tâche, 4 items d'entraînement sont prévus.

De plus, le temps de réponse est enregistré par série de 3 paires d'items.

v. Contrepèteries

Cette épreuve métaphonologique complexe consiste à échanger le 1^{er} son de deux mots pour former deux nouveaux mots qui ne veulent rien dire. Elle nécessite de réaliser successivement plusieurs opérations métaphonologiques ; elle présente l'intérêt de repérer des difficultés qui auraient pu ne pas être mises en évidence auparavant sur des épreuves plus simples.

Tous les items sont imagés (banque d'images *Arasaac*) afin de soulager au maximum la mémoire de travail. Les items choisis sont des mots dont l'orthographe n'est pas maîtrisée par la majorité des élèves de CE2.

8 paires d'items sont proposées. 1 point est attribué par item correctement transformé, soit 16 points au total. Par ailleurs, 3 items d'entraînement sont proposés.

De plus, le temps de réponse est enregistré par série de 4 paires d'items.

e. La dénomination rapide automatisée

Dans l'objectif de mettre en évidence une éventuelle lenteur d'accès au lexique phonologique chez les dyslexiques, nous avons choisi de proposer une épreuve de dénomination rapide de couleurs. L'enfant doit donc dénommer le plus rapidement possible la couleur de 48 rectangles (couleurs : jaune, bleu, rouge, vert, qui reviennent de façon récurrente). Nous enregistrons le temps de réalisation ainsi que le nombre d'erreurs.

f. La mémoire de travail

Les deux épreuves de MDT sont inspirées des travaux de Majerus (2010).

i. Mémoire de travail item

Cette épreuve cherche à tester spécifiquement la capacité à retenir et à restituer les informations phonologiques en elles-mêmes. Les items à retenir sont des logatomes très courts ; dans cette mesure, le nombre d'items possible est infini et on évite un effet de lexicalité (les résultats sont donc moins dépendants des compétences langagières).

L'enfant doit restituer l'item énoncé par l'examineur après une latence de 10 secondes pendant laquelle on lui demande de compter à haute voix (afin d'éviter la récapitulation articulatoire).

5 items sont proposés. 1 point est attribué par item correctement restitué.

ii. Mémoire de travail sérielle

Cette épreuve a pour objectif de tester la capacité à restituer les informations verbales dans le bon ordre. Pour cela, nous avons utilisé une liste restreinte de noms d'animaux dont l'enfant prend connaissance avant d'effectuer la tâche. Par ailleurs, au moment de restituer les items, l'enfant a les images des animaux sous les yeux (banque d'images *Arasaac*). Seul l'ordre doit donc être retenu.

Nous commençons avec un empan de 3 noms d'animaux. Trois essais sont possibles. Si l'enfant réussit correctement au moins un des trois essais, on poursuit l'épreuve et on propose l'empan de 4, etc. ; en revanche, si l'enfant échoue sur les trois tentatives, l'épreuve est arrêtée. Un point est attribué pour chaque essai réussi. L'épreuve donne lieu à deux notes : d'une part l'empan maximum ; d'autre part le nombre total de points (donnée « score total »).

g. La lecture

i. Lecture de mots isolés

Il s'agit d'une épreuve leximétrique pure puisque l'enfant dispose de 2 minutes pour lire un maximum de mots isolés. La liste commence par des mots fonction courants puis se complexifie au fur et à mesure. Elle comporte toutes les catégories grammaticales puisqu'elle est composée de noms (au singulier ou au pluriel), d'adjectifs, de verbes (parfois conjugués), de participes passés et d'adverbes.

Les données suivantes sont enregistrées :

- le nombre de mots lus en 2 minutes (qui informe sur la vitesse de lecture de l'enfant)
- le nombre de mots-erreurs
- le nombre de mots bien lus en 2 minutes (= nombre de mots lus – nombre de mots-erreurs). Cette donnée permet de combiner vitesse et précision de lecture.
- le nombre de mots sautés
- le nombre d'erreurs qui mettent en évidence un déficit de la voie d'adressage : sont comptabilisées comme telles les erreurs globales (substitutions de mots fonction et de mots visuellement ou morphologiquement proches) mais aussi les erreurs de

régularisations (témoins d'un recours à une procédure d'assemblage du fait d'un stock orthographique restreint).

- le nombre d'erreurs d'assemblage : sont comptabilisés comme telles les confusions de lettres (visuelles ou phonologiques), les erreurs sur les graphies contextuelles, les erreurs séquentielles (inversions) ou de segmentation (ex : « planète » lu [plãæt]), les omissions et les ajouts de lettres ou syllabes.

À partir de ces informations, un indice de précision est calculé : il correspond au nombre de mots bien lus / nombre de mots lus * 100. Ainsi un enfant qui lit 80 mots et ne fait aucune erreur aura un indice de 100 %. Un enfant qui lit 200 mots mais fait 50 erreurs aura un indice de 75 %. Ce calcul permet d'appréhender la stratégie de lecture de l'enfant en termes de vitesse et précision.

ii. Lecture de pseudo-mots

Une liste de 12 pseudo-mots est proposée à l'enfant afin de tester spécifiquement la voie d'assemblage. Sont enregistrés :

- le temps de lecture ;
- le nombre de pseudo-mots bien lus ;
- le nombre total d'erreurs (si plusieurs erreurs sont effectuées sur un même pseudo-mot, elles sont toutes comptabilisées).

Le rapport précision/temps est ensuite calculé (= nombre de pseudo-mots bien lus / temps de lecture *10). Il correspond donc au nombre de pseudo-mots bien lus en 10 secondes.

iii. Lecture de textes

Deux textes sont proposés successivement à l'enfant qui doit lire un maximum de mots en 2 minutes.

Le 1^{er} texte (*La Mouette*) est composé de phrases qui ont du sens (cf. annexe 15, p. 81). Le 2^e texte (*Évalouette*) est calqué sur le premier : les structures syntaxiques ont été conservées mais chaque mot est remplacé par un autre mot de fréquence lexicale identique selon la base Manulex (Lété et coll., 2004), ce qui donne lieu à un texte dont les phrases n'ont pas de sens (cf. annexe 16, p. 81). L'objectif est de comparer si les deux types de textes (sémantisé et non sémantisé) sont appréhendés différemment par les CTL et les DYS.

Pour chaque texte, les mêmes données que celles utilisées pour la lecture de mots isolés sont enregistrées. Si l'enfant saute une ligne, le nombre de mots de la ligne est décomptabilisé du nombre de mots lus. Par ailleurs, une erreur « saut de ligne » est comptabilisée dans le nombre de mots-erreurs.

III. PRÉSENTATION ET ANALYSE DES RÉSULTATS

Les statistiques ont été réalisées avec le logiciel JMP 11 pour les comparaisons de moyennes entre les groupes (t de student) et pour les corrélations, et avec le logiciel SPSS 20 pour les analyses discriminantes.

Les comparaisons intergroupes sont présentées dans des tableaux oranges avec la moyenne et l'écart-type de chaque groupe. Des t de student pour groupes indépendants ont été réalisés pour comparer les moyennes des groupes :

- d'une part le groupe CTL *versus* le groupe DYS chrono (résultats des t de student présentés dans la colonne DYS chrono, selon le code ci-dessous) ;
- d'autre part le groupe CTL *versus* le groupe DYS lecture (résultats des t de student présentés dans la colonne DYS lecture, selon le code ci-dessous).

Le code suivant a été utilisé :

- le sigle « non significatif » (NS) lorsque $p > 0,05$
- une étoile verte (*) lorsque $p < 0,05$; deux étoiles oranges (**) lorsque $p < 0,01$; trois étoiles rouges (***) lorsque $p < 0,0001$

Nous avons également réalisé des **analyses discriminantes (AD)** : en effet, le profil des dyslexiques rencontrés était assez hétérogène (certains sont en structure spécialisée, d'autres sont scolarisés normalement et suivis en libéral). Ainsi, les moyennes peuvent être abaissées par certains enfants très déficitaires, sans rendre compte que, par ailleurs, d'autres réussissent bien l'épreuve. Les AD permettent de prédire l'appartenance d'un individu à un groupe (CTL ou DYS) selon ses résultats et rendent mieux compte des résultats individuels de chaque enfant.

Les résultats font l'objet d'une validation croisée (tenant compte du risque d'erreurs potentielles de classement) ; ils sont présentés dans des tableaux bleus qui donnent le pourcentage d'enfants bien classés. Les analyses ont été faites en comparant séparément :

- CTL *versus* DYS chrono. Les résultats sont présentés en 3 colonnes : pourcentage de CTL bien classés ; pourcentage de DYS chrono bien classés ; total d'enfants (CTL + DYS chrono) bien classés (total effectué selon la moyenne pondérée par l'effectif de chaque groupe) ;
- CTL *versus* DYS lecture. Les résultats sont présentés selon le même principe.

Là encore un code couleur a été utilisé : une étoile verte (*) pour les pourcentages situés entre 70 et 79 ; deux étoiles oranges (**) pour les pourcentages situés entre 80 et 89 ; trois étoiles rouges (***) pour les pourcentages situés au-delà de 90.

Enfin des **corrélations** de Bravais-Pearson ont été réalisées ponctuellement.

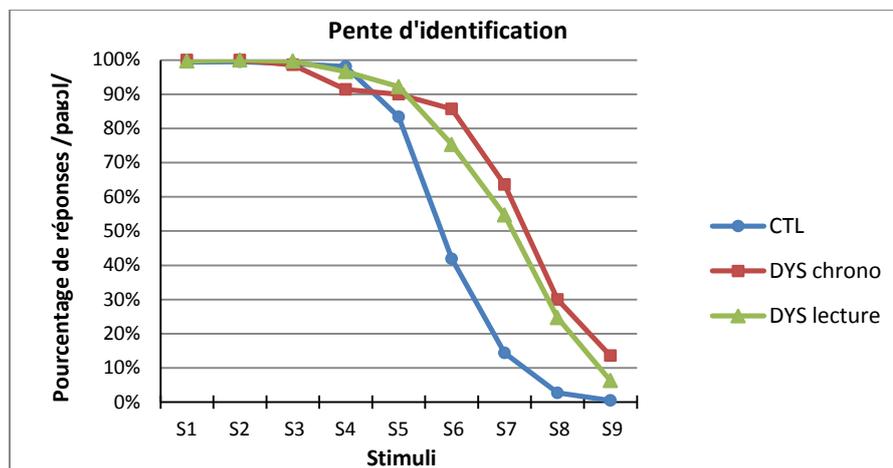
À noter que pour tous les scores plafonnés (ceux où une note maximale peut être attribuée), une **fonction arcsinus racine** a été appliquée avant de réaliser le test statistique afin de linéariser les résultats, ce qui rend les données plus conformes au modèle statistique.

1. LA PERCEPTION CATÉGORIELLE

a. Comparaisons de moyennes

		CTL	DYS chrono	DYS lecture
Frontière	moyenne	5,92	7,31**	7,05***
	ET	0,73	0,98	0,89
Pente	moyenne	-2,57	-1,77**	-1,96**
	ET	0,64	0,82	0,23

Tableau 3 : Perception catégorielle syntagmatique : comparaisons intergroupes (t de student).



Graphique 4 : Perception catégorielle syntagmatique : pente d'identification.

La frontière correspond à la valeur du continuum de stimuli où les sujets ont 50 % de réponses « parole » et 50 % de réponses « parle ». Ce point de passage détermine à quel niveau se situe le changement perceptif entre les deux catégories.

On observe une différence significative ($p < 0,01$) entre la frontière des CTL et celle des deux groupes de DYS, qui répondent « parole » pour des segments vocaliques plus brefs (en moyenne au-delà du stimulus 7 *versus* en-deçà du stimulus 6 pour les CTL).

Par ailleurs, nous avons réalisé un t de student pour comparer les moyennes des DYS lecture et DYS chrono. Les différences entre groupes ne sont pas significatives ($t < 1$; $ddl = 44$; $p > 0,05$) et il n'y a même aucune tendance en ce sens : la valeur du t (inférieure à 1) montre en effet qu'il n'y a aucune trace de différence entre les groupes (la différence de moyennes est plus faible que la variabilité interindividuelle). L'amélioration du niveau de lecture n'entraîne donc pas un déplacement de la frontière catégorielle chez les dyslexiques.

La pente renvoie à la précision de la frontière catégorielle : plus la pente est forte, plus la frontière est précise. La pente a été calculée séparément pour chaque enfant. On utilise pour cela une fonction ($\text{logit } p = \log_e(p/(1-p))$) qui permet de linéariser les courbes de réponse, qui ont toutes une forme en "S". La pente est exprimée par l'écart entre les transformées « logit » des proportions de réponse (parole/parle) entre 2 stimuli adjacents. La courbe étant linéarisée, la valeur de la pente exprimée en logit (p) est constante pour les différentes paires de stimuli, ce qui n'est pas le cas lorsqu'elle est exprimée en p. Les

résultats montrent une pente significativement plus forte pour les CTL par rapport aux deux groupes de DYS ($p < 0,01$). Par contre, les différences entre les deux groupes de DYS ne sont pas significatives et il n’y a même aucune tendance en ce sens ($t < 1$).

Ces résultats confirment en partie ceux de la littérature (Seck, 2012). Nous nous attendions en effet à trouver une différence significative entre les CTL et les DYS avec une frontière décalée vers la droite chez les DYS. Cependant, les valeurs absolues de chaque groupe sont différentes : notre frontière se situe à 5,9 unités de stimulus pour les CTL (5,1 pour Seck) et à 7 pour les DYS lecture (6,1 pour Seck) – soit une différence de 0,85 unités de stimulus en moyenne. Cette différence s’explique par la différence de courbe de réponse des casques utilisés. En effet, nous avons comparé *a posteriori* les deux casques auprès de 14 adultes normo-lecteurs : un effet du casque a été observé, les adultes ayant plus de réponses /paʁɔl/ avec notre casque qu’avec celui de l’étude de Seck. La différence dans la localisation de la frontière va dans le sens attendu, tout en étant légèrement plus faible (0,5 unité de stimulus). Nous avons également trouvé une différence de pente, non observée chez Seck. Cependant, cette différence de pente entre DYS et CTL est conforme à ce qui est observé habituellement dans les tâches de perception catégorielle paradigmatique (voir par exemple Bogliotti et coll., 2008).

b. Analyses discriminantes

	CTL	DYS chrono & DYS lecture	Total
Frontière	87**	67	79*
Pente	76*	54	67*
Frontière+pente	81**	85**	82**

Tableau 4 : Perception catégorielle syntagmatique : pourcentages de classification correcte (par AD).

Les *t* de student réalisés sur les moyennes et les pentes ne montrant aucune trace de différence entre les deux groupes de DYS, ces derniers ont été regroupés pour réaliser les AD. Celles-ci montrent que **la frontière** permet de reclasser correctement les enfants en CTL et en DYS, avec un score total de près de 80 %. Ce score est inférieur à celui obtenu précédemment avec le même continuum (89 % pour Seck, 2012), pour des raisons qui tiennent probablement au déplacement des frontières vers la fin du continuum (effet du casque). Mais il reste remarquablement élevé, comparables à ceux obtenus avec des critères de lecture (cf. page 50).

La pente classe correctement une majorité de CTL mais n’est pas pertinente pour classer les DYS : certains DYS ont en effet une précision catégorielle conforme à celle des CTL, bien que leur frontière soit décalée vers la droite.

La combinaison des facteurs pente et frontière ne permet pas d’améliorer les résultats de classification des CTL mais permet d’améliorer fortement ceux des DYS (on passe de 67 %

sur la frontière seule à 85 % pour frontière + pente) : certains DYS présentent surtout une frontière décalée tandis que d'autres présentent surtout une pente plus faible.

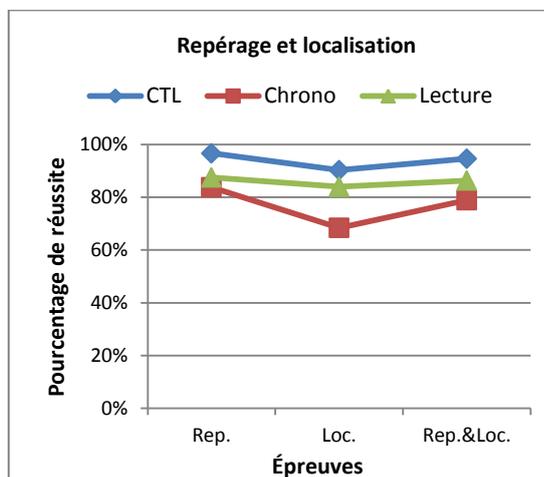
2. LA CONSCIENCE PHONOLOGIQUE

a. Épreuves épiphonologiques

i. Repérage et localisation

		CTL	DYS chrono	DYS lecture
Rep.	M	14,50	12,57**	13,13***
	ET	0,88	1,99	1,90
Loc.	M	6,32	4,79**	5,88 NS
	ET	0,74	1,72	1,01
Rep. & Loc.	M	20,82	17,36**	19,00**
	ET	1,27	3,25	2,30

Tableau 5 : Repérage et localisation : comparaisons intergroupes (t de student).



Graphique 5 : Repérage et localisation : pourcentages de réussite selon les groupes.

Les résultats montrent que l'épreuve de repérage et localisation est mieux réussie par les CTL que par les DYS. On observe un effet de groupe, les résultats des DYS étant significativement moins bons que ceux des CTL. La partie « repérage » met en difficulté les deux groupes de DYS tandis que la « localisation » montre une dissociation entre DYS chrono et DYS lecture, les résultats de ces derniers n'étant pas significativement différents de ceux des CTL. Les difficultés de repérage semblent donc persister dans le temps, malgré l'amélioration du niveau de lecture, contrairement aux difficultés de localisation.

	CTL	DYS chrono	Total	CTL	DYS lecture	Total
Repérage	68	71*	68	68	72*	69
Localisation	47	79*	53	47	66	53
Rep.&Loc.	86**	64	82**	73*	69	71*

Tableau 6 : Repérage et localisation : pourcentages de classification correcte (par AD).

La localisation est moins pertinente que le repérage : moins de 50 % des CTL sont bien classés. Cliniquement, nous avons vu que la consigne n'est pas toujours bien comprise par les CTL (ex : pour « créneau », certains localisent le /n/ « en dernier » car situé dans la dernière syllabe).

ii. Intrus phonémiques

	CTL	DYS chrono	DYS lecture
M	13,31	11,14*	12,38 NS
ET	2,15	3,42	3,02

Tableau 7 : Intrus phonémiques : comparaisons intergroupes (t de student).

CTL	DYS chrono	Total	CTL	DYS lecture	Total
57	71*	59	57	50	54

Tableau 8 : Intrus phonémiques : pourcentages de classification correcte (par AD).

L'épreuve d'intrus phonémiques montre un effet modéré de la pathologie sur les performances : seule la différence de moyennes CTL / DYS chrono est significative. Par ailleurs, les AD classent correctement peu de CTL. L'épreuve apparaît donc comme peu sensible car peu spécifique à la pathologie (par exemple, les CTL – comme les DYS – ont tendance à tomber dans le piège de l'orthographe sur l'item « ampoule, anneau, ancre »).

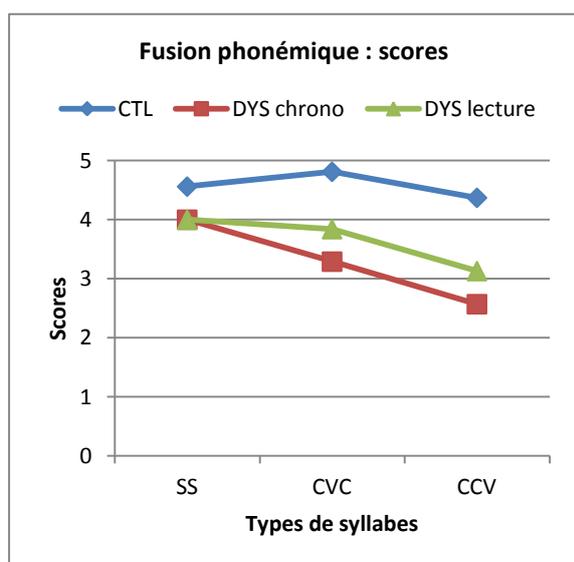
b. Épreuves métaphonologiques simples

La donnée « score/temps*20 » a été calculée pour tenir compte à la fois du temps de réponse et de la précision : il s'agit du nombre moyen de bonnes réponses en 20 secondes.

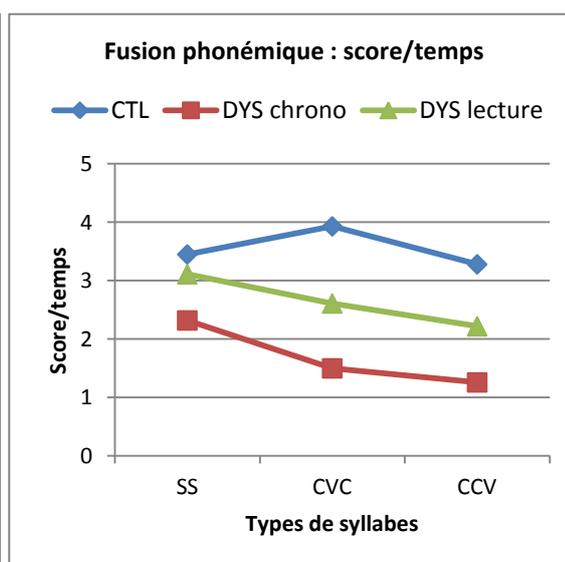
i. Fusion phonémique

			CTL	DYS chrono	DYS lecture
Syllabes simples	Score	M	4,56	4*	4*
		ET	0,88	0,78	1,08
	Score/tps	M	3,45	2,32**	3,11 NS
		ET	1,22	0,9	1,55
CVC	Score	M	4,81	3,29**	3,84**
		ET	0,44	1,27	1,3
	Score/tps	M	3,93	1,5***	2,61***
		ET	1,3	0,87	1,44
CCV	Score	M	4,37	2,57**	3,13***
		ET	0,73	1,4	1,39
	Score/tps	M	3,28	1,26***	2,22**
		ET	1,14	0,76	1,31
Total	Score	M	13,74	9,86***	10,97***
		ET	1,27	2,11	3,16
	Score/tps	M	3,46	1,58***	2,53***
		ET	0,99	0,59	1,16

Tableau 9 : Fusion phonémique : comparaisons intergroupes (t de student).



Graphique 6 : Fusion phonémique : scores selon le type de syllabes.



Graphique 7 : Fusion phonémique : scores moyens sur 20 secondes selon le type de syllabes.

Les items syllabes simples (SS) sont moins bien réussis par les CTL que les items CVC, ce qui est étonnant. Ces scores s'expliquent par le fait que les syllabes simples proposées avaient des structures soit CV soit VC, ce qui a pu perturber certains CTL qui traitaient un item donné selon la structure de l'item précédent. Par ailleurs, **la syllabe CCV** est la moins bien réussie par les trois groupes (tendance à ajouter une voyelle épenthétique entre les consonnes, malgré l'exemple).

Les CTL sont meilleurs que les deux groupes de DYS sur tous les types de syllabes (résultats attendus). La différence entre groupes est plus significative sur les items CVC et CCV que sur les items SS.

Enfin, **la prise en compte du temps de réalisation** est pertinente, les écarts de moyennes entre CTL et DYS chrono étant plus accentués que sur le score seul. Cependant, ce n'est pas toujours le cas pour les écarts CTL/DYS lecture : les CTL de CE2 n'ont pas tous automatisé les processus ; ils sont donc précis mais ont encore besoin de temps pour réaliser la tâche, si bien que leurs résultats diffèrent moins de ceux des DYS lecture si on tient compte du temps de réponse.

		CTL	DYS chrono	Total	CTL	DYS lecture	Total
SS	Score	71*	71*	71*	71*	56	66
	Score/tps	69	71*	70	57	53	55
CVC	Score	82**	86**	83**	82**	53	72*
	Score/tps	74*	100***	79*	66	75*	69
CCV	Score	94***	71*	90***	47	91***	62
	Score/tps	81**	86**	82**	68	59	65
Total	Score	89**	93***	90***	63	78*	68
	Score/tps	77*	93***	80**	65	59	64

Tableau 10 : Fusion phonémique : pourcentages de classification correcte (par AD).

Les AD confirment les résultats précédents : **les résultats sur le traitement de la syllabe simple** sont moins pertinents que ceux sur les syllabes CVC et CCV pour mettre en évidence un déficit de traitement métaphonologique.

Par ailleurs, **la prise en compte du temps** :

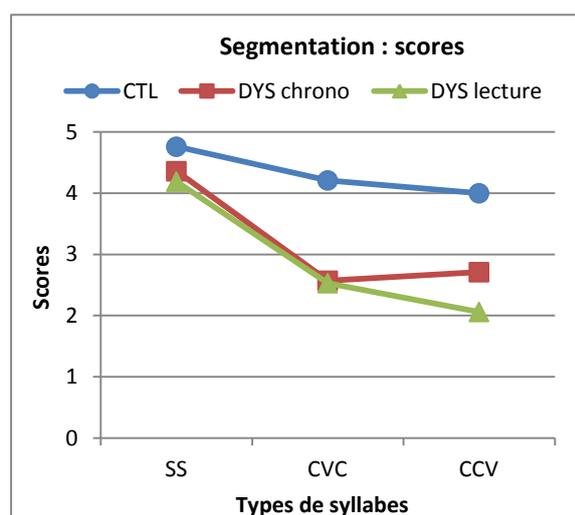
- classe moins bien les CTL : certains CTL ont besoin de temps car ils n'ont pas encore automatisé les processus.
- classe mieux les DYS chrono : certains peuvent réussir les items mais sont très lents ; ils ne seront donc classés correctement que si le temps de réalisation est pris en compte.

Ainsi, la majorité des DYS chrono sont lents mais, chez les CTL, des variations (développementales, comportementales) interindividuelles interviennent, si bien que la donnée temporelle est moins pertinente pour classer ces derniers. Elle classe également moins bien les DYS lecture : en CE2, les normo-lecteurs, quoique précis, n'ont pas tous automatisé les processus ; la donnée score/temps est donc moins discriminante.

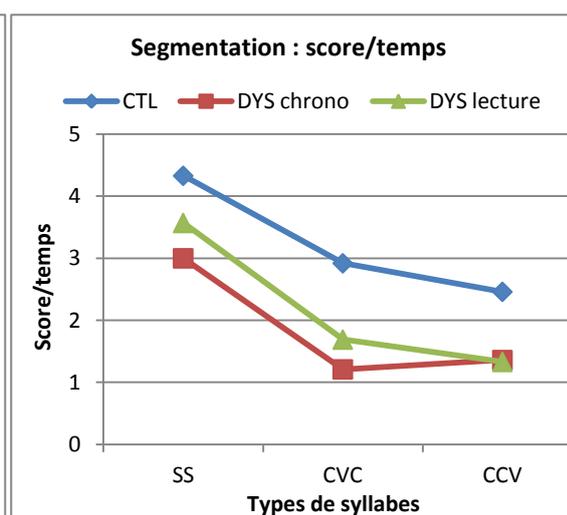
ii. Segmentation phonémique

			CTL	DYS chrono	DYS lecture
Syllabes simples	Score	M	4,76	4,36 NS	4,19**
		ET	0,50	0,93	1,12
	Score/tps	M	4,33	3,00**	3,57 NS
		ET	1,73	1,45	1,81
CVC	Score	M	4,21	2,57**	2,53***
		ET	1,06	1,34	1,54
	Score/tps	M	2,92	1,21***	1,69**
		ET	1,42	1,05	1,39
CCV	Score	M	4,00	2,71*	2,06***
		ET	1,21	1,64	1,79
	Score/tps	M	2,46	1,36**	1,33**
		ET	1,25	0,96	1,49
Total	Score	M	12,97	9,64**	8,78***
		ET	2,22	3,08	3,29
	Score/tps	M	3,03	1,59***	2,01**
		ET	1,28	0,83	1,31

Tableau 11 : Segmentation phonémique : comparaisons intergroupes (t de student).



Graphique 8 : Segmentation phonémique : scores selon le type de syllabes.



Graphique 9 : Segmentation phonémique : scores moyens sur 20 secondes selon le type de syllabes.

Les items SS sont plus réussis que les CVC et CCV (résultats attendus) et **les items CVC** sont plus réussis que les CCV (tendance à traiter la structure CC comme une seule unité).

Les CTL réussissent mieux que les DYS (résultat attendu) mais il y a peu d'écart entre DYS chrono et DYS lecture (résultat étonnant, les DYS lecture étant plus âgés et meilleurs lecteurs).

Les écarts entre les CTL et les deux groupes des DYS sont plus importants sur les syllabes CVC et CCV que sur les SS (on passe de « non significatif » à « significatif »).

L'enregistrement du temps de réalisation de la tâche améliore la significativité entre CTL et DYS chrono, mais baisse la significativité entre CTL et DYS lecture : cliniquement, nous avons constaté que la difficulté à produire certains phonèmes isolément pénalise certains CTL. Les DYS lecture, plus âgés, et parfois entraînés, semblent moins gênés.

		CTL	DYS chrono	Total	CTL	DYS lecture	Total
SS	Score	79*	43	72*	79*	56	71*
	Score/tps	61	79*	65	58	66	61
CVC	Score	86**	78*	84*	86**	69	80**
	Score/tps	74*	79*	75*	61	72*	65
CCV	Score	73*	64	71*	73*	78*	75*
	Score/tps	65	64	65	65	75*	69
Total	Score	81**	71*	79*	81**	78*	80**
	Score/tps	71	79*	72*	63	78*	68

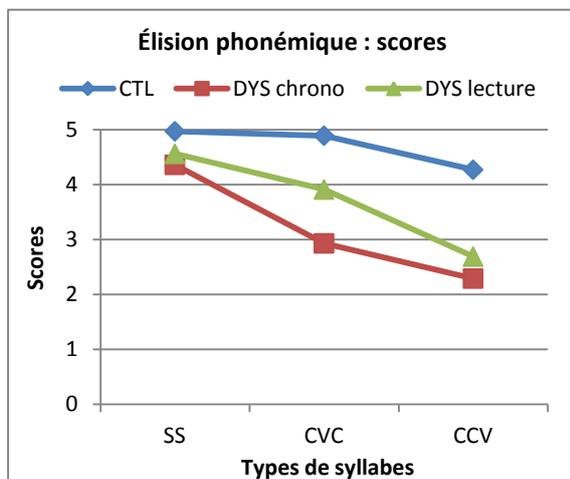
Tableau 12 : Segmentation phonémique : pourcentages de classification correcte (par AD).

Les AD font ressortir des pourcentages de classification globalement moins bons que sur l'épreuve de fusion. L'épreuve de segmentation est donc moins pertinente pour mettre en évidence un déficit de traitement métaphonologique chez les dyslexiques.

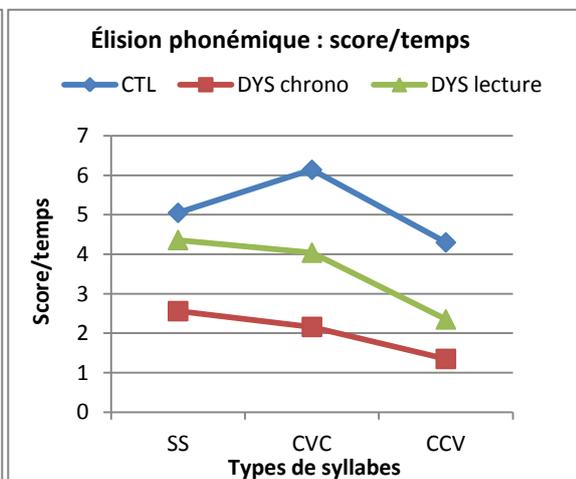
iii. *Élision du phonème initial*

			CTL	DYS chrono	DYS lecture
Syllabes simples	Score	M	4,97	4,36**	4,56**
		ET	0,18	0,74	0,76
	Score/tps	M	5,05	2,56***	4,36 NS
		ET	1,51	1,30	1,78
CVC	Score	M	4,89	2,93**	3,91***
		ET	0,32	2,06	1,25
	Score/tps	M	6,14	2,16***	4,04**
		ET	2,12	1,98	2,61
CCV	Score	M	4,27	2,29**	2,69***
		ET	1,13	1,73	1,60
	Score/tps	M	4,30	1,35***	2,35***
		ET	1,86	1,21	1,76
Total	Score	M	14,13	9,57**	11,16***
		ET	1,18	3,74	2,57
	Score/tps	M	4,87	1,93***	3,39***
		ET	1,39	1,17	1,62

Tableau 13 : Élision du phonème initial : comparaisons intergroupes (t de student).



Graphique 10 : Élision du phonème initial : scores selon le type de syllabes.



Graphique 11 : Élision du phonème initial : scores moyens sur 20 secondes selon le type de syllabes.

Les items SS sont mieux réussis par les trois groupes que les items CVC et CCV, mais les CTL sont meilleurs sur les items CVC si on tient compte du temps, ce qui peut s'expliquer par une habitude à la tâche, les items SS étant présentés au début. Ce phénomène n'étant présent que chez les CTL, cela indique que ces derniers peuvent rapidement augmenter leur vitesse de traitement avec un entraînement, ce qui n'est pas le cas chez les DYS.

Les items CCV sont toujours moins bien réussis par les trois groupes que les items CVC, bien qu'ils soient présentés en dernier, il y a donc une difficulté inhérente au type de syllabe. Il est plus difficile d'isoler le 1^{er} phonème dans le groupe consonantique initial.

Les CTL réussissent mieux tous les items que les deux groupes de DYS. Les différences entre groupes sont significatives. Il y a donc un effet de groupe sur les performances.

La prise en compte du temps de traitement permet d'obtenir :

- des différences CTL / DYS chrono plus significatives ;
- des différences CTL / DYS lecture moins significatives sur les items SS et CVC car la tâche n'est pas automatisée chez certains CTL qui sont pénalisés par la donnée temporelle. On n'observe pas ce phénomène sur les items CCV car les DYS lecture échouent massivement sur ces items.

		CTL	DYS chrono	Total	CTL	DYS lecture	Total
SS	Score	97***	50	88**	97***	31	75*
	Score/tps	89**	71*	86**	60	59	60
CVC	Score	89**	71*	86**	89**	56	78*
	Score/tps	84**	93***	86**	68	69	68
CCV	Score	82**	71*	80**	82**	72*	79*
	Score/tps	82**	79*	82**	74*	75*	75*
Total	Score	89**	79*	87**	76*	78*	77*
	Score/tps	84*	86**	84*	71*	72*	71*

Tableau 14 : Élision du phonème initial : pourcentages de classification correcte (par AD).

Les résultats des AD confirment que :

- **les SS classent moins bien les DYS que les autres types de syllabes** : aucun CTL n'échoue, ils sont donc tous bien classés, mais l'épreuve est peu sensible car beaucoup de DYS la réussissent également.
- **prendre en compte le temps est pertinent** car cela améliore le classement des DYS (et rend la tâche plus sensible) même si cela diminue la spécificité (moins de CTL bien classés mais les pourcentages restent néanmoins supérieurs à 80 %).

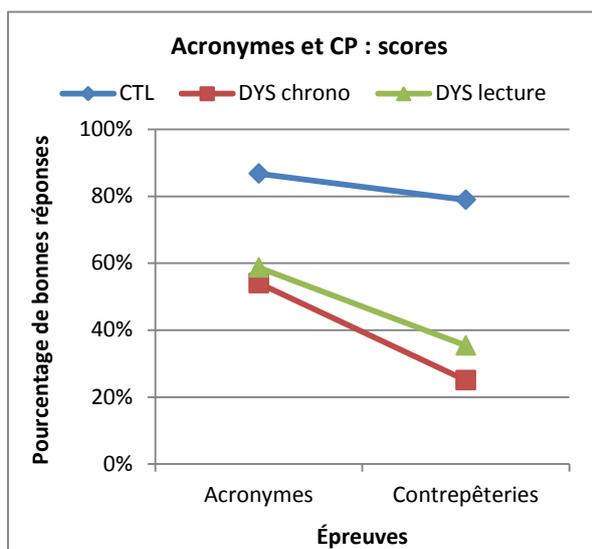
La **corrélation** lecture de mots isolés / élision (score/temps) confirme la pertinence de l'épreuve d'élision. Avec un pourcentage de variance expliquée (R^2) de 45 % ($p < 0,0001$), l'élision est fortement corrélée à la lecture.

c. Épreuves métaphonologiques complexes : acronymes et contrepèteries (CP)

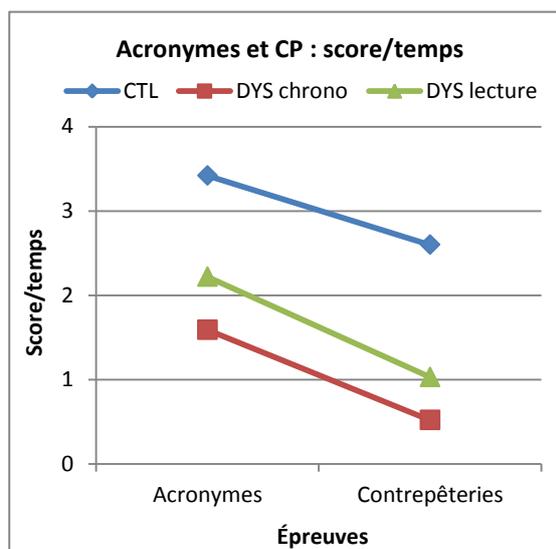
La donnée « score/temps » correspond au nombre moyen de bonnes réponses en 30 secondes.

			CTL	DYS chrono	DYS lecture
Acr.	Score	M	7,81	4,86**	5,28***
		ET	1,17	2,93	2,57
	Score/tps	M	3,42	1,59***	2,22***
		ET	1,09	1,18	1,42
CP	Score	M	12,63	4,00***	5,66***
		ET	2,71	3,51	4,38
	Score/tps	M	2,60	0,52***	1,03***
		ET	1,19	0,52	0,91

Tableau 15 : Acronymes et contrepèteries : comparaisons intergroupes (t de student).



Graphique 12 : Acronymes et contrepèteries : scores selon les groupes.



Graphique 13 : Acronymes et contrepèteries : scores moyens sur 30 secondes.

Les CP sont moins bien réussies que les acronymes par les 3 groupes.

Les CTL réussissent mieux les deux épreuves que les DYS. Les différences observées sont très significatives. L'épreuve de CP met en exergue des différences de moyennes encore plus accentuées que sur les acronymes.

Les DYS lecture restent déficitaires, l'écart avec les CTL étant très significatif.

		CTL	DYS chrono	Total	CTL	DYS lecture	Total
Acr.	Score	90***	71*	87**	90***	66	82**
	Score/tps	79*	79*	79*	68	75*	70*
CP	Score	97***	79*	93***	89**	78*	85**
	Score/tps	81**	93***	83**	73*	84**	77*

Tableau 16 : Acronymes et contrepèteries : pourcentages de classification correcte (par AD).

Intégrer la donnée temporelle :

- permet de mieux classer les DYS chrono et les DYS lecture : tous les DYS ont donc besoin de temps pour réaliser la tâche.
- mais classe moins bien les CTL : cela dénote une hétérogénéité chez les normo-lecteurs de CE2, et met en exergue des profils d'enfants précis aux dépens du temps.

d. Synthèse sur les épreuves de conscience phonologique

Une AD multiple avec sélection de variables a été réalisée pour savoir quelle combinaison de variables permet d'obtenir le meilleur pourcentage de classification correcte. Il s'agit de faire ressortir, parmi les épreuves précédentes, celles qui sont à la fois les plus discriminantes pour les deux groupes comparés et les moins corrélées entre elles (afin d'éviter de faire ressortir deux épreuves très redondantes). Pour les épreuves chronométrées, c'est la donnée score/temps qui a été soumise à l'analyse. **Pour les DYS chrono**, l'élosion phonémique et le repérage ressortent. **Pour les DYS lecture**, ce sont les contrepèteries et le repérage.

	CTL	DYS chrono	Total		CTL	DYS lecture	Total
Élision + Rep.	86**	86**	86**	CP + Rep.	77*	75*	77*

Tableau 17 : Conscience phonologique : pourcentages de classification correcte par AD multiples.

Ces résultats sont attendus :

- **le repérage** ressort pour les deux groupes, ce qui confirme qu'il est plus intéressant que la localisation ou les intrus.
- **l'élision et les CP** sont très corrélées puisque leur R^2 est de 0,6 ($p < 0,0001$) ; il est donc logique qu'une seule des deux épreuves soit retenue statistiquement. Pour les DYS lecture, c'est l'épreuve de CP qui est retenue car plus complexe, ce qui corrobore nos impressions cliniques : elle permet de mettre en évidence, chez certains DYS, un déficit métaphonologique plus fin qui n'apparaîtrait pas avec l'épreuve d'élision.

3. LA DÉNOMINATION RAPIDE AUTOMATISÉE (DRA)

		CTL	DYS chrono	DYS lecture
Temps (en ms)	M	39248	55947**	38127 NS
	ET	7417	18219	9270
Erreurs	M	0,06	0,57*	0,31*
	ET	0,40	0,65	0,59

Tableau 18 : DRA : comparaisons intergroupes (t de student).

Chez les DYS chrono, un déficit de DRA est observé : le temps de réalisation de la tâche est significativement différent de celui des CTL. Il y a donc une moindre vitesse d'accès au lexique phonologique chez les DYS chrono.

Néanmoins, il n'y a **pas de différence entre les CTL et DYS lecture** : on constate donc une amélioration des compétences de DRA avec l'âge, malgré la pathologie.

Les erreurs de dénomination mettent en évidence une différence significative car très peu de CTL font des erreurs sur l'épreuve.

	CTL	DYS chrono	Total	CTL	DYS lecture	Total
Temps	84**	57	79*	52	69	55
Erreurs	96***	50	88**	97***	50	88**

Tableau 19 : DRA : pourcentages de classification correcte (par AD).

Les AD confirment les résultats précédents et montrent que :

- **dans l'AD CTL/DYS chrono** : le temps de réalisation classe bien les CTL (la plupart étant performants et rapides) mais classe modérément les DYS, les

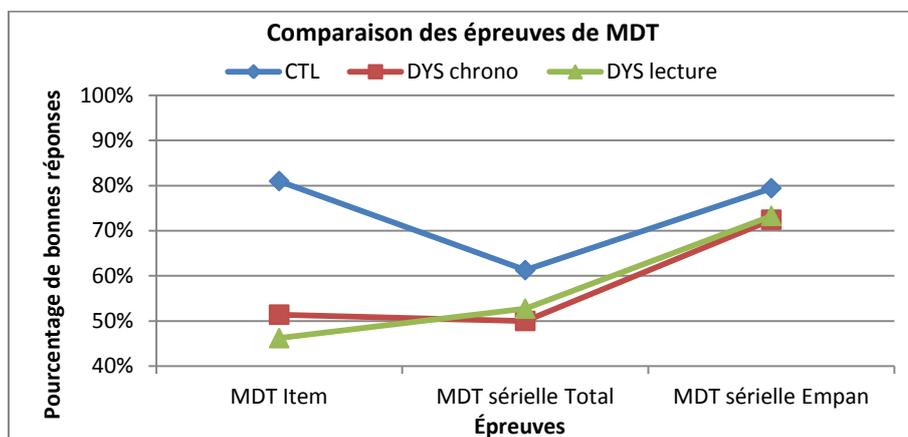
différences interindividuelles étant plus importantes (57,1 % de bien classés, ce qui est proche des résultats de Castel qui considère que 62 % des dyslexiques ont un déficit de DRA) ;

- **dans l'AD CTL/DYS lecture** : le temps de réalisation classe modérément les DYS et les CTL, la vitesse d'accès au lexique phonologique semblant s'améliorer avec l'âge et le niveau de lecture.

4. LA MÉMOIRE DE TRAVAIL VERBALE (MDT)

			CTL	DYS chrono	DYS lecture
MDT item	Score	M	4,05	2,57**	2,31***
		ET	0,89	1,34	1,35
MDT sérielle	Score total	M	9,19	7,50**	7,91**
		ET	1,85	1,91	1,61
	Empan	M	5,56	5,07 NS	5,13*
		ET	0,69	0,83	0,61

Tableau 20 : MDT item et MDT sérielle : comparaisons intergroupes (t de student).



Graphique 14 : MDT item et MDT sérielle : pourcentages de réussite selon les groupes.

Les CTL réussissent mieux que les deux groupes de DYS et les différences observées sont significatives pour la MDT item et le score total de la MDT sérielle (résultats attendus). Les DYS ont donc un déficit de MDT.

En revanche, il y a **peu de différence entre DYS chrono et DYS lecture**, alors que l'on s'attendrait à une amélioration des performances avec l'âge, y compris chez les DYS.

La MDT item met en évidence un écart plus important entre CTL et DYS que la MDT sérielle. À première vue, ces résultats peuvent paraître étonnants puisqu'on pourrait s'attendre à ce que les deux épreuves soient très liées et qu'il y ait donc peu de différence dans les performances des groupes entre les deux épreuves. Ils sont néanmoins confirmés par les corrélations puisque les deux épreuves sont très faiblement corrélées entre elles, le pourcentage de variance expliquée R^2 étant de 12,3 % ($p < 0,01$). Conformément au modèle de Majerus (2010), ces résultats mettent en évidence que des processus sous-jacents différents sont en jeu dans les deux épreuves puisqu'elles font appel à des compétences différentes.

Pour la MDT sérielle, le score total met en évidence une différence significative entre les CTL et les deux groupes de DYS tandis que l’empan n’est pas significatif dans la comparaison CTL/DYS chrono (il devient faiblement significatif pour la comparaison CTL/DYS lecture du fait d’un effectif plus grand).

		CTL	DYS chrono	Total	CTL	DYS lecture	Total
Item	Score	73*	79*	73*	73*	81**	76*
Sérielle	Score total	71*	71*	71*	71*	53	65
	Empan	52	64	54	52	59	54

Tableau 21 : MDT sérielle et MDT item : pourcentages de classification correcte (par AD).

Les AD confirment que **la MDT item et le score total de la MDT sérielle** classent mieux les CTL et les DYS que l’empan de la MDT sérielle.

Les AD multiples ne font ressortir que l’épreuve de MDT item : c’est en effet l’épreuve qui donne les meilleurs pourcentages de classification correcte, mais il est surprenant que la MDT sérielle ne ressorte pas également étant donné la faible corrélation des deux épreuves entre elles (cf. p. 44).

5. LA LECTURE

a. Lecture de mots isolés (épreuve leximétrique)

	M	ET	+2ET	+1,65ET	+1 ET	-1ET	-1,65 ET	-2 ET
Nombre de mots lus	138	24,4	186,8	178,2	162,4	113,7	97,9	89,3
Nombre de mots bien lus	133,8	25	183,8	175,1	158,8	108,7	92,5	83,7

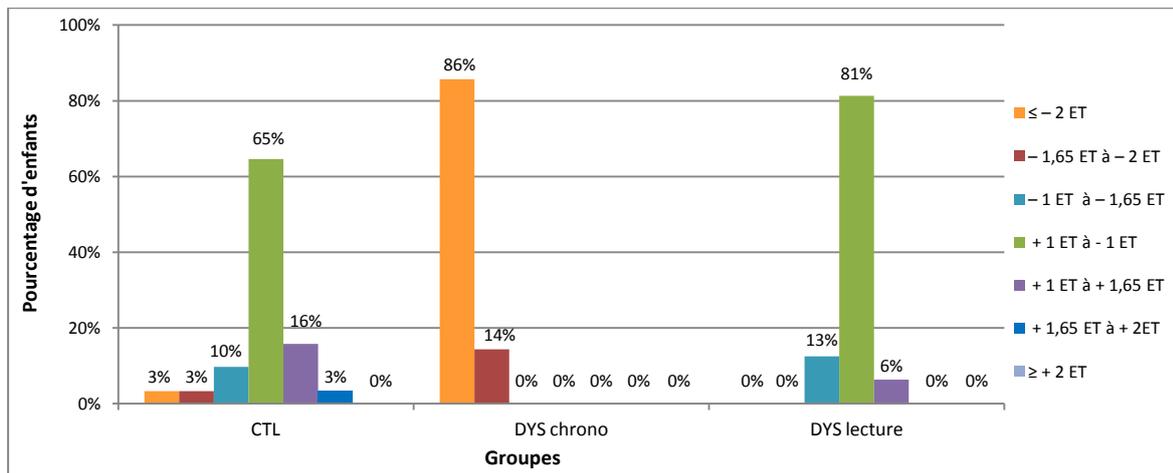
Tableau 22 : Lecture de mots isolés (épreuve leximétrique) : moyennes et écarts-types.

Cette épreuve permet de déterminer le niveau de lecture de chaque enfant testé ; un étalonnage a été effectué sur les CTL, qui permet d’obtenir la moyenne et l’écart-type pour la vitesse de lecture (nombre de mots lus) et la vitesse et précision de lecture (nombre de mots bien lus).

i. Répartition de la population selon la vitesse de la lecture

	CTL	DYS chrono	DYS lecture
$\geq + 2 \text{ ET } (\geq 187 \text{ mots})$	0 %	0 %	0 %
Entre + 1,65 et + 2 ET (179-186 mots)	3,2 %	0 %	0 %
Entre + 1 ET et + 1,65 ET (163-178 mots)	16,1 %	0 %	6,3 %
Entre moyenne et + 1 ET (138-162 mots)	32,3 %	0 %	21,9 %
Entre - 1 ET et moyenne (114-137 mots)	32,3 %	0 %	59,4 %
Entre - 1ET et - 1,65 ET (98-113 mots)	9,7 %	0 %	12,5 %
Total « limite seuil pathologique » (≥ 98 mots)	93,6 %	0 %	100 %
Entre - 1,65 ET et - 2 ET (90 et 97 mots)	3,2 %	14,3 %	0 %
$\leq - 2 \text{ ET } (\leq 89 \text{ mots})$	3,2 %	85,7 %	0 %

Tableau 23 : Répartition de la population des trois groupes selon la vitesse de lecture (nombre de mots lus).



Graphique 15 : Répartition de la population selon la vitesse de lecture (nombre de mots lus)

La répartition des CTL est proche de la loi normale avec :

- 65 % des sujets entre -1 et +1 ET (contre 68 % selon la théorie de la loi normale)
- 97 % des sujets entre -2 et + 2 ET (contre 95 % selon la théorie)
- 3 % des sujets au-delà de -2 ET donc situés aux extrêmes (contre 5 % selon la théorie).

Nous ne nous attendions pas à avoir des sujets CTL situés à -1,65 ET de la moyenne car nous avons exclu de l'étude les enfants suivis en orthophonie pour trouble du langage écrit. Il existe donc, dans notre groupe de CTL, des enfants présentant des performances hors-normes. Néanmoins, cette proportion d'enfants est faible (6 %).

Les DYS chrono se situent tous au-delà de -1,65 ET et une majorité d'entre eux se situent même au-delà de -2 ET. Tous les DYS chrono ont donc un profil de lecture les situant dans la zone pathologique par rapport à la norme de leur âge ; ces résultats étaient attendus.

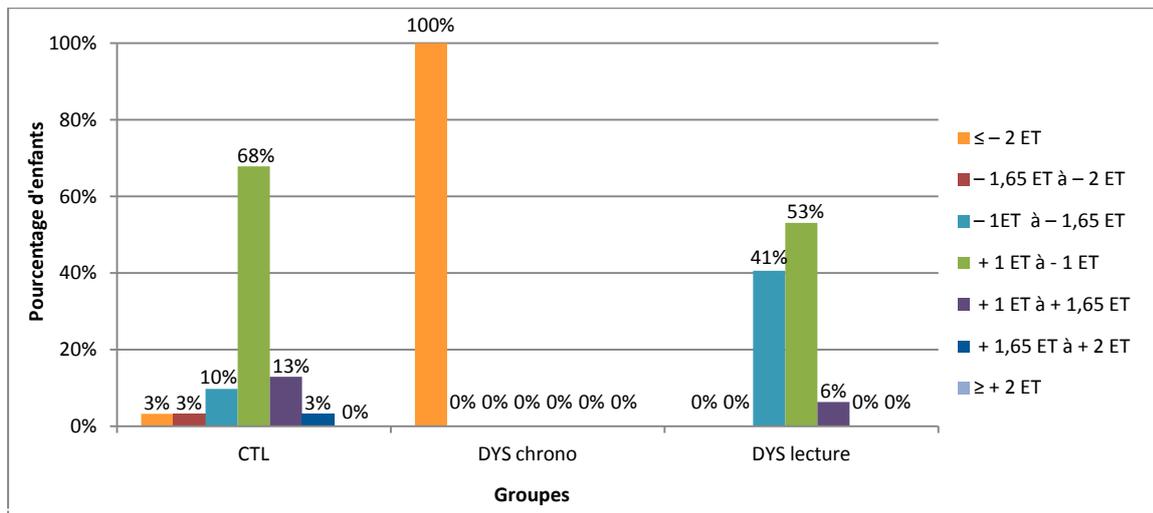
Les DYS lecture :

- se situent tous au-dessus de -1,65 ET : cette condition constitue en effet l'un de nos critères de recrutement des DYS lecture.
- sont en majorité entre -1 et +1 ET : leur répartition est donc proche de celle de la population des CTL.

ii. Répartition de la population selon la vitesse et la précision de lecture

	CTL	DYS chrono	DYS lecture
$\geq + 2 ET (\geq 184 \text{ mots})$	0 %	0 %	0 %
Entre + 1,65 et + 2 ET (175-183 mots)	3,2 %	0 %	0 %
Entre + 1 ET et + 1,65 ET (159-174 mots)	12,9 %	0 %	6,3 %
Entre moyenne et + 1 ET (134-158 mots)	35,5 %	0 %	12,5 %
Entre - 1 ET et moyenne (109-133 mots)	32,3 %	0 %	40,6 %
Entre - 1ET et - 1,65 ET (93-108 mots)	9,7 %	0 %	40,6 %
Total « limite seuil pathologique » ($\geq 93 \text{ mots}$)	93,6 %	0 %	100 %
Entre - 1,65 ET et - 2 ET (84 et 92 mots)	3,2 %	0 %	0 %
$\leq - 2 ET (\leq 83 \text{ mots})$	3,2 %	100 %	0 %

Tableau 24 : Répartition de la population selon la vitesse et la précision de lecture (nombre de mots bien lus).



Graphique 16 : Répartition de la population selon la vitesse et la précision de lecture (nombre de mots bien lus).

Tenir compte conjointement de la vitesse et de la précision de lecture **change peu la répartition des CTL** qui reste proche de la loi normale (68 % entre -1 et +1 ET ; 97 % entre -2 et + 2 ET). À l'inverse, **cela change beaucoup la répartition des DYS :**

- Tous les DYS lecture restent en effet au-dessus de -1,65 ET mais 28 % d'entre eux passent de « -1 à +1 ET » à « -1 à -1,65 ET ».
- Les rares DYS chrono situés entre -1,65 et -2 ET sur la vitesse de lecture seule sont ici tous au-delà de -2 ET.

iii. *Analyses discriminantes*

	CTL	DYS chrono	Total	CTL	DYS lecture	Total
Mots lus	86**	100***	88**	61	63	62
Mots bien lus	90***	100***	92***	67	69	68
Indice de précision	100***	71*	95***	92***	81**	88**
Err. d'adressage	56	14	49	76*	69	73*
Err. d'assemblage	98***	71*	93***	95***	69	86**
Total Erreurs	98***	64	92***	98***	75*	90***

Tableau 25 : Lecture de mots isolés : pourcentages de classification correcte (par AD).

Le nombre de mots bien lus (vitesse et précision) :

- classe mieux que la vitesse seule car certains DYS ont une stratégie de lecture « rapide » mais font beaucoup d'erreurs en comparaison des CTL.
- classe très bien les DYS chrono ; cette donnée semble donc pertinente pour mettre en évidence le trouble d'identification des mots écrits des DYS chrono.
- ne permet pas de bien reclasser les DYS lecture (de fait, ils ont été sélectionnés pour leur niveau de lecture proche de celui des CTL).

L'indice de précision (= nombre de mots bien lus / nombre de mots lus * 100) classe correctement les CTL et les 2 groupes de DYS. Proportionnellement au nombre de mots lus, les DYS font donc beaucoup plus d'erreurs que les CTL.

Le nombre d'erreurs d'adressage :

- classe mal les CTL et les DYS chrono : ces erreurs ne sont donc pas symptomatiques des DYS chrono (peu d'entre eux font ce type d'erreurs qui implique d'avoir déjà développé une voie d'adressage). Par ailleurs, le profil des CTL de CE2 est hétérogène : certains font beaucoup de substitutions de mots fonction tandis que d'autres ne font plus ce type d'erreurs et sont très précis.
- classe mieux les CTL et les DYS lecture : chez ces derniers en effet, la voie d'adressage est développée mais reste relativement peu opérationnelle puisqu'ils font plus d'erreurs que les CTL. Néanmoins, le pourcentage de classement des DYS reste modéré (moins de 70 %).

Le nombre d'erreurs d'assemblage classe bien les CTL : en CE2, les normo-lecteurs font très peu d'erreurs d'assemblage. Les deux groupes de DYS sont modérément bien classés : certains font beaucoup d'erreurs d'assemblage et d'autres ont un profil moins sévère.

b. Lecture de pseudo-mots

		CTL	DYS chrono	DYS lecture
PM bien lus	M	10,71	4,64***	7,09**
	ET	1,57	2,98	2,83
Temps de lecture (en ms)	M	18508	64280**	24468*
	ET	7025	48508	7787
Rapport précision/temps	M	6,64	1,05***	3,30***
	ET	2,51	0,89	1,77
Nombre d'erreurs	M	1,39	10,57***	6,22***
	ET	1,72	5,43	4,55

Tableau 26 : Lecture de pseudo-mots : comparaisons intergroupes (t de student).

	CTL	DYS chrono	Total	CTL	DYS lecture	Total
Temps de lecture	98***	71*	93***	71*	59	67
PM bien lus	97***	79*	93***	92***	59	81**
Précision/temps	82**	100***	86**	74*	81**	77*
Total erreurs	97***	71*	92***	90***	59	80**

Tableau 27 : Lecture de pseudo-mots : pourcentages de classification correcte (par AD).

La lecture de pseudo-mots s'avère une épreuve particulièrement intéressante pour mettre en évidence le déficit de la voie d'assemblage, et notamment **le rapport précision/temps** qui classe correctement 100 % des DYS chrono.

c. Lecture de textes

i. Comparaison des CTL et des DYS

Les comparaisons de moyennes et des AD sont similaires à celles observées sur l'épreuve de lecture de mots isolés. Les tableaux des résultats sont donc présentés dans les annexes 17 et 18 (pp. 82 et 83).

ii. Comparaison La Mouette / Évalouette

Des t de student pour échantillons appariés ont été réalisés ici afin de comparer, au sein de chaque groupe, les moyennes sur la lecture de *La Mouette* (texte signifiant) et sur la lecture de l'*Évalouette* (texte non signifiant).

		CTL		DYS chrono		DYS lecture	
		Moyenne	p	Moyenne	p	Moyenne	p
Mots bien lus	La Mouette	188,3	***	44,8	NS	133,1	***
	Évalouette	166,8		43,7		121,3	

Tableau 28 : Comparaisons intragroupes (t de student pour groupes appariés) sur *La Mouette* et *Évalouette*.

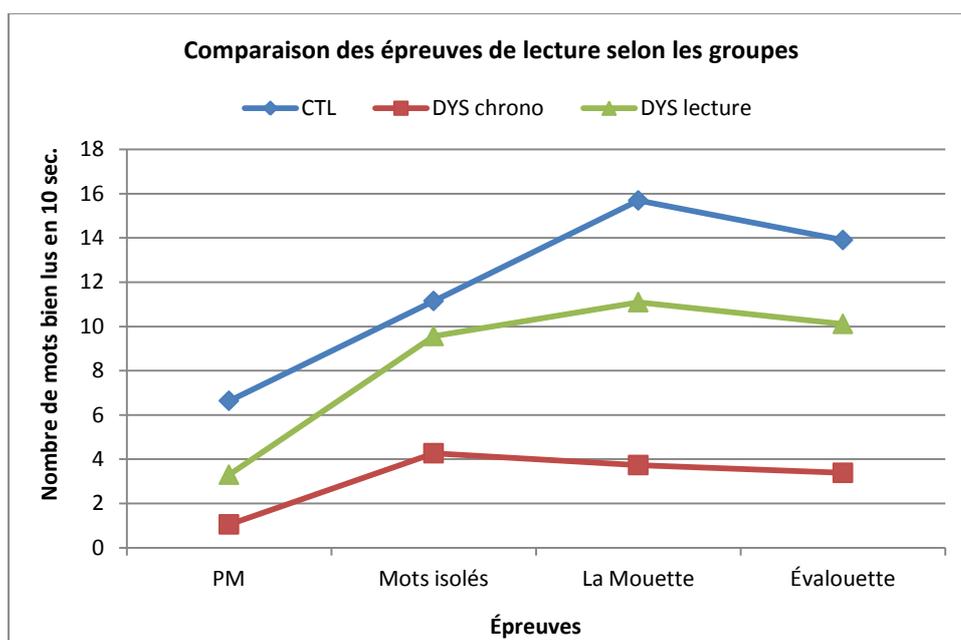
Cette comparaison des performances intra-groupes montre que :

- **chez les CTL**, le nombre de mots bien lus diffère de façon significative entre *La Mouette* et *Évalouette* : l'appui sur le sens permet d'améliorer la vitesse de lecture.
- **chez les DYS chrono**, les moyennes ne sont pas significativement différentes : contrairement aux normo-lecteurs, ils ne s'appuient pas sur le sens pour déchiffrer.
- **chez les DYS lecture**, les moyennes sont significativement différentes, comme chez les CTL : ils pourraient également compenser par le sens.

d. Comparaison des épreuves de lecture

Pour comparer les épreuves de lecture entre elles, nous avons calculé le nombre de mots lus en 10 secondes par chaque groupe au cours de chaque épreuve de lecture, ce qui donne :

- pour les épreuves en temps limité de 2 minutes (lecture de mots isolés, *La Mouette* et *Évalouette*) : nombre de mots bien lus / 120 secondes * 10 secondes.
- pour l'épreuve de pseudo-mots chronométrée : nombre de pseudo-mots bien lus / temps de lecture en secondes * 10 secondes.



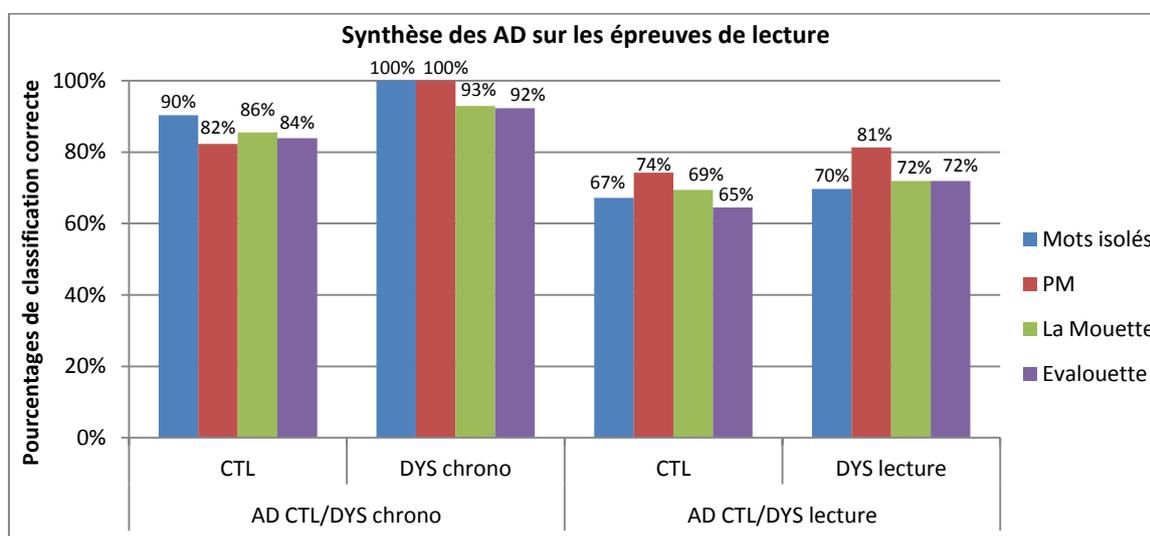
Graphique 17 : Nombre moyen de mots bien lus sur 10 secondes selon les épreuves de lecture.

Les CTL et les DYS lecture lisent plus rapidement :

- 1. le texte signifiant (*La Mouette*) ;
- 2. le texte non-signifiant (*Évalouette*) ;
- 3. les mots isolés : on lit donc plus rapidement des mots au sein d'une phrase (la structure syntaxique apparaît alors comme une aide à la vitesse de lecture) ;
- 4. les pseudo-mots : le développement de la voie d'adressage permet de lire plus vite des mots que des pseudo-mots.

Chez les DYS chrono, les résultats sont légèrement différents :

- il n'y a pas de différence entre texte signifiant et texte non-signifiant (cf. p. 49) ;
- la lecture de mots isolés est un peu plus rapide que la lecture de textes : l'appui sur la structure syntaxique n'est pas encore une aide efficace.



Graphique 18 : Comparaison des pourcentages de classification correcte (par AD) en fonction des épreuves de lecture.

Dans la comparaison CTL/DYS chrono : les AD montrent que la lecture de mots isolés et la lecture de pseudo-mots permettent d'obtenir les meilleurs pourcentages de classification chez les DYS chrono. Ces deux épreuves permettent également de très bons scores de classification des CTL.

Dans la comparaison CTL/DYS lecture : les AD mettent en évidence la pertinence de l'épreuve de lecture de pseudo-mots. Ceci corrobore les données de la littérature : la voie d'assemblage demeure très déficitaire et la lecture de pseudo-mots s'en trouve donc affectée puisqu'elle ne peut faire l'objet d'aucune compensation (voie d'adressage, appui sur le sens). Une AD multiple avec sélection de variables a également été réalisée ; elle fait ressortir :

- pour les DYS chrono : la lecture de mots isolés + *Évalouette* ;
- pour les DYS lecture : la lecture de pseudo-mots.

	CTL	DYS chrono	Total		CTL	DYS lecture	Total
Mots isolés + Évalouette	90***	100***	92***	PM	74*	81**	77*

Tableau 29 : Pourcentages de classification correcte (par AD multiples) sur une combinaison optimale d'épreuves de lecture.

Les résultats pour les DYS lecture étaient attendus. En revanche les résultats pour les DYS chrono sont surprenants : la combinaison Mots isolés + *Évalouette* engendre exactement les mêmes pourcentages de classification correcte que ceux de l'épreuve Mots isolés seule. Par ailleurs, les deux épreuves sont très corrélées entre elles (cf. ci-dessous).

e. Corrélations entre les épreuves de lecture

Nous présentons ci-dessous la valeur R² des corrélations entre les épreuves de lecture. Toutes les corrélations sont significatives (p < 0,0001).

	Mots isolés	Pseudo-mots	Mouette	Évalouette
Mots isolés	1			
Pseudo-mots	0,68	1		
Mouette	0,84	0,75	1	
Évalouette	0,85	0,76	0,96	1

Tableau 30 : Corrélations R² entre les différentes épreuves de lecture.

Par ailleurs, **les épreuves de lecture sont toutes très fortement corrélées entre elles :**

- La lecture de mots isolés est fortement corrélée à *La Mouette* et *Évalouette* qui sont en outre très fortement corrélées entre elles : les épreuves sont donc très redondantes.
- Quoique forte, la corrélation de la lecture de mots est un peu moindre avec les pseudo-mots, qui testent plus spécifiquement la voie d'assemblage.

6. ANALYSES DISCRIMINANTES MULTIPLES

Nous avons effectué des AD multiples sur l'ensemble des épreuves effectuées dans le protocole (en tenant compte du score/temps pour les épreuves chronométrées).

Pour les DYS chrono, la combinaison frontière + pente + lecture de mots isolés (mots bien lus) permet d'obtenir des pourcentages de classification supérieurs à 96 %.

Pour les DYS lecture, la combinaison frontière + pente + DRA (temps) + MDT item + lecture de pseudo-mots permet d'avoir des pourcentages de classification supérieurs à 93 %.

	CTL	DYS chrono	Total	CTL	DYS lecture	Total
Combinaison de variables	97***	100***	97***	94***	97***	95***

Tableau 31 : Pourcentages de classification correcte (par AD multiples) sur une combinaison optimale d'épreuves de l'ensemble du protocole.

Les variables pente et frontière ressortent à chaque fois, ce qui montre qu'elles sont pertinentes pour reclasser les DYS et les CTL, tout en testant des processus relativement indépendants des autres variables cognitives (MDT, DRA, conscience phonologique).

IV. DISCUSSION

1. CONFRONTATION DES HYPOTHÈSES AUX RÉSULTATS

Hypothèse 1 : La perception catégorielle syntagmatique est différente chez les normo-lecteurs et chez les dyslexiques, y compris chez les dyslexiques de même niveau de lecture.

La frontière /paʁɔl/-/paʁl/ est décalée vers la droite chez les DYS par rapport aux CTL. Les DYS perçoivent en effet le [ɔ] sur un segment plus court que les CTL, ce qui entraîne plus de réponses « parole » à partir du stimulus 6. Selon la théorie allophonique, il est possible que les DYS perçoivent dans la transition CC de /paʁl/ des segments subphonémiques entraînant la détection d'une voyelle /ɔ/ qui n'est plus perçue par les normo-lecteurs.

De plus, une **différence de pente est observée**. Les DYS auraient donc une identification moins catégorielle que les CTL, ce qui serait l'expression d'une frontière phonémique plus floue. En effet, s'ils perçoivent des segments subphonémiques, non pertinents dans la langue, ceux-ci peuvent interférer sur les représentations phonémiques et engendrer des hésitations sur les stimuli proches de la frontière phonémique.

Le déficit observé est durable dans le temps et ce malgré l'amélioration du niveau de lecture puisque les DYS lecture présentent toujours une différence de frontière et de pente significative par rapport aux CTL, tandis que la différence entre les deux groupes de DYS n'est pas significative.

⇒ *Cette hypothèse est donc vérifiée.*

Hypothèse 2 : L'épreuve de perception catégorielle syntagmatique est un outil pertinent à inclure dans une batterie d'évaluation du langage écrit.

La frontière, en combinaison avec la pente, classe effectivement correctement les dyslexiques et les sujets contrôles, et ce avec des scores élevés et comparables à ceux des épreuves de lecture. Il s'agit donc, à première vue, un outil de diagnostic pertinent. Cependant, malgré ces bons résultats, l'épreuve « en l'état » ne nous paraît pas pertinente à inclure dans une batterie d'évaluation du langage écrit. En effet, elle comporte des contraintes matérielles : d'une part l'acquisition de deux souris de couleur, d'autre part l'utilisation d'un casque dont la courbe de réponse est conforme au casque utilisé pour la normalisation de l'épreuve. En effet, nous avons vu que nos résultats diffèrent de ceux de Seck (2012) car les casques utilisés pour les deux expérimentations ne sont pas identiques. Si ces paramètres peuvent être vérifiés et contrôlés dans un cadre expérimental, il paraît difficile de les maîtriser dans le cadre plus hétérogène des cabinets d'orthophonie.

Par ailleurs, la perception catégorielle est une donnée fine sensible à la langue entendue dans la petite enfance. C'est pourquoi le bilinguisme a constitué un critère d'exclusion pour les enfants recrutés dans notre mémoire. Il paraît cependant difficile aujourd'hui de proposer, dans le cadre d'une batterie, un outil d'évaluation ne pouvant être utilisé qu'avec des enfants monolingues ; il serait cependant intéressant de vérifier si le bilinguisme a réellement un impact sur les résultats.

Ajoutons que le temps de passation peut être relativement long pour cette seule épreuve (10 minutes environ), et nécessite beaucoup de concentration et un temps d'habituation aux stimuli.

Les contraintes matérielles et expérimentales nous semblent donc rendre cet outil difficilement adaptable à la pratique clinique des orthophonistes, du moins dans sa forme actuelle et /ou dans l'état actuel des technologies disponibles dans un cadre clinique.

⇒ *Cette hypothèse est donc validée, mais son application clinique est pour l'instant entravée par des contraintes technologiques.*

Hypothèse 3 : Les autres compétences phonologiques associées à la lecture montrent des résultats différents chez les normo-lecteurs et chez les dyslexiques de même âge chronologique.

Les épreuves testant la conscience phonologique, la MDT et la vitesse d'accès au lexique phonologique (via une DRA) ont toutes mis en évidence une différence significative entre les compétences des DYS chrono et celles des CTL. Ces résultats sont conformes à la littérature.

⇒ *Cette hypothèse est donc vérifiée.*

Hypothèse 4 : Les autres compétences phonologiques associées à la lecture montrent des résultats similaires chez les normo-lecteurs et chez les dyslexiques de même niveau de lecture.

Initialement, nous ne prévoyions pas de trouver des différences significatives entre CTL et DYS lecture sur la plupart des épreuves car nous pensions que l'amélioration du niveau de lecture irait de pair avec une amélioration des compétences phonologiques associées. Nous observons cependant que seules les épreuves suivantes sont non significatives : la DRA, la partie « localisation » de l'épreuve de repérage et localisation, les intrus phonémiques. Le trouble phonologique est donc persistant, y compris chez des DYS rééduqués depuis plusieurs années et ayant un niveau de lecture CE2, soit un niveau de lecture efficient.

⇒ *Cette hypothèse est donc en grande partie invalidée.*

Hypothèse 5 : Toutes les épreuves testant les autres compétences phonologiques associées à la lecture sont pertinentes dans une batterie d'évaluation du langage écrit.

Pour cette hypothèse, nous nous appuyons sur les résultats des analyses discriminantes comparant CTL et DYS chrono, l'objectif d'un test étant de comparer les sujets avec leur classe d'âge. Certaines épreuves reclassent mieux les DYS chrono et les CTL et apparaissent donc plus pertinentes à conserver dans une batterie d'évaluation du langage écrit. Aussi, afin d'éviter un temps de passation inutilement long, nous ne proposons pas de garder toutes les épreuves.

⇒ ***Cette hypothèse est donc invalidée.***

Nous présentons ci-dessous le détail de chaque épreuve à conserver dans le cadre d'une batterie d'évaluation.

i. Les épreuves épiphonologiques

Au vu des résultats, l'épreuve de repérage (sans la partie « localisation ») semble la plus pertinente parmi les épreuves épiphonologiques : elle classe à la fois correctement les CTL et les DYS chrono et apparaît comme un bon compromis entre sensibilité et spécificité. De plus, elle ressort dans les AD multiples comme l'une des deux variables à conserver parmi l'ensemble des épreuves de conscience phonologique. Cette épreuve peut être considérée comme une première étape dans le bilan des compétences phonologiques et permet de repérer une faiblesse épiphonologique chez 70 % des DYS. D'autres épreuves sont cependant nécessaires pour affiner les résultats, l'épreuve demeurant moyennement sensible.

ii. Les épreuves métaphonologiques simples

La comparaison des AD entre les épreuves chez les CTL et les DYS chrono met en évidence des pourcentages de classification plus intéressants pour les épreuves de fusion et d'élision que pour l'épreuve de segmentation. Cette dernière peut donc être supprimée.

De plus, les items présentant une structure syllabique simple sont moins sensibles à la pathologie que les items CVC et CCV. Les items SS peuvent donc être abandonnés.

Enfin, prendre en considération le temps de réponse permet d'améliorer la sensibilité. Il est donc important que le temps de réalisation de la tâche soit enregistré.

Les AD multiples préconisent de ne conserver que l'élision (2^e variable qui ressort parmi l'ensemble des épreuves de conscience phonologique). L'épreuve de fusion peut donc être également supprimée.

iii. Les épreuves métaphonologiques complexes

L'épreuve de contrepèteries (CP) classe mieux les CTL et les deux groupes de DYS que les acronymes. Cette épreuve paraît donc *a priori* plus pertinente pour mettre en évidence un déficit métaphonologique chez les DYS. Néanmoins, sa complexité ne la rend pas

accessible à tous les DYS (3 DYS chrono et 6 DYS lecture n'ont pas pu réaliser l'épreuve car aucun item d'exemple n'a été réalisé correctement, malgré un étayage important). Par ailleurs, l'épreuve d'acronymes demeure elle aussi pertinente (près de 80 % de DYS chrono et de CTL bien classés). Dans cette mesure, il semble intéressant de conserver les acronymes et les CP, la seconde épreuve étant optionnelle et à ne proposer qu'aux enfants ayant bien réussi les acronymes pour mettre alors en évidence un déficit métaphonologique plus fin. Étant fortement corrélées à l'élision, elles n'apparaissent pas nécessairement sur les AD multiples. Cependant, elles permettent d'évaluer l'automatisation des processus d'élision/fusion et restent intéressantes d'un point de vue clinique. De plus, nous avons relevé le profil de quelques DYS (rééduqués depuis plusieurs années) qui ne présentaient pas de déficit sur les épreuves métaphonologiques simples mais dont les difficultés apparaissaient sur les épreuves d'acronymes et de CP.

Par ailleurs, il est important d'enregistrer le temps de réalisation de l'épreuve pour améliorer la sensibilité du test à la pathologie.

iv. Synthèse sur les épreuves de conscience phonologique

En conclusion, en croisant les résultats statistiques et les données cliniques, nous préconisons de conserver le repérage, l'élision phonémique (sur les items CVC et CCV), les acronymes et les CP. Par ailleurs, il est important de chronométrer les épreuves.

v. La dénomination rapide automatisée

Bien que **le nombre d'erreurs de dénomination** mette en évidence une différence significative entre DYS et CTL, nous ne préconisons pas de conserver cette donnée, conformément à la littérature : en effet, le nombre d'erreurs commises par les DYS reste minime et marginal ; cette donnée ne semble pas pertinente à prendre en compte.

Le temps de réalisation de la tâche apparaît plus intéressant mais il ne classe correctement que 57 % des DYS. Cette épreuve s'avère donc modérément intéressante à réaliser dans une perspective diagnostique de lenteur d'accès au lexique phonologique chez les dyslexiques, car elle est relativement peu sensible à la pathologie. Il serait néanmoins pertinent de comparer une DRA de couleurs avec une DRA de lettres ou d'images pour vérifier si la sensibilité du test augmente selon le type d'items à dénommer.

vi. La MDT

Pour la MDT sérielle, il est primordial de tenir compte du nombre total d'items réussis plutôt que de l'empan, la différence CTL / DYS étant beaucoup plus significative. En effet, certains enfants peuvent, au prix d'un recrutement attentionnel important, réussir ponctuellement un des trois items proposés (ce qui augmente leur empan), sans pour autant que leur performance soit reproductible.

Les AD multiples préconisent de ne conserver que la MDT item – qui est effectivement la donnée la plus discriminante. Cependant, le score total de la MDT sérielle donne aussi des pourcentages de classification correcte intéressants pour mettre en évidence un déficit de MDT chez les DYS. De plus, les deux épreuves sont faiblement corrélées entre elles et, conformément aux hypothèses de Majerus (2010), il semble qu’elles s’appuient sur des processus distincts. Cliniquement, nous avons également observé des processus dissociés. Les deux épreuves peuvent donc être conservées.

vii. Analyses discriminantes multiples générales

Nous avons vu que la combinaison de variables « pente + frontière + lecture de mots » ressort de l’AD multiple effectuée sur l’ensemble des épreuves. En théorie, ces seules épreuves pourraient donc être proposées aux patients suspectés de dyslexie. En pratique cependant, nous avons vu que, en l’état actuel, les données frontière et pente ne sont pas facilement intégrables à un protocole d’évaluation du langage écrit du fait des contraintes technologiques. De plus, dans une perspective rééducative, il est important de tester les différents processus sous-jacents au déficit d’identification des mots écrits ; nous ne préconisons donc pas de ne garder que ces trois épreuves. Néanmoins, l’analyse statistique effectuée souligne la pertinence de l’outil « perception catégorielle » en faisant ressortir les deux variables qu’il teste (frontière et pente) dans l’AD multiple : il serait donc vraiment intéressant de rendre cet outil moins sensible aux contraintes techniques et plus adapté à la pratique clinique.

Hypothèse 6 : Les épreuves de lecture permettent de mettre en évidence des conduites de lecture spécifiques aux dyslexiques, y compris chez les dyslexiques de même niveau de lecture.

i. Répartition de la population

La répartition des CTL ne change pas selon que l’on tienne compte de la vitesse de lecture ou de la vitesse et de la précision de lecture.

En revanche, bien qu’ayant un niveau de lecture comparable à celui des CTL, certains DYS lecture effectuent un nombre d’erreurs de lecture beaucoup plus important que les CTL, ce qui les fait changer de catégorie. La répartition change donc.

Pour les DYS chrono également, la précision de lecture creuse l’écart entre DYS et CTL puisqu’ils passent tous au-delà de -2ET des CTL.

ii. Type d’erreurs

Au-delà du nombre mots correctement lus, le type d’erreurs est symptomatique des dyslexiques :

- Les CTL de CE2 ne font quasiment aucune erreur d’assemblage mais certains font encore des erreurs d’adressage.

- Les DYS chrono font peu d'erreurs d'adressage (ils sont à l'étape du déchiffrage et font très peu de substitutions de mots) mais une majorité d'entre eux commet beaucoup d'erreurs d'assemblage.
- Les DYS lecture font beaucoup d'erreurs d'adressage (la voie d'adressage étant en place, mais non opérationnelle, ils font beaucoup de substitutions de mots). Par ailleurs, une majorité fait encore beaucoup d'erreurs d'assemblage : malgré l'amélioration du niveau de lecture, les erreurs d'assemblage restent donc présentes chez les DYS lecture alors que les CTL n'en font plus.

iii. Lecture de pseudo-mots

Les CTL sont performants sur cette épreuve, ce qui montre que les normo-lecteurs ont passé la période d'apprentissage de la lecture et ont donc une voie d'assemblage tout à fait opérante. À l'inverse, les mécanismes de conversion grapho-phonémiques sont déficitaires chez une grande majorité des DYS, y compris chez les DYS lecture : autrement dit, la voie d'assemblage demeure fragile malgré l'amélioration du niveau de lecture.

iv. Comparaison texte sémantisé (La Mouette) et texte non-sémantisé (Évalouette)

Chez les CTL et chez les DYS lecture, l'appui sur le sens des phrases permet d'améliorer sensiblement la vitesse de lecture. Les DYS lecture peuvent donc compenser par le sens du fait de l'amélioration de leur niveau de lecture.

En revanche, chez les DYS chrono, il n'y a pas de différence significative entre le nombre de mots lus sur *La Mouette* et *Évalouette*. On peut supposer que les processus d'identification des mots écrits engendrent une surcharge cognitive qui ne leur permet pas d'accéder au sens de façon efficace.

En conclusion, on observe donc des comportements de lecture atypiques chez les DYS chrono comme chez les DYS lecture

⇒ *Cette hypothèse est donc validée.*

Hypothèse 7 : L'épreuve de lecture de texte non sémantisé (Évalouette) est la plus pertinente pour mettre en évidence un déficit d'identification des mots écrits chez les dyslexiques.

L'Alouette-R (Lefavrais, 2005) est classiquement utilisée comme épreuve leximétrique. Nous pensions donc initialement que, parmi les épreuves proposées, la lecture d'un texte sans signification serait la plus pertinente pour mettre en évidence un déficit d'identification des mots écrits. En fait, les analyses discriminantes contredisent cette hypothèse :

- Chez les DYS chrono, l'*Évalouette* ressort dans l'AD multiple, conjointement à la lecture de mots isolés, mais nous avons vu qu'elle n'améliore pas les scores de classification de cette dernière. Par ailleurs, sur les AD isolées, la lecture de mots isolés et la lecture de pseudo-mots permettent d'obtenir les pourcentages de classification correcte les plus élevés, à condition de tenir compte conjointement de la vitesse et de la précision de lecture. De plus, les deux épreuves sont moins corrélées entre elles que *Évalouette*/Mots isolés donc moins redondantes. C'est pourquoi nous conseillons de ne conserver que ces deux épreuves (mots isolés et pseudo-mots).
- Chez les DYS lecture, la lecture de pseudo-mots permet de mettre en évidence la persistance du déficit de la voie d'assemblage et apparaît comme plus discriminante que l'*Évalouette*.
 ⇒ *Cette hypothèse est donc invalidée.*

2. LIMITES DE L'ÉTUDE

a. Le recrutement de la population des DYS lecture

Notre souhaitons avoir deux populations comparables sur le niveau de lecture : une population de CTL et une population de DYS plus âgés mais avec un niveau de lecture CE2. Notre objectif était de voir si, à niveau de lecture comparable, certains déficits persistaient. En pratique, il s'avère difficile d'obtenir deux populations tout à fait comparables. En effet, bien que tous les DYS lecture aient un niveau de lecture dans la norme des CE2, leur répartition autour de la moyenne (plutôt en-dessous de la moyenne qu'au-dessus) et le type d'erreurs effectuées créent une différence avec le groupe CTL. En réalité, il apparaît comme une gageure d'obtenir un groupe de CTL et un groupe de DYS plus âgés dont les niveaux de lecture soient tout à fait similaires, ce qui est inhérent à la pathologie. Les résultats obtenus sur l'hypothèse 4 sont donc à nuancer.

b. La taille des échantillons de DYS

Notre étude comporte seulement 14 DYS chrono (contre 32 DYS lecture et 62 CTL). Nous avons en effet rencontré des difficultés à recruter des DYS chrono : en CE2, les dyslexiques sont souvent diagnostiqués au mieux depuis quelques mois ; en pratique, pour certains le diagnostic ne sera même posé que plus tard. Dans cette mesure, il est plus difficile de recruter ces patients qui, généralement, ne sont pas encore orientés dans des établissements spécialisés (contrairement aux DYS plus âgés). Nous avons donc dû passer en majorité par des cabinets libéraux pour recruter ces enfants, mais d'une part, certains parents peuvent être réticents à participer à l'étude si le diagnostic a été posé récemment, et

d'autre part, nous avons dû écarter certains patients dont le diagnostic n'était pas encore totalement établi. Une étude portant sur plus de DYS chrono renforcerait la validité de nos résultats et permettrait surtout une comparaison plus pertinente entre les résultats CTL/DYS chrono et CTL/DYS lecture. En effet, nous avons constaté que certains t de student peuvent être jugés non significatifs sur CTL/DYS chrono mais significatifs sur CTL/DYS lecture alors que la différence de moyennes en valeur absolue est plus importante entre les CTL et les DYS chrono ; cela est dû uniquement à la taille plus importante de l'échantillon des DYS lecture, qui permet d'obtenir un t de student plus significatif.

Par ailleurs, le groupe de CTL est plus grand que chaque groupe de DYS. Or, dans les analyses discriminantes, la colonne « total » correspond à la moyenne pondérée par la taille des effectifs de chaque groupe, ce qui était nécessaire du point de vue de la précision statistique. Néanmoins, en conséquence, ce score « total » reflète plus les résultats des CTL que ceux des DYS. Idéalement, il aurait donc fallu des effectifs strictement équivalents.

c. L'épreuve de dénomination rapide automatisée

L'épreuve de DRA de couleurs proposée met en évidence un déficit modéré de la vitesse d'accès au lexique phonologique chez les DYS chrono et pas de déficit chez les DYS lecture. Par ailleurs, cette épreuve ne classe bien que 57 % des DYS chrono.

Il aurait donc été intéressant de proposer d'autres épreuves de DRA (d'images, de formes, de lettres) pour voir si une autre version de l'épreuve était plus pertinente.

d. Une population exclusivement monolingue

Notre étude portant sur la perception catégorielle – dont nous avons vu qu'elle est sensible à la langue entendue dans la petite enfance – les enfants bilingues n'ont pas participé à notre étude. Notre mémoire s'inscrivant dans le projet d'inclure les épreuves les plus pertinentes dans une batterie d'évaluation du langage écrit, la normalisation effectuée doit être considérée comme partielle : pour être plus représentative de la population, il conviendrait en effet d'inclure dans l'étude quelques enfants bilingues.

Par ailleurs, il serait intéressant de vérifier si le bilinguisme interfère réellement avec les résultats sur la perception catégorielle syntagmatique.

CONCLUSION

L'intérêt novateur de cette étude était de tester la pertinence d'un outil évaluant la perception catégorielle, dans l'objectif de l'inclure dans une batterie d'évaluation du langage écrit. Si la perception catégorielle des phonèmes est reconnue dans la littérature comme une hypothèse causale de la dyslexie, aucune application clinique à visée diagnostique n'existe à ce jour. L'autre objectif était de confirmer la validité d'épreuves testant d'autres compétences associées à la lecture et l'identification de mots écrits et de sélectionner les plus pertinentes.

Notre travail a ainsi permis de valider un nouveau protocole expérimental de perception catégorielle des segments phonémiques et de montrer sa sensibilité à la pathologie, tout en spécifiant les limites de cet outil en termes d'application clinique. Nous avons en effet constaté qu'une majorité des dyslexiques testés perçoit des segments allophoniques (subphonémiques) non pertinents et présente une meilleure acuité que les normo-lecteurs dans la perception d'une voyelle au sein d'un groupe consonantique. Cette perception atypique tend également à engendrer une frontière phonémique floue avec une pente d'identification moins catégorielle. Outre le fait que ce protocole évalue un déficit à l'origine de la dyslexie, les tests statistiques montrent qu'il est un outil de diagnostic pertinent ; il serait donc certainement intéressant de développer un test moins sensible aux contraintes techniques liées au choix du casque auditif, plus court et plus adapté à la pratique clinique. D'autre part, nous avons constaté que notre population de dyslexiques – tant de même âge chronologique que de même niveau de lecture – présente un réel déficit dans les compétences phonologiques classiquement associées à la lecture.

Notre travail présente également l'intérêt de proposer une normalisation partielle des épreuves du protocole et de déterminer celles à conserver dans la batterie en fonction de leur pertinence. Nous avons ainsi pu éliminer certaines épreuves de conscience phonologique peu pertinentes et certaines épreuves de lecture redondantes, établir les limites de l'épreuve de DRA de couleurs proposée et valider les épreuves de MDT.

Si la perception de segments allophoniques a été validée de manière expérimentale, la pratique clinique exige pour l'instant de privilégier des épreuves plus classiques. Néanmoins, une application remédiateur thérapeutique de la théorie allophonique pourrait s'avérer intéressante. Une étude (Collet, 2012) a déjà montré qu'un entraînement spécifique de la catégorisation phonémique chez les dysphasiques entraîne des progrès en conscience phonologique. Il serait pertinent de proposer un tel protocole remédiateur à des dyslexiques et de voir dans quelle mesure il induit une amélioration des compétences en identification de mots écrits.

BIBLIOGRAPHIE

- ◆ Alegria, J., Mousty, P. (2004). Les troubles phonologiques et métaphonologiques chez l'enfant dyslexique. *Enfance*, Vol. 56(3), 259-271.
- ◆ Aslin, R., Pisoni, D., Hennessy, B., Perey, A. (1981). Discrimination of voice onset time by human infants: New findings and implications for the effects of early experience. *Child development*, 52, 1135-1145.
- ◆ Baddeley, A. D., Hitch, G. J. (1974). Working memory. In Bower, G. H., *The psychology of learning and motivation* (pp. 47-90). San Diego, USA: Academic Press.
- ◆ Baddeley, A. (1986). *Working memory*. Oxford, England UK: Clarendon Press/Oxford University Press.
- ◆ Baddeley, A.D. (2000). The episodic buffer: A new component of working memory? *Trends in Cognitive Sciences*, 11(4), 417-423.
- ◆ Blomert, L. (2011). The neural signature of orthographic-phonological binding in successful and failing reading development, *NeuroImage*, 57, 695-703.
- ◆ Bogliotti, C. (2005). *Perception catégorielle et perception allophonique : incidences de l'âge, du niveau de lecture et des couplages en prédispositions phonétiques*. Thèse de Doctorat en Phonétique appliquée, Université Paris 7-Paris Diderot.
- ◆ Bogliotti, C., Serniclaes, W., Messaoud-Galusi, S., Sprenger-Charolles, L. (2008). Discrimination of speech sounds by dyslexic children: Comparison with chronological age and reading level controls. *Journal of Experimental Child Psychology*, 101, 137-155.
- ◆ Botzung, A., Demont, E. (2003). Contribution de la conscience phonologique et de la mémoire de travail aux difficultés en lecture : étude auprès d'enfants dyslexiques et apprentis lecteurs. *L'année psychologique*, 103(3), 377-409.
- ◆ Brady, S., Shankweiler, D., Mann, V. (1983). Speech perception and memory coding in relation to reading ability. *Journal of experimental child psychology*, 35(2), 345-367.
- ◆ Brandt, J., Rosen, J. (1980). Auditory phonemic perception in dyslexia: Categorical identification and discrimination of stop consonants. *Brain and Language*, 9, 324-333.

- ◆ Burnham, D. (2003). Language specific speech perception and the onset of reading. *Reading and Writing, 16*, 573-609.
- ◆ Camos, V., Barrouillet, P. (2013). Le développement de la mémoire de travail : perspectives dans le cadre du modèle de partage temporel des ressources. *Psychologie Française*, on line.
- ◆ Castles, A. et Coltheart, M. (2004). Is there a causal link from phonological awareness to success in learning to read? *Cognition, 91*(1), 77-111
- ◆ Castel, C., Pech-Georgel, C., George, F., Ziegler, J. C. (2008). Lien entre dénomination rapide et lecture chez les enfants dyslexiques. *L'Année psychologique, 108*(3), 395-421.
- ◆ Chevrie-Muller, C., Maillart, C., Simon, A.M., Fournier, S. (2010). *Manuel du L2MA2*. Montreuil : ECPA.
- ◆ Collet, G., Colin, C., Serniclaes, W., Hoonhorst, I., Markessis, E., Deltenre, P., Leybaert, J. (2012). Effect of phonological training in French children with SLI: Perspectives on voicing identification, discrimination and categorical perception. *Research in developmental disabilities, 33*(6), 1805-1818.
- ◆ Delahaie, M., Sprenger-Charolles, L., Serniclaes, W., Billard, C., Tichet, J., Pointeau, S., Vol, S. (2004). Perception catégorielle dans une tâche de discrimination de phonèmes et apprentissage de la lecture. Données longitudinales : 5 à 7 ans. *Revue française de pédagogie, 91*-105.
- ◆ Demont, E., Gombert, J.E. (2007). Relations conscience phonologique et apprentissage de la lecture : peut-on sortir de la relation circulaire ? In Demont, E., Metz-Lutz, M.N., *L'acquisition du langage et ses troubles* (pp. 47-79). Marseille : Solal.
- ◆ Demont, E., Nihart, C., Metz-Lutz, MN. (2010). Mémoire de l'ordre et apprentissage de la lecture. *Approche Neuropsychologique des Apprentissages chez l'Enfant, 22*(107-108), 159-165.
- ◆ Denckla, M.B., Rudel, R.G. (1976). Rapid automatized naming (R.A.N.): Dyslexia differentiated from other learning disabilities. *Neuropsychologia, 14*, 471-479.
- ◆ Dufor, O., Serniclaes, W., Sprenger-Charolles, L., Demonet, J.-F. (2009). Left premotor cortex and allophonic speech perception in dyslexia: A PET study. *NeuroImage, 46*(1), 241-248.

- ◆ Dupoux, E., Kakehi, K., Hirose, Y., Pallier, C., Mehler, J. (1999). Epenthetic vowels in Japanese: A perceptual illusion? *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 25, 1568-1578.
- ◆ Ecalle, J., Magnan, A., Bouchafa, H. (2002). Le développement des habiletés phonologiques avant et au cours de l'apprentissage de la lecture : de l'évaluation à la remédiation. *Glossa*, 82, 2-12.
- ◆ Ecalle, J., Magnan, A. (2007). Sensibilité phonologique et apprentissage de la lecture. *Rééducation orthophonique*, 229, 61-74.
- ◆ Ecalle, J., Juhel, J., et Magnan, A. (2013). Vitesse de dénomination et performance de lecture chez des enfants de 6-7 ans. In Gilles, P.-Y., Carlier, M., *Vive(nt) les différences: psychologie différentielle fondamentale et applications* (pp. 49-55). Aix-Marseille : Presses Universitaires de Provence.
- ◆ Eimas, P., Suieland, E., Jusczyk, P., Vigorito, J. (1971). Speech perception in infants. *Science*, 171, 303-306.
- ◆ Eimas, P., Miller, J. (1980). Discrimination of information for manner of articulation. *Infant Behavior and Development*, 3, 367-375.
- ◆ Gaonac'h, D., Fradet, A. (2003). La mémoire de travail : développement et implication dans les activités cognitives. In Kail, M., Fayol, M. *Les sciences cognitives et l'école : la question des apprentissages*. Paris : PUF.
- ◆ Gathercole, S. E., Frankish, C. R., Pickering, S. J., Peaker, S. (1999). Phonotactic influences on short-term memory. *Journal of Experimental Psychology : Learning, Memory & Cognition*, 25, 84-95.
- ◆ Gathercole, S. E., Pickering, S. (2000). Assessment of working memory in six- and seven-year-old children. *Journal of Educational Psychology*, 92(2), 377-390.
- ◆ Gathercole, S., Pickering, S., Ambridge, B., Wearing, H. (2004). The structure of working memory from 4 to 15 years of age. *Developmental psychology*, 40(2), 177-190.
- ◆ Georgiou, G.K., Parrila, R., Cui, Y., Papadopoulos, T. C. (2013). Why is rapid automatized naming related to reading? *Journal of Experimental Child Psychology*, 115(1), 218-225.

- ◆ Gillet, P., Hommet, C., Billard, C. (2000). *Neuropsychologie de l'enfant : une introduction*. Marseille : Solal.
- ◆ Giraud, A.-L., Ramus, F. (2013). Neurogenetics and auditory processing in developmental dyslexia. *Current Opinion in Neurobiology*, 23(1), 37-42.
- ◆ Gombert, J. E. (1990). *Le développement métalinguistique*. Paris : PUF.
- ◆ Gombert, J. E., Gaux, C., Demont, E. (1994). Capacités métalinguistiques et lecture, quels liens ? *Repères-Activités métalinguistiques à l'école*, 9, 61-75.
- ◆ Hallé, P., Segui, J., Frauenfelder, U., Meunier, C. (1998). The processing of illegal consonant clusters: A case of perceptual assimilation? *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 24, 592-608.
- ◆ Hoonhorst, I., Colin, C., Markessis, E., Radeau, M., Deltendre, P., Serniclaes, W. (2009). French native speakers in the making: From language-general to language-specific voicing boundaries. *Journal of Experimental Child Psychology*, 104, 353-366.
- ◆ Hurford, D., Sanders, R. (1990). Assessment and remediation of a phonemic discrimination deficit in reading disabled second and fourth graders. *Journal of Experimental Child Psychology*, 50, 396-415.
- ◆ INSERM, expertise collective. (2007). *Dyslexie, dysorthographe, dyscalculie : bilan des données scientifiques*. Paris : INSERM.
- ◆ Kuhl, P. K., Stevens, E., Hayashi, A., Deguchi, T., Kiritani, S. & Iverson, P. (2006). Infants show a facilitation effect for native language phonetic perception between 6 and 12 months. *Developmental Science*, 9(2), F13-F21.
- ◆ Lacert, P., Sprenger-Charolles, L. (2001). Spécificité des troubles phonologiques et métaphonologiques dans la dyslexie du développement. *Approche Neuropsychologique des Apprentissages chez l'Enfant*, 62/63, 104-114.
- ◆ Lasky, R., Syrdal-Lasky, A., Klein, R., (1975). VOT discrimination by four to six and a half month old infants from Spanish environments. *Journal of Experimental Child Psychology*, 20, 215-225.
- ◆ Lefebvre, L., Hubens, M. (2006). Influence des habiletés de détection et de segmentation sur l'apprentissage de la lecture. *Psychologie & éducation*, 4, 71-91.

- ◆ Lefavrais, P. (2005). *Alouette-R : test d'analyse de la lecture et de la dyslexique*. Montreuil : ECPA.
- ◆ Lété, B., Sprenger-Charolles, L., Colé, P. (2004). MANULEX : A grade-level lexical database from French elementary-school readers. *Behavior Research Methods, Instruments, & Computers*, 36, 156-166.
- ◆ Liberman, A., Harris, K., Hoffman, H., Griffith, B. (1957). The discrimination of speech sounds within and across phoneme boundaries. *Journal of Experimental Child Psychology*, 20, 215-225.
- ◆ Liberman, I. Y., Shankweiler, D., Fischer, F. W., Carter, B. (1974). Explicit syllable and phoneme segmentation in the young child. *Journal of Experimental Child Psychology*, 18, 201-212.
- ◆ Macaruso, P., Locke, J. L., Smith, S. T., Powers, S. (1996). Short-term memory and phonological coding in developmental dyslexia. *Journal of Neurolinguistics*, 9(2), 135-146.
- ◆ Majerus, S., Van der Linden, M. (2003). The development of long-term memory effects on verbal short-term memory : A replication study. *British Journal of Developmental Psychology*, 21, 303-310.
- ◆ Majerus, S. (2008). La mémoire verbale à court terme : un simple produit des interactions entre systèmes langagiers, attentionnels et de traitement de l'ordre sériel ? *Psychologie française*, 53(3), 327-341.
- ◆ Majerus, S., Heiligenstein, L., Gautherot, N., Poncelet, M., Van der Linden, M. (2009). Impact of auditory selective attention on verbal short-term memory and vocabulary development. *Journal of Experimental Child Psychology*, 103(1), 66-86.
- ◆ Majerus, S. (2010). Les multiples déterminants de la mémoire à court terme verbale : Implications théoriques et évaluatives. *Développements*, 4(1), 5-15.
- ◆ Majerus, S. (Sous presse). L'évaluation de la mémoire à court terme. In Seron, X., Van der Linden, M. *Traité de neuropsychologie clinique*, Marseille : Solal.
- ◆ Manis, F. R., McBride-Chang, C., Seidenberg, M. S., Keating, P., Doi, L. M., Munson, B., Petersen, A. (1997). Are speech perception deficits associated with developmental dyslexia? *Journal of Experimental Child Psychology*, 66(2), 211-235.

- ◆ Martinez Perez, T., Poncelet, M., Majerus, S. (2009). *Rétention de l'ordre sériel en mémoire verbale à court-terme chez des adultes dyslexiques*. Communication écrite affichée présentée à la réunion d'hivers de la Société de Neuropsychologie de Langue française, Paris.
- ◆ Martinez Perez, T., Majerus, S., Poncelet, M. (2011). Lecture et habiletés phonologiques associées chez l'adulte dyslexique. In Lederlé E. *Les troubles du langage écrit : regards croisés*. Isbergues : Orthoéditions.
- ◆ Martinez Perez, T., Majerus, S., Poncelet, M. (2012). The contribution of short-term memory for serial order to early reading acquisition: Evidence from a longitudinal study. *Journal of Experimental Child Psychology*, 111(4), 708-723.
- ◆ Medina, V., Hoonhorst, I., Bogliotti, C., Serniclaes, W. (2010). Development of voicing perception in French: Comparing adults, adolescents, and children. *Journal of Phonetics*, 38(4), 493-503
- ◆ Messaoud-Galusi, S., Hazan, V., Rosen, S. (2011). Investigating speech perception in children with dyslexia: Is there evidence of a consistent deficit in individuals? *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 54(6), 1682-1701.
- ◆ Meyer, M. S., Wood, F. B., Hart, L. A., Felton, R. H. (1998). Longitudinal course of rapid naming in disabled and nondisabled readers. *Annals of Dyslexia*, 48(1), 89-114.
- ◆ Monnier, C., Bonthoux, F. (2011). The semantic-similarity effect in children: Influence of long-term knowledge on verbal short-term memory. *British Journal of Developmental Psychology*, 29, 929-941
- ◆ Morais, J. (1994). *L'art de lire*. Paris : Odile Jacob.
- ◆ Nithart, C. (2008). *Étude des déficits phonologiques à l'origine des troubles d'apprentissage de la lecture dans la dyslexie et la dysphasie : approches développementale, neuropsychologique et anatomo-fonctionnelle*. Thèse de Doctorat en Sciences du vivant - Neuropsychologie du développement, Université Louis Pasteur-Strasbourg I.
- ◆ Noordenboos, M.W., Sergers, E., Serniclaes, W., Mitterer, H., Verhoeven, L. (2012). Neural evidence of allophonic perception in children at risk for dyslexia. *Neuropsychologia*, 50, 2010-2017.

- ◆ Noordenbos, M.W., Segers, E., Serniclaes, W., Verhoeven, L. (2013). Neural evidence of the allophonic mode of speech perception in adults with dyslexia. *Clinical Neurophysiology*, 124(6), 1151-1162.
- ◆ Plaza, M. (2000). Influence des compétences phonologiques, mnésiques et syntaxiques sur l'apprentissage de la lecture et son dysfonctionnement. *Rééducation orthophonique*, 204, 5-51.
- ◆ Polka, L., Werker, J. (1994). Developmental changes in perception of nonnative vowel contrasts. *Journal of experimental psychology: Human perception and performance*, 20(2), 421-435.
- ◆ Pothier, B., Pothier, P. (2004). *Échelle d'acquisition en orthographe lexicale pour l'école élémentaire, du CP au CM2*. Paris : Retz.
- ◆ Pross, N., Gaonac'h, D., Gaux, C. (2008). Développement de la mémoire de travail : relations du centre exécutif avec la boucle phonologique et le calepin visuospatial chez des enfants de CE1 et de CM2. *Psychologie Française*, 53(3), 307-326.
- ◆ Rey, V., Sabater, C. (2007). Conscience phonologique, conscience morphologique et apprentissage de la lecture : état de la question. *Glossa*, 100, 4-16.
- ◆ Saint-Aubin, J., Poirier, M. (1999). Semantic similarity and immediate serial recall: is there a detrimental effect on order information? *The Quarterly Journal of Experimental Psychology. A, Human Experimental Psychology*, 52(2), 367-394.
- ◆ Schatschneider, C., Fletcher, J. M., Francis, D. J., Carlson, C. D., Foorman, B. R. (2004). Kindergarten prediction of reading skills: A longitudinal comparative analysis. *Journal of Educational Psychology*, 96(2), 265-282.
- ◆ Seck, M. (2012). *Développement de la perception catégorielle des consonnes et implications pour l'étude de la dyslexie*. Thèse de Doctorat en Linguistique théorique, descriptive et automatique, Université Paris 7-Paris Diderot.
- ◆ Serniclaes, W., Sprenger-Charolles, L., Carré, R., Demonet, J-F. (2001). Perceptual discrimination of speech sounds in developmental dyslexia. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 44(2), 384-399.
- ◆ Serniclaes, W., Heghe, S. V., Mousty, P., Carré, R., Sprenger-Charolles, L. (2004). Allophonic mode of speech perception in dyslexia. *Journal of Experimental Child Psychology*, 87(4), 336-361.

- ◆ Serniclaes, W., & Seck, M. (2013). *Perception of subphonemic segments: a new instance of allophonic perception in dyslexia*. Society for the Scientific Study of Reading, July 10-13, Hong Kong.
- ◆ Seron X., (2007). La mémoire de travail : du modèle initial au buffer épisodique. In Aubin G., Coyette F., Pradat-Diehl P, Vallat-Azouvi C., *Neuropsychologie de la mémoire de travail*, Marseille : Solal.
- ◆ Share, D. L. (1995). Phonological recoding and self-teaching: Sine-qua-non of reading acquisition, *Cognition*, 55, 151-218.
- ◆ Sprenger-Charolles L., Lacert, P., Colé, P. (1999). Déficits phonologiques et métaphonologiques chez des dyslexiques phonologiques et de surface. *Rééducation orthophonique*, 197, 25-51.
- ◆ Sprenger-Charolles, L., Colé, P., Lacert, P., Serniclaes, W. (2000). On subtypes of developmental dyslexia: Evidence from processing time and accuracy scores. *Canadian Journal of Experimental Psychology*, 54, 88-104.
- ◆ Sprenger-Charolles, L., Serniclaes, W. (2003). Acquisition de la lecture et de l'écriture et dyslexie : revue de la littérature. *Revue française de linguistique appliquée*, Vol. VIII(1), 63-90.
- ◆ Sprenger-Charolles, L., Bogliotti, C., Piquard-Kipffer, A., Leloup, G. (2009). Stabilité dans le temps des déficits en et hors lecture chez des adolescents dyslexiques (données longitudinales). *Approche Neuropsychologique des Apprentissages chez l'Enfant*, 21(103), 243-255.
- ◆ Touzin, M., Billard, C. (2012). *Évaluation des apprentissages*. Isbergues : Orthoéditions.
- ◆ Van Heghe, S. (2001). *Évaluation comparative des effets de deux entraînements à la discrimination catégorielle sur les habilités de perception catégorielle et métaphonologiques des enfants dyslexiques*. Mémoire de Licence en Sciences psychologiques et de l'éducation, Université Libre de Bruxelles.
- ◆ Vandermosten, M., Boets, B., Luts, H., Poelmans, H., Wouters, J., Ghesquière, P. (2011). Impairments in speech and nonspeech sound categorization in children with dyslexia are driven by temporal processing difficulties. *Research in Developmental Disabilities*, 32(2), 593-603.

- ◆ Werker, J.F., Tees, R.C. (1984). Cross-language speech perception: Evidence for perceptual reorganization during the first year of life. *Infant Behavior and Development*, 7, 49-63.
- ◆ Werker, J.F., Tees, R.C. (1987). Phonemic and phonetic factors in adult cross-language speech perception. *Journal of Acoustical Society of America*, 75, 1866-1878.
- ◆ Wolf, M., Bowers, P. G. (1999). The double-deficit hypothesis for the developmental dyslexias. *Journal of Educational Psychology*, 91(3), 415-438.
- ◆ Wolf, M., Bowers, P. G. (2000). Naming-speed processes and developmental reading disabilities: An introduction to the special issue on the double-deficit hypothesis. *Journal of Learning Disabilities*, 33(4), 322-324.
- ◆ Wood, C. (1976). Discriminability, response bias, and phoneme categories in discrimination of voice onset time. *Journal of the Acoustical Society of America*, 63, 1223-1225.
- ◆ Zhang, Y., Zhang, L., Shu, H., Xi, J., Wu, H., Zhang, Y., Li, P. (2012). Universality of categorical perception deficit in developmental dyslexia: An investigation of Mandarin Chinese tones. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 53(8), 874-882.
- ◆ Ziegler, J. C., Goswami, U. (2005). Reading acquisition, developmental dyslexia, and skilled reading across languages: A psycholinguistic grain size theory. *Psychological Bulletin*, 131(1), 3-29.

ANNEXES

TABLE DES ANNEXES

- Annexe 1 :** Nouveau modèle à trois composantes de la mémoire à court terme verbale
- Annexe 2 :** Présentation de l'épreuve « Perception catégorielle »
- Annexe 3 :** Présentation de l'épreuve « Repérage et localisation »
- Annexe 4 :** Présentation de l'épreuve « Intrus phonémiques »
- Annexe 5 :** Présentation de l'épreuve « Fusion phonémique »
- Annexe 6 :** Présentation de l'épreuve « Segmentation phonémique »
- Annexe 7 :** Présentation de l'épreuve « Élision du phonème initial »
- Annexe 8 :** Présentation de l'épreuve « Acronymes »
- Annexe 9 :** Présentation de l'épreuve « Contrepèteries »
- Annexe 10 :** Présentation de l'épreuve « Dénomination rapide automatisée »
- Annexe 11 :** Présentation de l'épreuve « Mémoire de travail item »
- Annexe 12 :** Présentation de l'épreuve « Mémoire de travail sérielle »
- Annexe 13 :** Présentation de l'épreuve « Lecture de mots isolés » (épreuve leximétrique)
- Annexe 14 :** Présentation de l'épreuve « Lecture de pseudo-mots »
- Annexe 15 :** Présentation de l'épreuve « La Mouette » (texte sémantisé)
- Annexe 16 :** Présentation de l'épreuve « Évalouette » (texte non sémantisé)
- Annexe 17 :** T de student et analyses discriminantes sur « La Mouette »
- Annexe 18 :** T de student et analyses discriminantes sur « Évalouette »

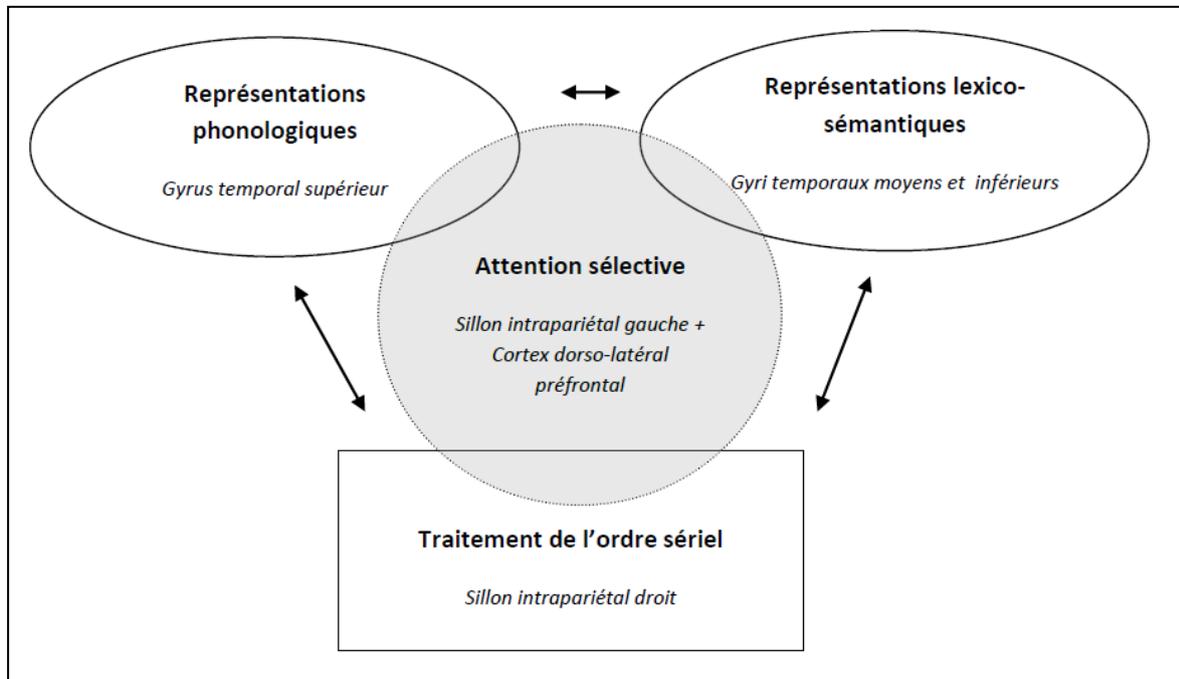


Schéma 4 : Modèle A-O-STM : un nouveau modèle de la MCT verbale se basant sur l'activation temporaire du système langagier, le traitement de l'ordre sériel et l'attention sélective (Majerus, 2010).

ANNEXE 2 : Présentation de l'épreuve « Perception catégorielle »

Consignes :

1. « Je vais te faire écouter des mots, tu vas devoir me dire si tu as entendu 'parole' ou 'parle'. Mais tu vas voir, on a parfois l'impression que les sons ne sont pas de bonne qualité. Parfois ce sera peut-être difficile de décider, mais il faudra quand même choisir. Il n'y a pas de bonne ou de mauvaise réponse, donc tu choisis au mieux en fonction de ce que tu as entendu. »
2. (Pour aider à percevoir le contraste) : « Je vais te faire écouter deux mots, tu vas me dire si tu entends le même mot ou pas. »
3. « Maintenant, tu vas cliquer sur la souris verte si tu entends 'parole' (tu vois, il y a un dessin dessus avec une bulle de parole) et sur la souris bleue si tu entends 'parle' (tu vois, il y a un dessin avec un bonhomme qui parle). »

Ordre de présentation de stimuli

		Stimuli								
Entraînement	Série 1	6	1	3	7	2	8	4	9	5
	Série 2	8	9	1	7	2	5	6	4	3
Test	Série 1	3	2	5	7	1	8	4	6	9
	Série 2	3	9	4	8	5	1	7	2	6
	Série 3	2	7	8	6	9	4	5	3	1
	Série 4	1	6	9	5	2	3	7	4	8
	Série 5	7	3	1	4	6	5	9	2	8
	Série 6	5	1	6	8	4	3	9	2	7
	Série 7	5	9	2	3	6	8	7	1	4
	Série 8	7	8	3	4	5	2	9	1	6
	Série 9	6	5	7	4	9	3	8	1	2
	Série 10	6	2	1	7	9	8	5	4	3

Tableau 32 : Ordre de présentation des stimuli (déterminé par une fonction de randomisation).

ANNEXE 3 : Présentation de l'épreuve « Repérage et localisation »

Consigne : « Je vais te dire un son, tu vas devoir me dire si tu l'entends ou non dans des mots. Par exemple, avec le son [l] : est-ce que tu l'entends dans 'lapin' ? [...] Peux-tu me dire maintenant où se trouve le son [l] dans 'lapin' : en premier, en milieu ou en dernier ? » Préciser : « Tu dois dire 'en premier' si le son est en tout premier dans le mot, 'en dernier' si le son est en tout dernier dans le mot, et 'au milieu' si le son n'est ni en tout premier, ni en tout dernier. »

Entraînement	
Phonème cible	Item
[l]	poule
	canne

Exemples d'items du test (total : 15 items)				
Phonème cible	Item	Points		
		Rep.	Loc.	Total
[z]	écorce	1		1
	résultat	1	1	2
	cigare	1		1
[ʒ]	dégel	1	1	2
	lâche	1		1
	terrasse	1		1

ANNEXE 4 : Présentation de l'épreuve « Intrus phonémiques »

Consigne : « Je vais te montrer trois images et je te dirai les mots dessinés sur ces images. Il y a deux mots qui commencent par le même son et un autre qui ne commence pas pareil. Tu me diras quel est le mot qui ne commence pas pareil. Par exemple : 'panneau, prune, traîneau', c'est traîneau qui ne commence pas pareil que les deux autres. »



Entraînement	
journal – cheval – chaussette	
maison – mouche – niche	

Exemples d'items du test (total : 5 items)	
guirlande – <u>croissant</u> – groseille	
ampoule – <u>anneau</u> – ancre	

ANNEXE 5 : Présentation de l'épreuve « Fusion phonémique »

Consigne : « Je vais te dire un drôle de mot, tu vas devoir me dire ce que ça fait si j'ajoute un son au début de ce drôle de mot. Par exemple, si je dis [it] et que j'ajoute [f], ça fait [fit]. »

Entraînement	
Items	Réponses
[i], tu ajoutes [t]	[ti]
[f], tu ajoutes [a]	[af]
[la], tu ajoutes [k]	[kla]

Exemples d'items du test (total : 5 items par type de syllabes)					
Syllabes simples		CVC		CCV	
Items	Réponses	Items	Réponses	Items	Réponses
[a], tu ajoutes [m]	[ma]	[up], tu ajoutes [f]	[fup]	[lu], tu ajoutes [b]	[blu]
[p], tu ajoutes [i]	[ip]	[im], tu ajoutes [g]	[gim]	[li], tu ajoutes [g]	[gli]

ANNEXE 6 : Présentation de l'épreuve « Segmentation phonémique »

Consigne : « Je vais te dire un drôle de mot, tu vas devoir le découper en sons. Par exemple, si je [val], on entend [v] [a] [l]. »

L'examineur prévient l'enfant : « D'abord, des drôles de mots de 2 sons. » Puis : « Maintenant, ce sont des drôles de mots de 3 sons. »

Entraînement	Exemples d'items du test (total : 5 items par type de syllabes)		
	Syllabes simples	CVC	CCV
[fy]	[ʒa]	[got]	[try]
[tɪl]	[yl]	[fal]	[kla]

ANNEXE 7 : Présentation de l'épreuve « Élisation du phonème initial »

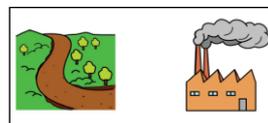
Consigne : « Je vais te dire un drôle de mot, tu vas devoir enlever le 1^{er} son et me dire ce qu'il reste. Par exemple, si je dis [kal], tu enlèves [k], donc il reste [al]. »

Entraînement		Exemples d'items du test (total : 5 items par type de syllabes)					
		Syllabes simples		CVC		CCV	
Items	Réponses	Items	Réponses	Items	Réponses	Items	Réponses
[uʃ]	[ʃ]	[lo]	[o]	[mut]	[ut]	[ple]	[le]
[kuf]	[uf]	[ʃy]	[y]	[fiʁ]	[iʁ]	[tʁa]	[ʁa]

ANNEXE 8 : Présentation de l'épreuve « Acronymes »

Consigne : « Je vais te dire 2 mots. Tu vas devoir prendre le 1^{er} son de chaque mot pour les mettre ensemble et faire une syllabe.

Par exemple : ‘chemin, usine’, tu prends le [ʃ] de ‘chemin’ et le [y] de ‘usine’, donc ça fait la syllabe [ʃy]. »



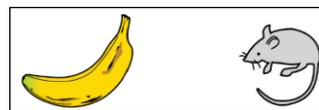
Exemples d'items d'entraînement (total : 4 paires d'items)		
Items	Images	Réponse
cerise – orage	 	[so]
cirque – arbre	 	[sa]

Exemples d'items du test (total : 9 paires d'items)		
Items	Images	Réponse
mouton – indien	 	[mɛ̃]
livre – onze	 	[lɔ̃]
cinq – orange	 	[so]
photo – avion	 	[fa]

ANNEXE 9 : Présentation de l'épreuve « Contrepèteries »

Consigne : « Je vais te dire deux mots, tu vas devoir échanger le 1^{er} son de chaque mot pour former 2 nouveaux mots qui ne veulent rien dire.

Par exemple, 'banane, souris' : il faut échanger le [b] de 'banane' avec le [s] de 'souris', donc ça fait 'sanane' et 'bouris'. »



Exemples d'items d'entraînement (total : 3 paires d'items)		
Items	Images	Réponses
collier – gazelle		cazelle – gollier
serrure – lingot		lerrure – singot
fagot – viking		vagot – ficking

Exemples d'items du test (total : 8 paires d'items)		
Items	Images	Réponses
diamant – taureau		tiamant – daureau
pinceau – bourgeon		binceau – pourgeon
cigare – réglisse		rigare – céglisse

ANNEXE 10 : Présentation de l'épreuve « Dénomination rapide automatisée »

Consigne 1 : « Peux-tu me dire le nom de ces couleurs ? »

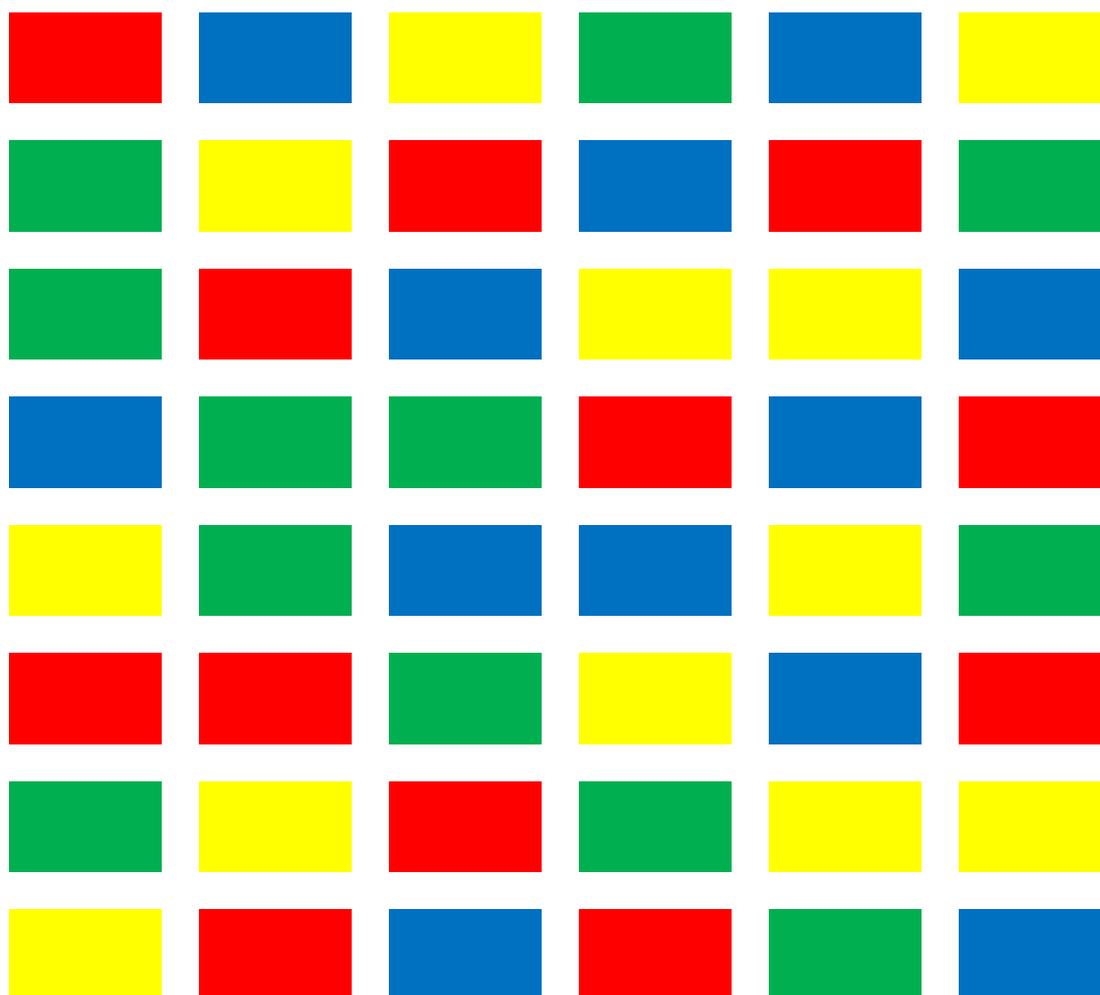


Consigne 2 : « Maintenant, dis-moi le plus vite possible toutes les couleurs de la ligne dans le bon ordre. »



Si besoin, expliquer à l'enfant qu'il ne doit pas suivre du doigt.

Consigne 3 : Utiliser un cache pour masquer la page. « Maintenant, dès que j'enlève le cache, tu vas me dire toutes les couleurs de la première ligne à la dernière ligne, le plus vite possible mais sans rien oublier. »



ANNEXE 11 : Présentation de l'épreuve « Mémoire de travail item »

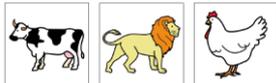
Consigne : « Je vais te dire un drôle de mot. Puis tu vas devoir compter jusqu'à ce que je dise stop. Et tu devras alors me redire le drôle de mot. Par exemple, je dis : 'blar', toi tu vas compter : '1, 2, 3, 4, 5 etc.' et quand je dis stop, tu répètes 'blar'. »

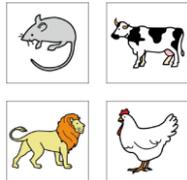
La durée pendant laquelle l'enfant compte doit être de 10 secondes.

Entraînement	Exemples d'items du test (total : 5 items)
[farʃ]	[fyl]
[dɔ̃l]	[lãʃ]

ANNEXE 12 : Présentation de l'épreuve « Mémoire de travail sérielle »

« Tu vois ces animaux (*désigner les images une à une*), il y a 'vache, lion, poule'. Je vais te dire ces noms d'animaux dans un certain ordre, tu devras me les redire exactement dans le même ordre. Par exemple, moi je dis (*couvrir les images d'animaux avec un cache au moment d'énoncer l'ordre, afin d'éviter le recours à la mémoire spatiale au moment de l'encodage*) : 'poule, lion, vache', toi tu répètes (*découvrir les images pour que l'enfant aient les items sous les yeux au moment de la restitution*) : 'poule, lion, vache'. »

Entraînement	
vache poule lion	

Exemples d'items du test (total : 3 items par empan jusqu'à l'empan 7)		
Empan de 3	poule vache lion vache lion poule lion vache poule	
Empan de 4	souris poule lion vache vache poule lion souris lion vache poule souris	

ANNEXE 13 : Présentation de l'épreuve « Lecture de mots » (épreuve leximétrique)

Consigne : « Tu vas devoir lire ces mots rapidement, mais en essayant de ne pas faire d'erreurs, jusqu'à ce que je te dise stop. Tu les lis en colonne et quand tu as fini une colonne, tu commences tout de suite la suivante. »

On arrête l'enfant au bout de 2 minutes de lecture.

Extrait de l'épreuve :

de	que	tour
le	son	ciel
la	par	bras
et	ils	tard
un	lui	ours
il	ses	sept
en	cet	bébé
du	lit	vint
se	lac	noir
au	dans	gare
ne	pour	bons
on	elle	pois
sa	avec	rime
ce	mais	noce
où	fait	lime
les	peut	chic
est	leur	visa
des	rien	comme
une	voir	cette
qui	vers	quand
pas	yeux	texte
sur	gros	alors

ANNEXE 14 : Présentation de l'épreuve « Lecture de pseudo-mots »

Consigne : « Tu vas devoir lire ces drôles de mots à rapidement, mais en essayant de ne pas faire d'erreurs. Attention, ce sont des mots qui ne veulent rien dire. »

Épreuve :

vatonais
druvi
chontigne
zeu
hain
pruc
toère
trublame
nac
foupet
tunei
vrotail

ANNEXE 15 : Présentation de l'épreuve « La Mouette » (texte sémantisé)

Consigne : « Tu vas devoir lire ce texte rapidement mais en essayant de ne pas faire d'erreurs, jusqu'à ce que je te dise stop. »

Extrait de l'épreuve :

Il est midi à la grande horloge de la gare centrale. De petits nuages volent dans le ciel bleu d'automne. Les bruits de la ville accompagnent les gens pressés. Un train de voyageurs vient de faire son entrée sur les quais. Une foule sort de chaque wagon. Quelques personnes se mettent à courir.

ANNEXE 16 : Présentation de l'épreuve « Évalouette » (texte non sémantisé)

Consigne : « Tu vas devoir lire ce texte rapidement mais en essayant de ne pas faire d'erreurs, jusqu'à ce que je te dise stop. Attention, cette fois c'est un texte qui ne veut rien dire : les mots veulent dire quelque chose mais les phrases n'ont pas de sens. »

Extrait de l'épreuve :

Il est blanc à la petite banque de la planète pratique. D'autres maisons descendent dans le petit jeu de poussière. Les genoux de la voix couvrent les différents animaux. Une famille d'aliments arrive à prendre son espace sur le pin. Un chien sort deux bouts. Quelques fleurs se poussent à jouer.

ANNEXE 17 : T de student et analyses discriminantes sur « La Mouette »

		CTL	DYS chrono	DYS lecture
Mots lus	M	194,5	59***	146,6**
	ET	62,3	28	48,4
Mots bien lus	M	188,3	44,8***	133,1***
	ET	62,4	28,9	48,3
Indice de précision	M	96,4	71,6***	49,7***
	ET	2,7	14,9	6,3
Erreurs d'adressage	M	4,2	5,1 NS	7,6***
	ET	2,8	4	4
Erreurs d'assemblage	M	1,3	11,6***	7,9***
	ET	1,2	6,7	4,8
Total erreurs	M	6	17,5***	16***
	ET	3,7	8,8	7,8

Tableau 33 : *La Mouette* : comparaisons intergroupes (t de student).

	CTL	DYS chrono	Total	CTL	DYS lecture	Total
Mots lus	81**	93***	86**	66	72*	68
Mots bien lus	86**	93***	87**	69	72*	70*
Indice de précision	100***	79*	96***	89**	63	80**
Err. d'adressage	68	43	63	73*	66	70*
Err. d'assemblage	100***	86**	97***	100***	69	89**
Total erreurs	90***	79*	88**	84**	66	82**

Tableau 34 : *La Mouette* : pourcentages de classification correcte (par AD).

ANNEXE 18 : T de student et analyses discriminantes sur « Évalouette »

		CTL	DYS chrono	DYS lecture
Mots lus	M	173,9	56,5***	137,4**
	ET	53,1	28,5	43,2
Mots bien lus	M	166,8	43,7***	121,3***
	ET	53,0	27,8	42,4
Indice de précision	M	95,4	74,0***	87,3***
	ET	3,3	13,7	6,5
Erreurs d'adressage	M	5,2	3,7 NS	9,0***
	ET	3,4	4,0	3,5
Erreurs d'assemblage	M	1,5	12,1***	6,8***
	ET	3,2	8,7	4,9
Total erreurs	M	6,7	15,8***	15,9***
	ET	4,9	9,2	5,8

Tableau 35 : Évalouette : comparaisons intergroupes (t de student).

	CTL	DYS chrono	Total	CTL	DYS lecture	Total
Mots lus	84**	92***	87**	63	66	64
Mots bien lus	84**	92***	87**	65	72*	67
Indice de précision	98***	77*	95***	90***	69	85**
Err. d'adressage	47	77*	52	81**	66	76*
Err. d'assemblage	97***	77*	93***	95***	63	84**
Total erreurs	87**	62	83**	87**	72*	82**

Tableau 36 : Évalouette : pourcentages de classification correcte (par AD).