



EVADYS

EVALUATION DE L'EMPAN VISUO-ATTENTIONNEL EN CONTEXTE
DYSLEXIQUE

Report global



Seuil de lettres



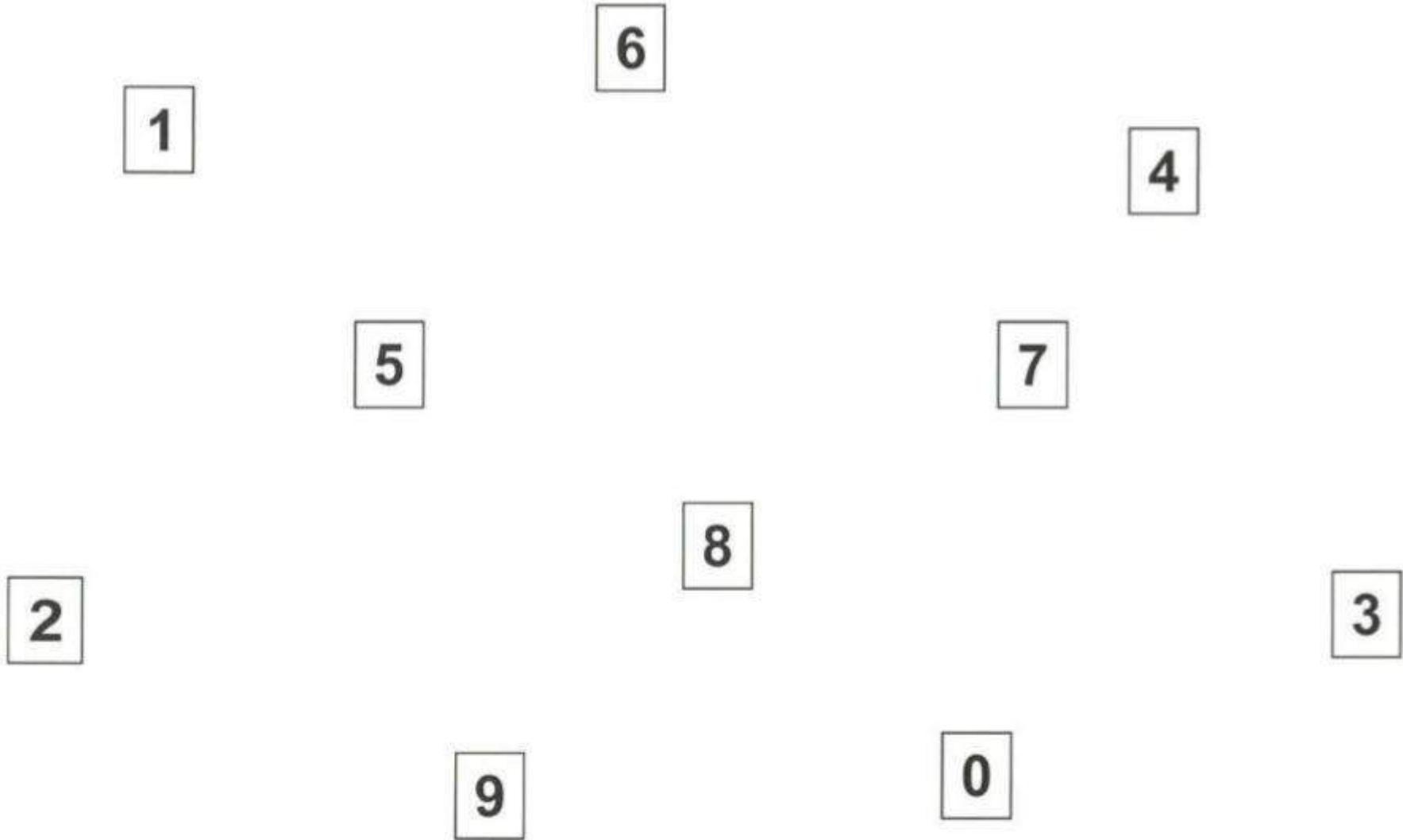
Report partiel



CO-AUTEURS :
SYLVIANNE VALDOIS – ERIC GUINET – JEAN-LOUIS EMBS

EDITEUR :
HAPPYNEURON

Identification des chiffres



SOMMAIRE

FONDEMENTS THEORIQUES.....7

1. INTRODUCTION DE LA NOTION D'EMPAN VISUO-ATTENTIONNEL 7

1.1. Qu'est ce que l'empan visuo-attentionnel ?7

1.1. Comment mesure-t-on l'empan visuo-attentionnel ?..... 8

1.2.1. Report global8

1.2.2. Report partiel.....9

1.2.3. Epreuve de contrôle de seuil d'identification de lettres9

1.2. Que reflètent les épreuves de report global et partiel de lettres ? 10

1.3. Empan visuo-attentionnel et apprentissage de la lecture ? 10

1.4.1. Evolution des performances en report global et partiel en primaire 11

1.4.2. Etude longitudinale de la grande section de maternelle au CE112

1.4. Profils de performance sur les épreuves de report.....13

1.5.1. Profil de performance en report global 13

1.5.2. Profil de performance en report partiel.....13

1.5.3. Des profils de réponse différents en report global et en report partiel14

2. TROUBLE DE L'EMPAN VISUO-ATTENTIONNEL 15

2.1. Comment se manifeste un trouble de l'empan visuo-attentionnel ?15

2.2. Que traduit un trouble de l'empan visuo-attentionnel ?.....16

2.3. Est ce que le trouble de l'empan visuo-attentionnel est spécifique aux séquences de lettres ?..... 17

2.3.1. Extension aux chiffres..... 17

2.3.2. Extension au matériel non alphanumérique17

2.4. Trouble de l'empan visuo-attentionnel ou conséquence d'un faible niveau de lecture ?.....18

2.4.1. Comparaison avec des enfants plus jeunes de même niveau de lecture.....19

2.4.2. Comparaison de cas contrastés de dyslexies développementales.....19

2.5. Fréquence des troubles de l'empan visuo-attentionnel 20

3. CONSÉQUENCES D'UN TROUBLE DE L'EMPAN VISUO-ATTENTIONNEL EN LECTURE ET ORTHOGRAPHE 21

3.1. Comment se manifeste un trouble de l'empan visuo-attentionnel en lecture ?21

3.1.1. Identification partielle des lettres du mot21

3.1.2. Décodage séquentiel laborieux.....22

3.1.3. Conséquences en lecture de mots irréguliers22

3.1.4. Conséquences en lecture de mots réguliers23

3.1.5. Conséquences en lecture de pseudo-mots.....24

3.2. Comment se manifeste un trouble de l'empan visuo-attentionnel en orthographe ?25

3.2.1. Conséquences en dictée de mots26

3.2.2. Conséquences en dictée de pseudo-mots.....27

3.3. Quel est l'intérêt d'un outil de diagnostic du trouble de l'empan visuo-attentionnel ?..... 28

3.3.1. Absence de matériel permettant de poser un diagnostic fiable de trouble de l'empan visuo-attentionnel 28

3.3.2. Besoin d'un outil diagnostic spécifique.....29

3.3.3. Diagnostiquer le trouble pour mieux y remédier.....29

PRESENTATION DE L'OUTIL DE DIAGNOSTIC31

1. INTÉRÊTS D'EVADYS 31

1.1. Diagnostic rapide31

1.2. Evaluation en contexte ludique.....31

1.3. Lecture immédiate des résultats.....31

1.4.	Intégration immédiate des résultats au bilan.....	32
1.5.	Utilisable de la grande section de maternelle à l'âge adulte	32
1.5.	Outil de prévention des troubles dyslexiques.....	33
2.	LES LIMITES D'EVADYS.....	33
2.1.	EVADYS n'est pas un outil de diagnostic de la dyslexie.....	33
2.2.	Intégrité des capacités visuelles.....	34
2.3.	Intégrité du traitement visuel des lettres isolées.....	34
2.4.	Trouble de la dénomination de lettres.....	35
2.5.	Trouble de l'attention avec ou sans hyperactivité.....	35
3.	PRÉSENTATION DES ÉPREUVES DE REPORT	35
3.1.	Estimation de l'empan visuo-attentionnel en grande section de maternelle.....	35
3.1.1.	Report global chiffres.....	36
3.1.2.	Report partiel chiffres	36
3.1.3.	Epreuve-contrôle chiffres grande section de maternelle.....	37
3.2.	Estimation de l'empan visuo-attentionnel en primaire.....	37
3.2.1.	Report global 5 Lettres.....	37
3.2.2.	Report partiel 5 Lettres.....	38
3.2.3.	Epreuve-contrôle de seuil de lettre	38
3.3.	Estimation de l'empan visuo-attentionnel au secondaire et chez l'adulte.....	39
3.3.1.	Report global 6 Lettres	39
3.3.2.	Report partiel 6 Lettres.....	40
4.	CONDITIONS DE PASSATION.....	40
4.1.	Dispositif.....	40
4.2.	Durée de passation et pré-tests	40
4.3.	Mise en condition	41
4.4.	Déroulement de la passation.....	42
4.5.	Consignes	43
4.6.	Saisie des données.....	44
4.7.	Cotation	44
4.8.	Présentation des résultats.....	45
5.	DONNÉES NORMATIVES	48
5.1.	Population de référence	48
5.1.1.	Performances en grande section de maternelle.....	49
5.1.2.	Evolution des scores en primaire	50
5.1.3.	Les profils de réponses en primaire	50
5.1.4.	Scores des collégiens et des jeunes adultes	51
5.2.	Fiabilité du test.....	52
5.3.	Différences garçons/filles.....	53
5.4.	Sensibilité et spécificité.....	53

COREVA : UN OUTIL DE REMÉDIATION VALIDÉ54

1.	LES EXERCICES D'ENTRAÎNEMENT	54
1.1.	Progression	54
1.2.	Types d'exercices.....	54
1.3.	Age d'application	55
2.	PRISE EN CHARGE.....	56
2.1.	Une prise en charge intensive	56
2.2.	Effets de la prise en charge.....	57
2.2.1.	Etudes de cas	57
2.2.2.	Etudes de groupe	59
3.	COREVA UN OUTIL D'ENTRAÎNEMENT SCIENTIFIQUEMENT VALIDÉ.....	59

Table des illustrations

Figures

Figure 1 : Déroulement temporel d'un essai en report global	8
Figure 2 : Déroulement temporel d'un essai en report partiel	9
Figure 3 : Déroulement temporel d'un essai en identification de lettre isolée.	9
Figure 4 : La taille de l'empan visuo-attentionnel augmente avec la taille des unités	11
Figure 5 : Evolution des scores de report global (RG) et partiel (RP) avec l'âge et le niveau de classe.	11
Figure 6 : Modification du niveau de performance en report global et partiel entre GSM et CE1 : Etude longitudinale.....	12
Figure 7 : Profil de performance en report global selon la classe	13
Figure 8 : profil de performance d'enfants de CP, CE2 et CM2 en report partiel	14
Figure 9 : Profil de performance en report global chez des adultes pour 20 ms de présentation.....	15
Figure 10 : Profil de performance de Damien et de normo-lecteurs de même âge en report global.....	16
Figure 11 : Performances en report global (gauche) et partiel (droite) pour des séquences de lettres et de chiffres chez les dyslexiques et les contrôles.	17
Figure 12 : Performance des enfants dyslexiques et contrôles en dénombrement sur des séquences alphanumériques (verbal) et non alphanumériques (non verbal).....	18
Figure 13 : Profil de performance en report global d'un groupe d'enfants dyslexiques comparé à deux groupes de normo-lecteurs appariés en âge réel (AR) ou âge lexique (AL).	19
Figure 14 : Performances de deux adolescents dyslexiques de même niveau de lecture en report global	20
Figure 15 : Pourcentage d'enfants dyslexiques présentant chaque type de déficit	20
Figure 16 : Illustration d'un essai en report global chiffre	36
Figure 17 : Exemple d'essai en Report Partiel Chiffres pour la Grande Section de Maternelle	36
Figure 18 : Illustration d'un essai en report global 5 lettres	38
Figure 19 : Illustration d'un essai en report partiel 5 lettres.....	38
Figure 20 : Illustration d'un essai en seuil d'identification de lettre isolée.....	39
Figure 21 : illustration d'un essai en report global 6 lettres	39
Figure 22 : Illustration d'un essai en report partiel 6 lettres (adolescents et adultes)	40
Figure 23 : Profil de performance en report 4 chiffres (a) partiel et (b) global.....	49
Figure 24 : Score moyen en report global (RG) et partiel (RP) en fonction de la classe.....	50
Figure 25 : Profil de réponse en report global selon la classe	50
Figure 26 : Profil de réponse en report partiel selon la classe	51
Figure 27 : Profils de performance en report global des collégiens et des adultes	51
Figure 28 : Profil de performance des collégiens et adultes en report partiel.....	52
Figure 29 : Design expérimental des évaluations, Age chronologique (AC) et Age lexique (AL) de MP à chaque évaluation, Nombre de mois gagnés en âge lexique (gain) suite à la prise en charge rééducative (T1-T2) comparativement aux 3 mois précédents (T0-T1).	58
Figure 30 : Modulation de l'activation des régions pariétales supérieures suite à la prise en charge rééducative (avant/before vs après/after).	58

Tableaux

Tableau 1 : Réponses de Martial en lecture de mots présentés 200ms	22
Tableau 2 : Performances en lecture de mots irréguliers de 5 enfants dyslexiques avec trouble de l'empan VA	23
Tableau 3 : Pourcentage de mots correctement orthographiés sous dictée par 5 enfants dyslexiques avec trouble de l'empan visuo-attentionnel.	26
Tableau 4 : Performance en dictée de mots d'enfants avec trouble de l'empan VA	26
Tableau 5 : Réponse en écriture sous dictée de pseudo-mots.....	27
Tableau 6 : caractéristiques de la population sur laquelle ont été établies les données normatives.	48
Tableau 7 : Effet test-retest en report global et partiel : moyennes (et écart types)	52

Préambule

Tout clinicien confronté à la prise en charge des troubles spécifiques d'apprentissage de la lecture (ou dyslexies développementales) ne peut que noter l'extrême variabilité des manifestations de ce trouble d'un individu (enfant ou adulte) à l'autre. Cette variabilité est également reconnue en recherche où on relève fréquemment la forte hétérogénéité des populations dyslexiques. Cette variabilité de performance a été attribuée à différents facteurs qu'ils soient environnementaux ou intrinsèques à l'enfant. Différentes manifestations du trouble pourraient en effet refléter des influences dues par exemple à une exposition plus ou moins fréquente à l'écrit, l'effet des prises en charge, leur fréquence ou un soutien plus ou moins marqué et efficace de l'environnement familial et scolaire. Des facteurs intrinsèques, tels que l'âge de l'enfant au moment de l'évaluation, le degré de sévérité du trouble dyslexique, l'existence ou non de troubles associés (constellation DYS), la mise en place plus ou moins spontanée de stratégies de compensations, les motivations de l'enfant et l'investissement de l'écrit, sont autant d'éléments pouvant aussi modifier l'expression du trouble. Néanmoins, au cours des vingt dernières années, cette hétérogénéité a dû s'accommoder de l'idée que LA dyslexie était un syndrome unitaire résultant d'un trouble sous-jacent unique : un déficit phonologique.

Cette idée est remise en question suite aux travaux menés par l'équipe de Sylviane VALDOIS au Laboratoire de Psychologie et NeuroCognition (UMR 5105 CNRS) de Grenoble. Ses recherches effectuées en comportement, modélisation et neuroimagerie corroborent en effet l'existence d'un autre type de trouble cognitif, un trouble de l'empan visuo-attentionnel, dans le contexte des dyslexies développementales. Ce trouble qui concerne la sphère visuelle est fréquemment dissocié des troubles phonologiques même si les deux types de déficits peuvent coexister chez certains enfants. Il caractérise donc un sous-groupe d'enfants dyslexiques qui peuvent ne présenter aucun trouble langagier ou phonologique associé.

EVADYS a pour objectif de doter les cliniciens d'un outil fiable leur permettant d'estimer les capacités d'empan visuo-attentionnel des enfants dyslexiques dont ils ont la charge. Cette estimation est un préalable indispensable à toute prise en charge, tant la nature du déficit cognitif sous-jacent oriente non seulement la remédiation des troubles mais également la nature des aménagements scolaires qui peuvent être proposés aux enfants.

FONDEMENTS THEORIQUES

1. INTRODUCTION DE LA NOTION D'EMPAN VISUO-ATTENTIONNEL

1.1. Qu'est ce que l'empan visuo-attentionnel ?

L'empan visuo-attentionnel (VA) correspond au nombre d'éléments visuels distincts qui peuvent être traités simultanément dans une configuration de plusieurs éléments. C'est une définition large qui dépasse l'activité de lecture, l'empan étant censé s'appliquer dans toute situation qui demande le traitement en parallèle de plusieurs informations.

Les termes « simultané » et « parallèle » sont ici utilisés comme synonyme. Ils renvoient aux situations où plusieurs informations simultanément présentes dans le champ visuel doivent être traitées en même temps en une seule fixation oculaire. Par opposition, si plusieurs informations sont simultanément présentées mais que plusieurs mouvements oculaires sont nécessaires pour balayer et traiter cette information, on dira que le traitement est sériel et donc non parallèle.

En l'absence de matériel d'enregistrement des mouvements oculaires, une façon simple de s'assurer qu'un ensemble d'éléments est traité en parallèle est de limiter le temps de présentation à l'écran de ces éléments. On sait qu'une reprise d'information via une saccade oculaire sur les éléments présentés n'est possible qu'au-delà de 200 millisecondes. Il faut donc travailler avec des stimuli dont la durée de présentation à l'écran est au maximum de 200 ms pour s'assurer que l'on est bien en situation de traitement parallèle.

Exemple de traitement parallèle et sériel

|
○○○○○○○X○○○○○○○○○○X○○○○○○○○○○
|
KKKKKKXKKKKKKKKKKKKKKKKKKXKKK

Si vous fixez la barre verticale au dessus de la première séquence vous pouvez facilement identifier la présence de deux X dans la séquence.

Une fixation au même endroit ne permet pas de le faire dans la seconde séquence. Il faut balayer la séquence de façon sérielle pour retrouver les deux X au sein de cette séquence.

Dans le domaine de la lecture, l'empan visuo-attentionnel (VA) correspond au nombre de lettres distinctes qui peuvent être traitées simultanément dans une séquence de plusieurs lettres.

Dans le contexte d'une séquence prononçable, les lettres ne sont pas des éléments visuels distincts. Dans une séquence comme « P.AGON » on peut facilement inférer sur la base de notre connaissance des mots de la langue que la lettre manquante est probablement un L ou un R (éventuellement un i). Dans PLA.NDAR c'est nécessairement un i. Ainsi, l'identification de certaines des lettres du mot permet d'inférer l'identité des autres lettres ce qui va aider à leur traitement. Déterminer le nombre de lettres distinctes correctement identifiées implique de travailler avec des séquences de consonnes présentées en ordre aléatoire de façon à ce que l'identification d'une lettre ne puisse influencer sur le traitement des autres (e.g., R H S D M).

1.1. Comment mesure-t-on l'empan visuo-attentionnel ?

Deux épreuves, de report global et partiel, sont classiquement utilisées pour mesurer les capacités d'empan visuo-attentionnel des enfants. Ces épreuves consistent à présenter des séquences de lettres et à demander aux enfants de dénommer l'ensemble des lettres de la séquence (tâche de report global) ou seulement une lettre dont la position varie aléatoirement dans la séquence (tâche de report partiel). Dans la mesure où on s'intéresse à un trouble du traitement parallèle de plusieurs lettres, une tâche contrôle d'identification de lettres isolées est également proposée. Elle permet de s'assurer qu'un faible score en séquences de lettres n'est pas simplement dû à des difficultés d'identification des lettres isolées.

1.2.1. Report global

La tâche consiste à présenter sur écran d'ordinateur une séquence de 5 consonnes qui est affichée à l'écran pendant 200 ms (Figure 1). La séquence est précédée d'un point de fixation central de sorte que l'œil de l'enfant fixe la lettre en 3^{ème} position dans la séquence (le F dans l'exemple ci-dessous) au moment du traitement. On lui demande de dénommer verbalement l'ensemble des lettres qu'il a pu identifier dès disparition de la séquence de lettres. La tâche comprend 20 séquences successives de 5 lettres. Le score correspond au nombre total de lettres correctement identifiées (max=100). Seule l'identité des lettres est prise en compte dans la cotation, indépendamment de la position dans laquelle les lettres sont dénommées. Ainsi, pour la séquence « PSFHT » n'importe laquelle des réponses « PSFHT » ou « FPHST » ou « TPHSF » sera considérée comme correcte.



Figure 1 : Déroulement temporel d'un essai en report global

Les lettres sont choisies parmi un ensemble de 10 consonnes {B P T F L M D S R H}. Chaque lettre apparaît un nombre égal de fois dans chaque position, de sorte qu'une performance plus faible sur une position donnée ne puisse être attribuée à une difficulté pour identifier une lettre particulière. Les séquences de 5 consonnes ne correspondent jamais au squelette d'un mot (« CMPTR » pour « compter » par exemple). On élimine ainsi toute activation lexicale susceptible d'interférer avec la performance.

Le temps de 200 ms correspond à peu près au temps de fixation moyen observé en lecture. Un affichage limité à 200 ms empêche qu'une saccade puisse être réalisée et conduise à reprendre de l'information sur la séquence. Néanmoins le traitement n'est pas limité à 200 ms. Etant donné la rémanence rétinienne, la séquence est encore disponible en mémoire iconique après sa disparition de l'écran. Le temps réel de traitement est ici à peu près le double de celui du temps d'affichage (la rémanence rétinienne étant estimée de 200 à 250 ms).

Les espaces entre les lettres de la séquence ont été augmentés de façon à limiter (voire annuler) les effets de masquage latéral (i.e., le fait qu'une lettre entourée de deux autres lettres est en général identifiée plus difficilement que si elle est isolée ou seulement précédée ou suivie d'une lettre). De cette façon, les performances observées reflètent très directement les capacités d'empan visuo-attentionnel en éliminant d'autres facteurs visuels que l'on sait perturbés chez certaines personnes dyslexiques.

1.2.2. Report partiel

La tâche de report partiel est très similaire à la tâche de report global, si ce n'est qu'une barre verticale est présentée sous la séquence de lettres dès la disparition de celle-ci (Figure 2). La barre indique la position de la lettre qui doit être dénommée. Cette barre apparaît aléatoirement et un nombre égal de fois sous chaque position. L'enfant ne doit dénommer qu'une seule lettre, celle dont la position est indiquée. La tâche comprend 50 essais successifs. Le score correspond au nombre total de lettres indicées correctement identifiées (max=50).

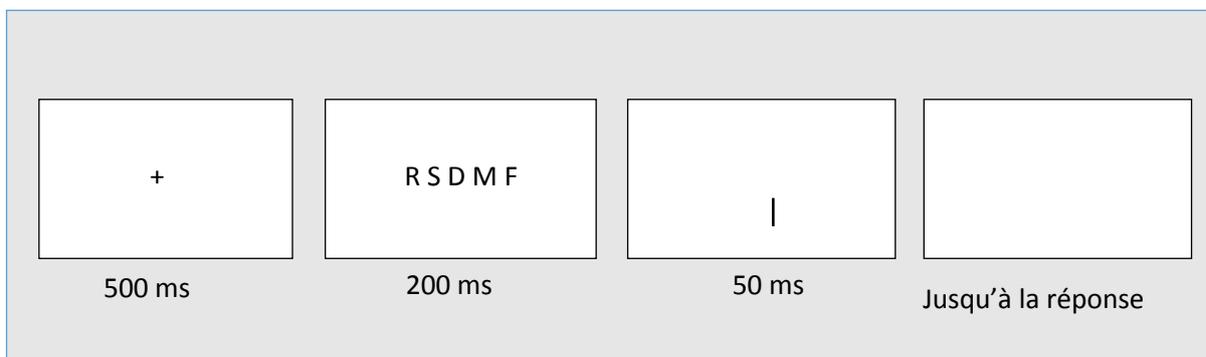


Figure 2 : Déroulement temporel d'un essai en report partiel

Chacune des lettres est indiquée 5 fois sur le total des 50 essais successifs. Chaque lettre est indiquée une fois dans chacune des positions. Ainsi comme précédemment, un éventuel effet positionnel sur la performance ne peut pas être attribué à l'identification plus ou moins aisée d'une lettre.

1.2.3. Epreuve de contrôle de seuil d'identification de lettres

Dans cette épreuve, une consonne est présentée au centre de l'écran pendant un temps limité qui varie aléatoirement de 33 à 100 ms (33, 50, 67, 84, 100). La présentation de la lettre est suivie d'un masque qui reste à l'écran pendant 150 ms (voir Figure 3). L'enfant doit dénommer la lettre après disparition du masque. On mesure le temps minimal d'affichage qui permet d'obtenir un score d'au moins 80% de bonnes réponses.

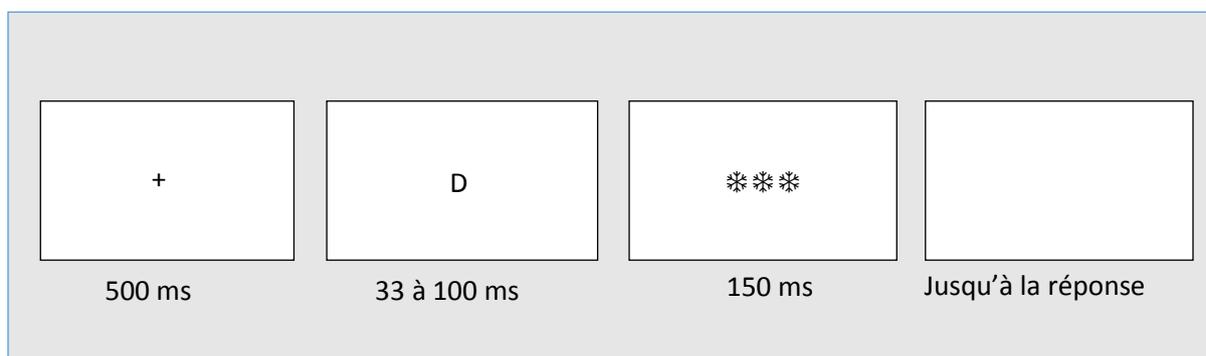


Figure 3 : Déroulement temporel d'un essai en identification de lettre isolée.

Le masque a pour fonction de s'assurer que le temps de traitement de la lettre est bien limité au temps d'affichage de celle-ci. On utilise les mêmes consonnes que dans les épreuves de report global et partiel. Chaque consonne est présentée 5 fois sur l'ensemble des essais. Dix lettres sont présentées à chacun des temps.

1.2. Que reflètent les épreuves de report global et partiel de lettres ?

Les épreuves de report global et partiel reflètent les ressources attentionnelles que l'enfant peut mobiliser pour traiter les 5 éléments de la séquence.

Même si des séquences de lettres sont utilisées pour mesurer l'empan visuo-attentionnel, cette notion s'applique aussi bien aux séquences de chiffres. Des résultats très similaires sont également observés lorsqu'on utilise des séquences de stimuli non familiers (pseudo-lettres par exemple) dans des épreuves de catégorisation. Les épreuves mesurent donc bien des capacités visuo-attentionnelles générales indépendamment de la nature des éléments à traiter¹.

Les traitements que l'on peut effectuer sur un ensemble d'éléments visuels dépendent des ressources attentionnelles que l'on peut distribuer sur ces éléments en parallèle. Les ressources visuo-attentionnelles sont en quantité limitée et finie. Ainsi, plus le nombre d'éléments visuels augmente, plus la quantité de ressources attentionnelles mobilisée sur chacun des éléments diminue. Si les ressources attentionnelles dirigées sur une lettre ne sont pas suffisantes, celle-ci ne peut pas être identifiée correctement.



Lorsqu'une séquence de 3 consonnes est présentée à l'écran. Les ressources visuo-attentionnelles se répartissent uniformément sur la séquence. La quantité totale de ressources attentionnelles est donc répartie entre trois éléments.



Si la séquence à traiter comprend 5 ou 8 lettres, la même quantité de ressources attentionnelles se trouve distribuée sur l'ensemble des éléments de la séquence. Les ressources mobilisées sur chaque élément de la séquence diminuent au prorata du nombre de ses éléments.

R D S

Même si l'attention est a priori uniformément répartie, des biais attentionnels peuvent également intervenir, en lien notamment avec le sens de lecture. On observe en général un biais attentionnel gauche qui favorise l'identification des lettres initiales dans des langues comme le français qui se lisent de gauche à droite. Ce type de biais attentionnel n'est pas observé en report partiel dans la mesure où la position de la cible n'est pas connue et n'est pas prédictible au moment où la séquence de consonnes est présentée.

1.3. Empan visuo-attentionnel et apprentissage de la lecture ?

Lors de l'apprentissage de la lecture, les ressources attentionnelles se focalisent sur des unités de taille de plus en plus grande allant des traits visuels qui composent les lettres aux unités mots. Les capacités d'empan visuo-attentionnel interviennent ainsi dans la mémorisation à la fois des unités sublexicales (graphèmes et syllabes) qui composent les mots et de la séquence orthographique de ces mêmes mots (Figure 4).

¹ Lobier, M., Zoubrinetzki, R. & Valdois, S. (2012). The visual attention span deficit in developmental dyslexia is visual and not verbal. *Cortex*, 48, 6, 768-773.

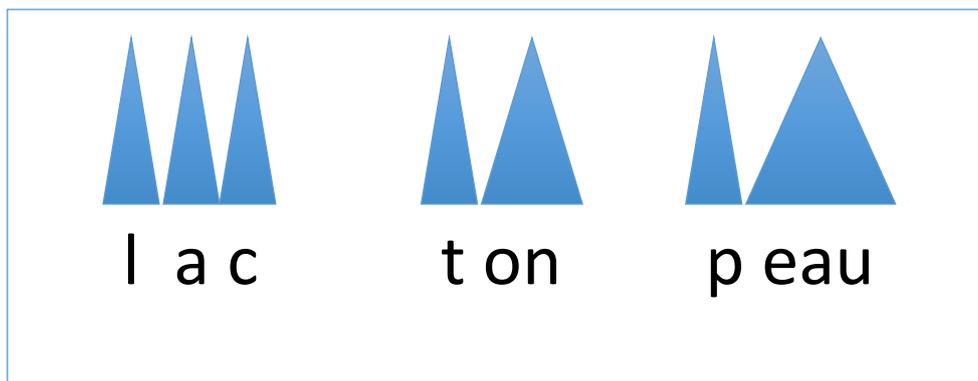


Figure 4 : La taille de l’empan visuo-attentionnel augmente avec la taille des unités

En début d’apprentissage, les ressources attentionnelles se focalisent sur chaque lettre indépendamment. La mémorisation de l’information relative aux lettres allège la charge visuo-attentionnelle, si bien que progressivement deux lettres, puis trois peuvent être traitées en parallèle. La distribution de l’attention sur plusieurs lettres permet de mémoriser les unités orthographiques correspondantes : d’abord les graphèmes composés de deux lettres, puis de trois, puis les graphies contextuelles dont la segmentation et l’interprétation phonologique dépendent de l’environnement littéral. Ainsi, le lien « s » → /z / ne sera établi que si l’empan visuo-attentionnel est suffisant pour couvrir l’ensemble des trois lettres qui permettent sans ambiguïté de mémoriser cette relation (« s » → /z/ comme dans « asu » pour « mesure »). Progressivement les unités mémorisées sont de taille de plus en plus grande, ce qui permet à terme la mémorisation du mot entier.

1.4.1. Evolution des performances en report global et partiel en primaire

Les performances en report global et partiel augmentent avec le niveau de classe et l’âge des enfants. Elles augmentent donc également avec le niveau de lecture. Néanmoins comme nous le verrons plus loin, un trouble de l’empan VA n’est pas la simple conséquence d’un faible niveau de lecture. Au contraire, c’est bien le faible niveau d’empan VA qui cause les difficultés de lecture.

Une première étude a été menée auprès de trois groupes d’enfants de CP (N=157), de CE2 (N=126) et de CM2 (N=134). Ces groupes d’enfants avaient respectivement pour âge chronologique : 6 ans 8 mois pour les CP, 8 ans 9 mois pour les CE2 et 11 ans 2 mois pour les CM2. Leurs scores moyens sur les épreuves de report global et partiel sont présentés dans la Figure 5.

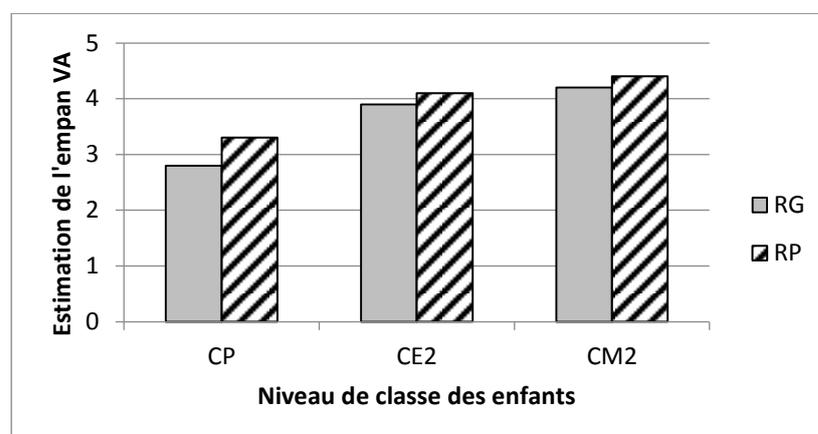


Figure 5 : Evolution des scores de report global (RG) et partiel (RP) avec l’âge et le niveau de classe.

Les résultats² montrent une évolution des scores de performance sur les épreuves de report global (RG) et de report partiel (RP) avec l'âge et le niveau de classe des enfants. Un autre élément important de cette étude est de montrer que les scores moyens en report global et partiel sont très proches, (lorsqu'ils sont ramenés sur 5 dans tous les cas). Tous niveaux de classes confondus, les scores sur ces deux épreuves sont significativement corrélés ($r = .60$ sur la population globale). L'empan VA semble donc bien augmenter avec le niveau de lecture. Par ailleurs, les deux épreuves de report global et partiel mesurent bien une composante cognitive commune.

1.4.2. Etude longitudinale de la grande section de maternelle au CE1

Une seconde étude a porté sur 131 enfants qui ont été testés initialement en grande section de maternelle alors qu'ils étaient âgés en moyenne de 5 ans 8 mois. Les mêmes 131 enfants ont ensuite été à nouveau testés en CP, puis en CE1, à un an d'intervalle à chaque fois.

Il est impossible de demander à des enfants de grande section de maternelle (GSM) de traiter des séquences de 5 lettres, tous ne connaissent d'ailleurs pas le nom de toutes les lettres. On a donc estimé leurs capacités d'empan visuo-attentionnel à partir de séquences de 4 chiffres. En CP et CE1 se sont les épreuves décrites précédemment de report global et partiel de lettres qui leur ont été proposées.

Les performances des enfants (Figure 6) montrent comme précédemment une évolution de la GSM au CE1.

Attention ! La performance n'est pas directement comparable entre la GSM et les autres classes. Le fait de n'avoir à traiter que 4 éléments au lieu de 5 modifie le poids des ressources attentionnelles qui peuvent être attribuées à chacun des éléments en parallèle. Les performances en GSM sont donc potentiellement surévaluées ici.

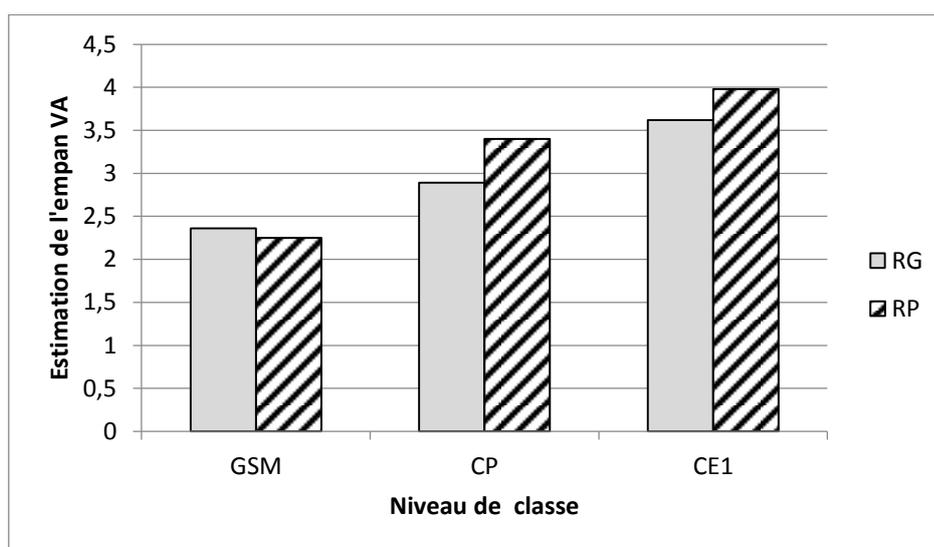


Figure 6 : Modification du niveau de performance en report global (RG) et partiel (RP) entre la grande section de maternelle (GSM) et le CE1 : Etude longitudinale.

On retrouve ici une évolution des performances très proche de celle décrite précédemment. Cependant, on peut ici être certain que l'évolution observée est indépendante d'éventuels facteurs confondus, puisque ce sont les mêmes enfants dont les performances ont été évaluées trois fois à un an d'écart.

² Bosse, M.L. & Valdois, S. (2009). Influence of the visual attention span on child reading performance: a cross-sectional study. *Journal of Research in Reading*, 32, 2, 230-253.

1.4. Profils de performance sur les épreuves de report

On appelle profil de performance, la courbe obtenue en reliant les scores par position sur les épreuves de report global et partiel. En général, la courbe de performance en report global est caractérisée par un gradient gauche droite. En report partiel, on n'observe pas d'effet positionnel, la performance est similaire sur l'ensemble des positions de la séquence.

1.5.1. Profil de performance en report global

Les profils de performance de 130 enfants de CP, 104 enfants de CE2 et 108 enfants de CM2 sont présentés dans la Figure 7, pour le report global. Les positions correspondent à celles qui étaient occupées par les différentes lettres dans la séquence présentée à l'écran, indépendamment de l'ordre dans lequel elles ont été dénommées par l'enfant. Ainsi par exemple, la réponse « HFR » pour la séquence « FHDMR » conduira à comptabiliser un point supplémentaire sur les positions P1, P2 et P5. Le profil correspond donc à la position des lettres de la séquence proposée qui ont pu être correctement identifiées.

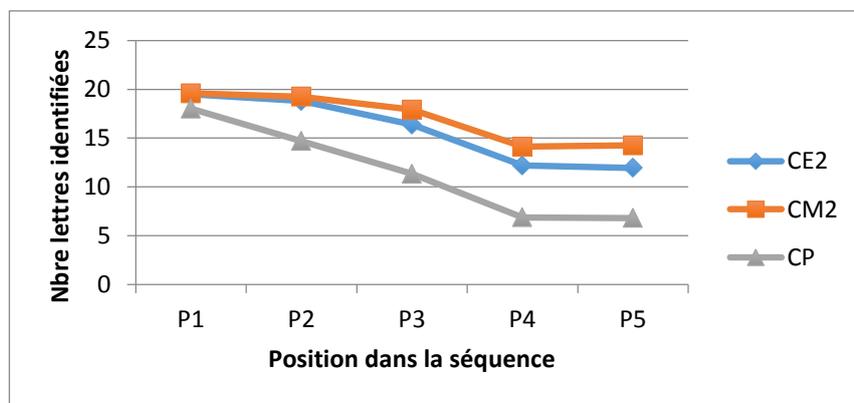


Figure 7 : Profil de performance en report global selon la classe

La Figure 7 montre que les profils de performance se caractérisent à tous les niveaux de classe par un gradient gauche-droite. Les lettres sont mieux identifiées à la gauche (P1-P2) qu'à la droite (P4-P5) du point de fixation (P3).

1.5.2. Profil de performance en report partiel

Les profils de performance des mêmes trois groupes d'enfants sont présentés dans la Figure 8 pour le report partiel.

Dans cette tâche, les niveaux de performances ne diffèrent pas significativement d'une position à l'autre pour les enfants de CE2 et de CM2. En CP, la performance est légèrement meilleure en position centrale (P3) correspondant au point de fixation.

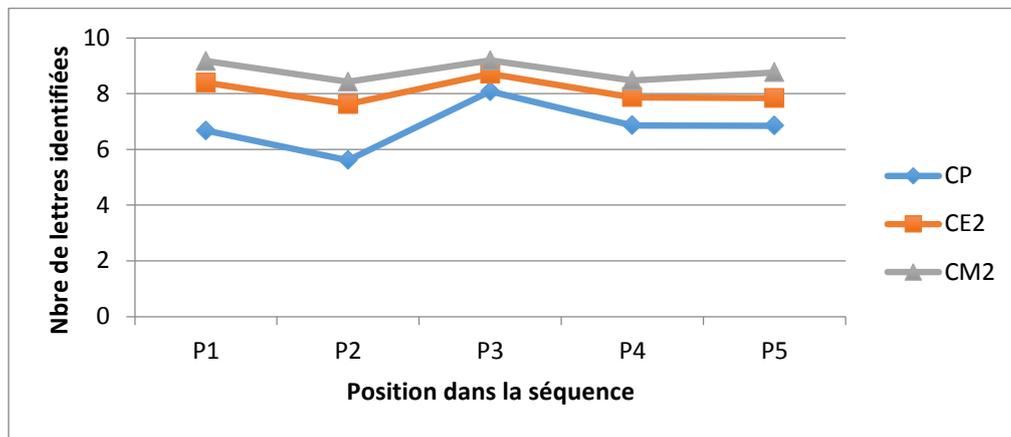


Figure 8 : profil de performance d'enfants de CP, CE2 et CM2 en report partiel

1.5.3. Des profils de réponse différents en report global et en report partiel

Les différences de profil de réponse suggèrent que l'attention se distribue uniformément sur l'ensemble de la séquence en report partiel alors qu'un biais attentionnel gauche lié au sens de lecture donne un avantage aux lettres de gauche en report global.

En condition de report partiel, la séquence de 5 lettres est présentée initialement et la barre n'apparaît qu'après disparition des lettres de l'écran. Dans la mesure où cette barre indice de façon aléatoire et avec la même probabilité chaque position de la séquence, il est impossible d'anticiper la position de la lettre qui devra être dénommée lors de la présentation de la séquence. L'attention se distribue donc initialement de façon homogène sur l'ensemble des lettres de la séquence. Ainsi, chaque lettre reçoit la même quantité de ressources attentionnelles et a, de ce fait, la même probabilité d'être dénommée.

La condition de report global est différente puisque l'on sait d'emblée que l'ensemble des lettres de la séquence devra être rappelé. La performance sur cette épreuve est davantage influencée par le sens de lecture et on a en général tendance à dénommer les lettres dans leur ordre de présentation à l'écran même si la consigne ne le demande pas explicitement. L'attention se reporte alors automatiquement sur la position initiale la plus à gauche, ce qui permet une meilleure reconnaissance de la première lettre et lui donne un avantage certain.

Le gradient gauche-droite observé en report global pourrait également résulter d'un recodage verbal de l'information et du déclin en mémoire à court terme verbale de cette information avec le temps. Cette hypothèse a pu être écartée. En effet, l'avantage de la première position est retrouvé chez des normo-lecteurs adultes après seulement 20 millisecondes de présentation. On sait que tout recodage phonologique de l'information en un temps aussi court est impossible, l'avantage gauche est donc lié à des traitements visuo-attentionnels. Cette étude montre en outre que la performance est au-dessus du hasard sur toutes les positions³ dès 20 ms de présentation.

Les résultats en condition de report global pour des séquences de 5 lettres présentées seulement 20 ms à l'écran sont présentés dans la Figure 9.

³ Przybylski, L. (2012). Les lettres d'une séquence aléatoire de consonnes sont traitées en parallèle. Mémoire de Master (M2R). Université Grenoble Alpes.

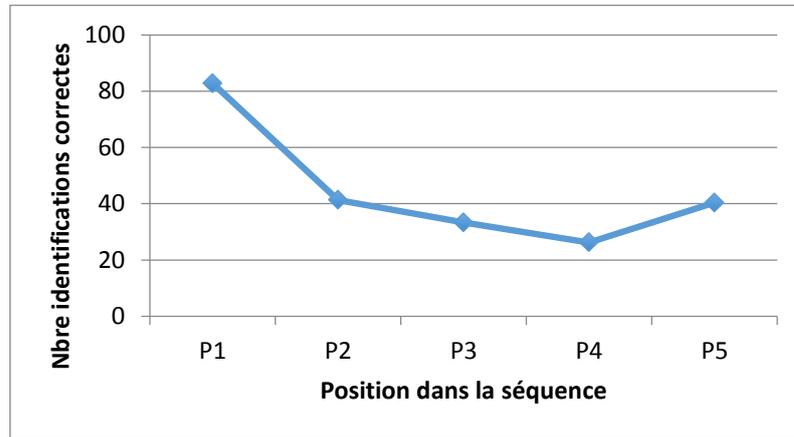


Figure 9 : Profil de performance en report global chez des adultes pour 20 ms de présentation

La réponse au-dessus du hasard sur l'ensemble des positions atteste d'un traitement parallèle des lettres quelle que soit leur position dans la séquence.

L'avantage de la première lettre traduit un biais attentionnel gauche puisqu'aucun recodage verbal en temps réel de l'information n'a pu avoir lieu au cours des 20 ms de présentation.

2. TROUBLE DE L'EMPAN VISUO-ATTENTIONNEL

2.1. Comment se manifeste un trouble de l'empan visuo-attentionnel ?

Un trouble de l'empan visuo-attentionnel se traduit par une réduction du nombre de lettres qui peuvent être identifiées lors des épreuves de report. En général, le trouble se manifeste sur les épreuves de report global et de report partiel. Cependant, le profil de performance peut varier d'un enfant à l'autre et il n'est pas possible de définir un profil type qui serait particulièrement représentatif du trouble de l'empan visuo-attentionnel.

Nous avons montré que certains enfants dyslexiques ne peuvent identifier le même nombre de consonnes dans une séquence de cinq éléments présentée pendant 200 ms que les enfants normo-lecteurs de même âge réel. Ils présentent donc une réduction de l'empan visuo-attentionnel.

Ainsi, Damien (CM2) ne peut identifier que 52 lettres sur les 100 présentées au cours d'une série de 20 séquences de 5 consonnes (Figure 10). Son score est très significativement inférieur à celui des enfants normo-lecteurs de son âge qui identifient correctement 85 lettres sur 100 en moyenne. On observe une réduction de l'empan visuo-attentionnel : les témoins traitent en moyenne 4.2 lettres par séquence, Damien 2.6 lettres.

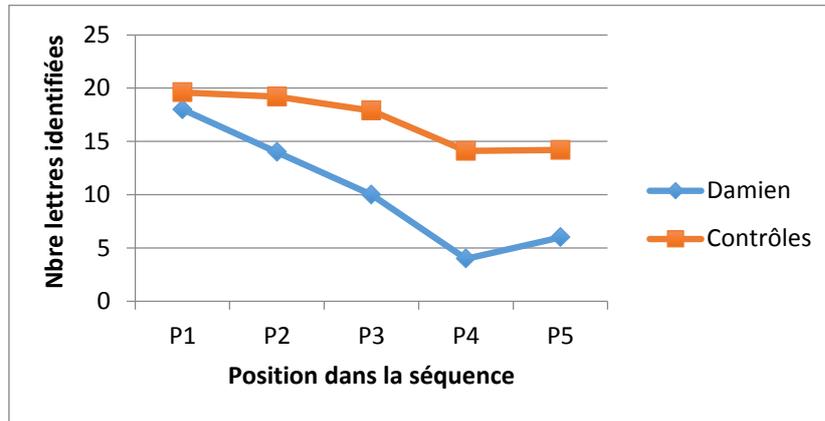


Figure 10 : Profil de performance de Damien et de normo-lecteurs de même âge en report global

Son profil de réponse par position donne une autre lecture des difficultés majeures qu’il rencontre. La Figure 10 montre le nombre de lettres correctement identifiées lors des 20 essais successifs dans les différentes positions de la séquence (P1 à P5). Nous voyons que Damien identifie seulement la première lettre de la séquence (P1) au niveau attendu (19/20) pour son âge. L’identification sur l’ensemble des autres positions est inférieure à la norme.

2.2. Que traduit un trouble de l’empan visuo-attentionnel ?

Le fait de ne pouvoir identifier qu’un nombre limité de lettres de la séquence est dû à une réduction des ressources attentionnelles mobilisables lors du traitement.



F S L K D

En l’absence de trouble de l’empan VA, les ressources attentionnelles sont relativement importantes (jaune).

Dans ce cas, chaque lettre de la séquence reçoit un poids attentionnel suffisant pour son identification (lettres noires).

Même s’il existe un biais attentionnel en faveur de la première lettre, la baisse de ressources attentionnelles qui s’ensuit sur les autres positions n’est pas suffisante pour nuire à l’identification.



F S L K D

Si un enfant présente un trouble de l’empan VA, ses ressources attentionnelles sont limitées (grisé).

Dans ce cas, certaines lettres de la séquence reçoivent un poids attentionnel faible qui ne permet pas l’identification de l’ensemble des lettres.

Un biais attentionnel en faveur de la première lettre, ou sur certaines lettres va conduire à focaliser les ressources sur un nombre limité de lettres (noires dans l’exemple) qui pourront seules être correctement identifiées.

2.3. Est ce que le trouble de l'empan visuo-attentionnel est spécifique aux séquences de lettres ?

Le trouble de l'empan visuo-attentionnel est classiquement mis en évidence en utilisant des épreuves de report de lettres. Cependant des résultats similaires sont obtenus lorsqu'on utilise des séquences de chiffres ou du matériel non alphanumérique.

2.3.1. Extension aux chiffres

Nous avons étudié les performances en report global et partiel de groupes d'enfants dyslexiques et normo-lecteurs appariés en âge réel lors du report de séquences de lettres ou de chiffres⁴. Les résultats sont présentés dans la Figure 11.

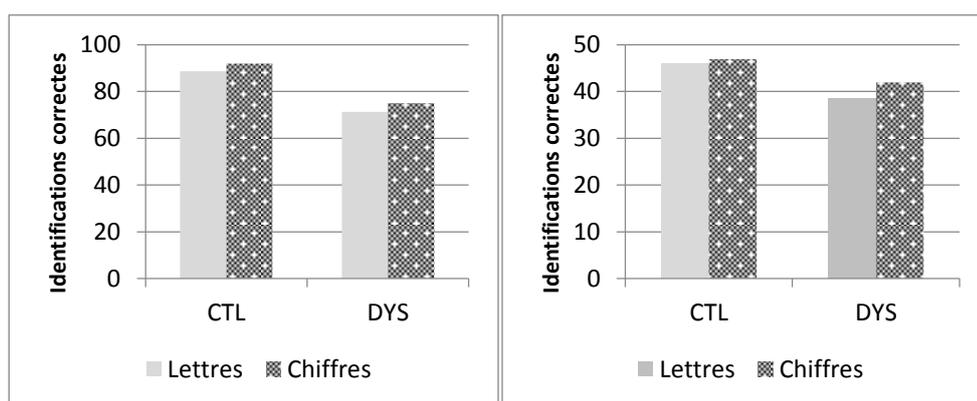
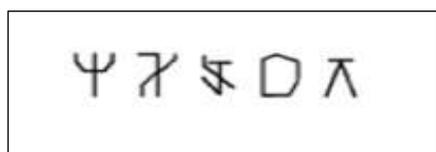


Figure 11 : Performances en report global (gauche) et partiel (droite) pour des séquences de lettres et de chiffres chez les dyslexiques et les contrôles.

Les performances sont très similaires dans les deux groupes pour les lettres et les chiffres avec un léger avantage pour les chiffres. Les dyslexiques ont des performances inférieures à celles des témoins que le traitement porte sur des séquences de lettres ou de chiffres. Ces résultats montrent que le trouble de l'empan visuo-attentionnel n'est pas limité aux séquences de lettres. Cela permet d'exclure l'hypothèse selon laquelle le trouble sur les épreuves de report résulte de difficultés à traiter les lettres, elles-mêmes secondaires au problème de lecture.

2.3.2. Extension au matériel non alphanumérique

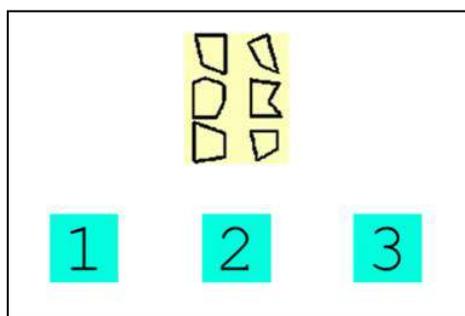
Nous avons montré que les enfants dyslexiques qui présentent un trouble de l'empan visuo-attentionnel tel que mesuré sur les épreuves de report de lettres, présentent un trouble équivalent dans des épreuves de catégorisation, même lorsque le matériel à traiter est non verbal. Ceci confirme le fait que l'empan VA correspond aux ressources attentionnelles qui sont mobilisées lors du traitement simultané de plusieurs éléments visuels quelle que soit la nature (verbale ou non) de ces éléments.



Exemple de 5 éléments constituant les séquences non alphanumériques. La séquence est présentée à l'écran durant 200 ms, suivie d'un masque.

Ensuite, est présenté l'écran ci-dessous demandant à l'enfant de décider du nombre d'éléments d'une famille donnée présents dans la séquence précédemment vue.

⁴ Valdois, S., Lassus-Sangosse, D. & Lobier, M. (2012). Impaired letter string processing in developmental dyslexia : what visual-to-phonological code decoding disorder ? *Dyslexia*, 18 (2), 77-93.



Les résultats⁵ de deux groupes d'enfants dyslexiques et normo-lecteurs sont présentés dans la Figure 12 pour les séquences aphanumériques verbalisables (lettres et chiffres) et les séquences non alphanumériques (formes fermées, pseudo-lettres, caractères hiragana).

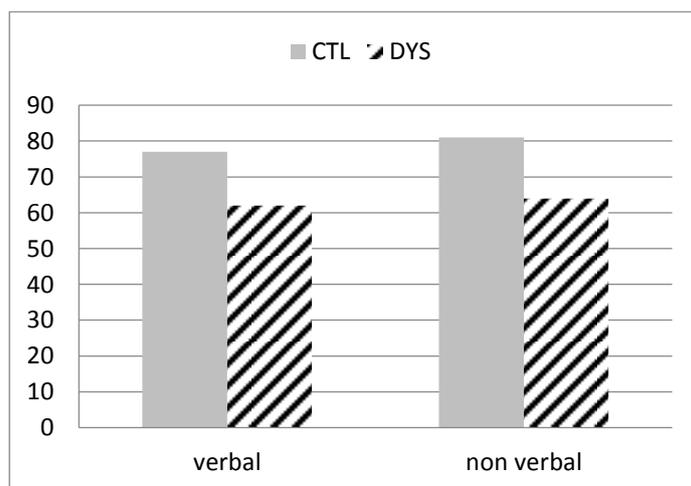


Figure 12 : Performance des enfants dyslexiques et contrôles en dénombrement sur des séquences alphanumériques (verbal) et non alphanumériques (non verbal).

Les résultats montrent que les performances des deux groupes sont très proches que les séquences à traiter soient alphanumériques ou non. Plus spécifiquement, les dyslexiques présentent des performances plus faibles que les enfants normo-lecteurs sur les deux types de séquences. Ceci montre que le trouble de l'empan visuo-attentionnel n'est pas spécifique au matériel verbal mais s'étend aux séquences non verbales.

2.4. Trouble de l'empan visuo-attentionnel ou conséquence d'un faible niveau de lecture ?

Une réduction de l'empan visuo-attentionnel n'est pas la simple conséquence des difficultés de lecture des enfants. Deux types d'arguments peuvent être avancés à l'encontre de cette hypothèse :

- D'une part, les enfants dyslexiques qui présentent un trouble de l'empan VA présentent des performances inférieures à celles des enfants plus jeunes de même niveau de lecture.
- D'autre part, des individus dyslexiques appariés en niveau de lecture peuvent démontrer des performances radicalement différentes sur les épreuves évaluant l'empan VA.

⁵ Lobier, M., Zoubinetzky, R. & Valdois, S. (2012). The visual attention span deficit in developmental dyslexia is visual and not verbal. *Cortex*, 48, 6, 768-773.

2.4.1. Comparaison avec des enfants plus jeunes de même niveau de lecture

Dans une étude de groupe, Bosse & Valdois (2003)⁶ ont comparé les performances d'enfants dyslexiques présentant une réduction de l'empan VA à celles de deux groupes contrôles : un groupe d'enfants normo-lecteurs de même âge réel et un groupe plus jeune mais de même niveau de lecture que les enfants dyslexiques. Les résultats sont présentés dans la Figure 13.

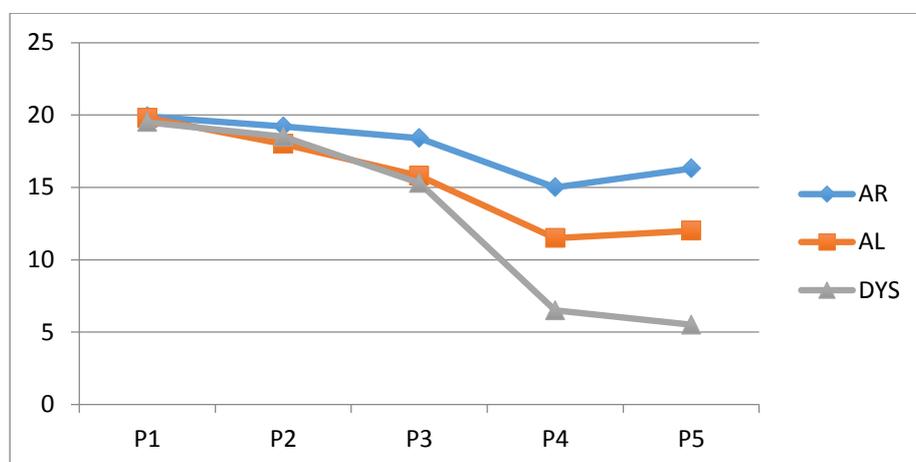


Figure 13 : Profil de performance en report global d'un groupe d'enfants dyslexiques comparé à deux groupes de normo-lecteurs appariés en âge réel (AR) ou âge lexique (AL).

Si les performances en report global des enfants dyslexiques étaient simplement la conséquence de leur faible niveau de lecture, alors les enfants normo-lecteurs plus jeunes mais de même niveau de lecture devraient présenter les mêmes capacités d'empan visuo-attentionnel. A l'encontre de cette hypothèse, la Figure 13 montre que les performances des enfants dyslexiques se différencient non seulement de celles des enfants normo-lecteurs de même âge réel (AR) mais également de celles des enfants plus jeunes de même niveau de lecture (AL). Un faible niveau d'empan visuo-attentionnel n'est donc pas la simple conséquence d'un faible niveau de lecture.

2.4.2. Comparaison de cas contrastés de dyslexies développementales

Plusieurs cas contrastés de dyslexies développementales ont été publiés, opposant les performances de sujets dyslexiques qui présentaient soit un déficit de l'empan visuo-attentionnel sans trouble phonologique, soit un déficit phonologique sans trouble de l'empan visuo-attentionnel. A chaque fois, ces cas présentaient le même niveau de lecture. Cela montre qu'à niveau de lecture égal, certains dyslexiques présentent un trouble de l'empan visuo-attentionnel et d'autres pas.

Valdois et collaborateurs (2003)⁷ ont publié les résultats de Laurent et Nicolas en report global et partiel. Ces deux adolescents avaient approximativement le même niveau de lecture, soit 8 ans 6 mois pour Laurent (AR=14 ans) et 8 ans 1 mois pour Nicolas (AR=13 ans).

Les performances de Laurent et Nicolas en report global sont présentées dans la Figure 14.

⁶ Bosse, M.L. & Valdois, S. (2003). Patterns of developmental dyslexia according to a multi-trace memory model of reading. *Current Psychology Letters*, 1, 10. Electronic article : <http://cpl.revues.org/document>

⁷ Valdois, S., Bosse, M.L., Ans B., Zorman, M., Carbonnel, S., David, D. & Pellat, J. (2003). Phonological and visual processing deficits are dissociated in developmental dyslexia: Evidence from two case studies. *Reading and Writing*, 16, 543-572.

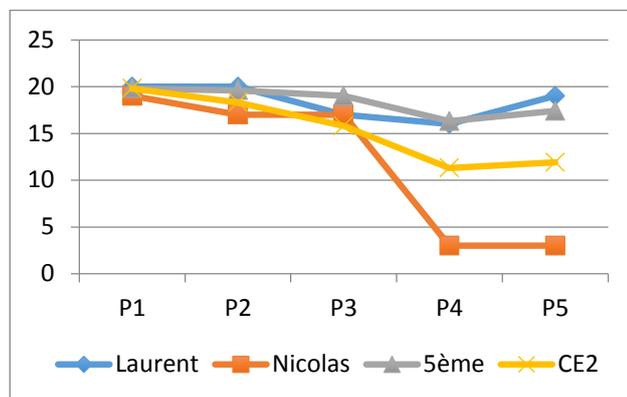


Figure 14 : Performances de deux adolescents dyslexiques de même niveau de lecture en report global

Alors que Laurent et Nicolas ont le même niveau de lecture, leurs performances diffèrent en report global. Seul Nicolas a des performances déficitaires par rapport aux groupes contrôles de même âge réel et de même niveau de lecture. Laurent bien qu'ayant le même niveau de lecture que Nicolas a des performances tout à fait dans la norme, donc un empan VA normal.

2.5. Fréquence des troubles de l'empan visuo-attentionnel

Personne aujourd'hui ne peut répondre à cette question de façon fiable dans la mesure où aucune étude à grande échelle n'a pu être réalisée sur le sujet jusqu'ici. Tout ce que l'on sait c'est que les troubles de l'empan visuo-attentionnel ne sont pas rares dans la population dyslexique. Ces troubles semblent au moins aussi fréquents que les troubles phonologiques.

Nous avons réalisé deux études de groupes⁸, l'une auprès d'enfants dyslexiques francophones, l'autre auprès d'enfants dyslexiques anglophones. La première étude portait sur 68 enfants, la seconde sur 29 enfants. Nous avons montré l'existence de 4 groupes d'enfants dyslexiques : le premier groupe est caractérisé par un trouble isolé de l'empan VA, le second par un trouble phonologique isolé, le troisième par un double déficit (phonologique et d'empan VA), le quatrième groupe ne présente aucun de ces deux types de troubles. La proportion de chaque groupe dans les deux populations est présentée dans la Figure 15.

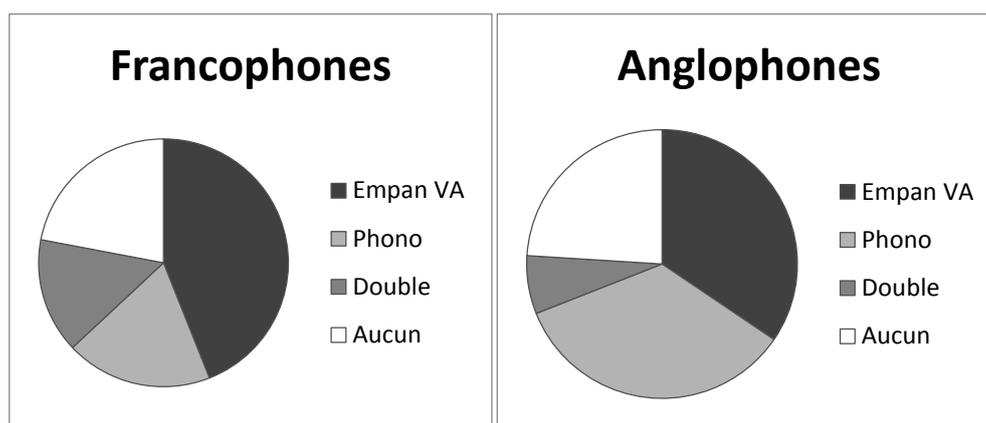


Figure 15 : Pourcentage d'enfants dyslexiques présentant chaque type de déficit

Les deux cadrans grisés les plus foncés correspondent à la proportion d'enfants dyslexiques qui présentent un trouble de l'empan visuo-attentionnel, isolé ou non. Dans les deux études, une large proportion d'enfants

⁸ Bosse, M.L., Tainturier, M.J. & Valdois, S. (2007). Developmental dyslexia: the visual attention span deficit hypothesis. *Cognition*, 104, 198-230.

présente ce type de trouble. On peut donc en conclure que le trouble de l'empan VA est loin d'être exceptionnel dans la population dyslexique.

Attention !

Seule une étude épidémiologique à grande échelle pourra conduire à une estimation fiable de la proportion d'enfants dyslexiques présentant un trouble de l'empan VA. On peut néanmoins noter que l'étude menée auprès des participants anglophones n'est pas susceptible de présenter le biais de recrutement potentiellement présent dans la population francophone. Une étude récente⁹ menée auprès d'une large population de plus de 900 élèves de 6^{ème}, montre que plus d'un tiers des faibles lecteurs dans cette population présente un trouble de l'empan VA et ce trouble est isolé (en l'absence de trouble phonologique ou de la dénomination rapide) chez environ 20% des enfants. Les données disponibles concourent donc à démontrer qu'un nombre non négligeable de faibles lecteurs et dyslexiques présente un trouble isolé de l'empan VA.

3. CONSÉQUENCES D'UN TROUBLE DE L'EMPAN VISUO-ATTENTIONNEL EN LECTURE ET ORTHOGRAPHE

3.1. Comment se manifeste un trouble de l'empan visuo-attentionnel en lecture ?

Un enfant qui présente un trouble de l'empan visuo-attentionnel ne peut identifier l'ensemble des lettres du mot à lire. Il basera donc sa lecture sur un traitement partiel des lettres du mot ou effectuera un décodage séquentiel laborieux du mot à lire.

3.1.1. Identification partielle des lettres du mot



Lecture

Une quantité limitée de ressources attentionnelles ne permet pas d'attribuer suffisamment de ressources à chacune des lettres du mot pour leur identification.

Seules les lettres les plus saillantes seront susceptibles d'être identifiées. Cette saillance peut être due à des propriétés intrinsèques aux lettres (fréquence, discriminabilité) ou aux biais attentionnels qui peuvent moduler la performance. Dans l'exemple ci-contre, la réponse sera basée sur le décodage partiel du mot, pouvant conduire à lire « lettre » au lieu de « lecture ».

Un cas de dyslexie développementale a récemment été décrit qui présentait un trouble massif de l'empan visuo-attentionnel¹⁰. Ce jeune garçon de 9 ans avait un niveau de lecture de début CP et un déficit marqué de l'empan visuo-attentionnel, malgré de bonnes capacités langagières et phonologiques. Il présentait donc un trouble isolé de l'empan visuo-attentionnel. Lorsqu'on lui demandait de lire des mots très courants présentés sur écran

⁹ Reilhac, C., Bosse, M.L. & Valdois, S. (soumis). Phoneme awareness, visual attention span and rapid automatized naming disorders in poor readers: the prevalence issue.

¹⁰ Valdois, S., Bidet-Ildes, C., Lassus-Sangosse, D., Reilhac, C., N'Guyen, M.A., Guinet E. & Orliaguet, J.P. A visual processing but no phonological disorder in a child with mixed dyslexia. *Cortex* (2011). 47, 1197-1218.

d'ordinateur pendant 200 millisecondes, il ne pouvait identifier que certaines des lettres de ces mots. Des exemples de ses réponses sont présentés dans le tableau ci-dessous.

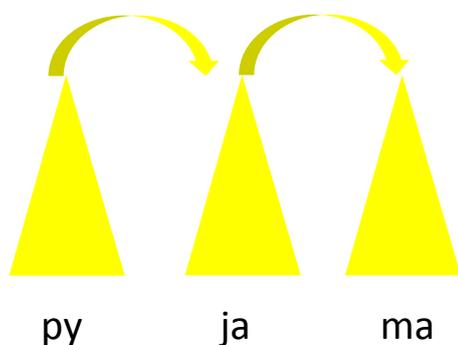
Deux syllabes (5-6 lettres)		Trois syllabes (7-9 lettres)	
Cible	Réponse	Cible	Réponse
crayon	yo	mercredi	c.r.i
souris	s.u.i.s	boucherie	ch
oiseau	a	médecin	din
bague	ge	décembre	mob

Tableau 1 : Réponses de Martial en lecture de mots présentés 200ms

Les réponses de Martial reproduites ci-dessus sont représentatives d'une identification parcellaire des lettres du mot lorsque le traitement est limité à 200 ms. Dans cette situation, on lui demandait de dénommer les lettres identifiées s'il n'était pas capable de « lire » la séquence. La présence de points dans la réponse fait référence à une dénomination lettre à lettre. Ainsi « souris » n'est pas lu « suis » mais les lettres « s », « u », « i » et « s » sont successivement dénommées dans cet ordre suite à la présentation du mot « souris ».

3.1.2. Décodage séquentiel laborieux

Un enfant qui ne parvient qu'à un traitement parcellaire des lettres du mot lorsqu'il tente de l'appréhender globalement va tenter d'adopter une stratégie analytique plus efficace s'il dispose du temps nécessaire pour la mettre en place. Les ressources attentionnelles sont alors concentrées sur un plus petit nombre de lettres. Selon la sévérité du trouble et la quantité de ressources attentionnelles disponibles, des unités plus ou moins larges peuvent être traitées.



Si les ressources attentionnelles ne permettent pas d'identifier l'ensemble des lettres du mot, le traitement se limite à des unités plus petites. La taille de ces unités est contrainte par la quantité de ressources attentionnelles disponibles.

Dans l'exemple ci-contre, on fait l'hypothèse que les ressources attentionnelles sont suffisantes pour traiter deux lettres à la fois.

Un exemple concret : Elise présente un trouble de l'empan visuo-attentionnel sans trouble phonologique associé. Lorsque le mot « baril » lui est présenté, la première réponse donnée est « dial », mais elle n'est pas satisfaite de cette réponse. Elle reprend alors très lentement et décode : « ba » - « ri » - « le ». Pour « cacahuète », elle lit « ca-ca-u-è-te ».

3.1.3. Conséquences en lecture de mots irréguliers

La lecture des mots irréguliers repose sur un traitement global de la séquence du mot. Un trouble de l'empan visuo-attentionnel qui empêche le traitement de l'ensemble de la séquence du mot conduira à de faibles performances en lecture de mots irréguliers.



femme

Une quantité limitée de ressources attentionnelles ne permet pas de traiter l'ensemble des lettres du mot.

Les erreurs seront nombreuses sur les mots irréguliers qui requièrent un traitement simultané de toutes leurs lettres.

Si un traitement analytique est possible, celui-ci conduira à des erreurs de régularisation (femme lu fe-me par exemple)

Mais le traitement analytique lui-même peut être dans certains cas altéré.

Les études de cas d'enfants avec trouble de l'empan visuo-attentionnel que nous avons publiées montrent une baisse de performance significative en lecture de mots irréguliers comparativement aux enfants contrôles. Ces données sont répertoriées dans le tableau ci-dessous. Elles sont comparées à des groupes témoins de même âge réel (moyenne et écart type).

Etudes de cas	Mots IRREG HF		Mots IRREG BF	
	Dyslexique	Contrôles	Dyslexique	Contrôles
Nicolas	15	19.9 (0.3)	8	17.7 (1.3)
AB	8	18.25 (1.54)	4	13.22 (3.88)
PA	10	18.25 (1.54)	2	13.22 (3.88)
Martial	4	17.91 (2.10)	0	12.20 (3.55)
Gaetan	7	18.25 (1.54)	6	13.22 (3.88)

Tableau 2 : Performances en lecture de mots irréguliers de 5 enfants dyslexiques avec trouble de l'empan visuo-attentionnel. Nicolas (cf note 6) ; Martial (note 8) ; PA et AB (Dubois et al., 2010)¹¹ ; Gaetan (Bouvier-Chaverot et al., 2012)¹².

Attention ! bien qu'un trouble de l'empan visuo-attentionnel se traduise par un déficit en lecture de mots irréguliers, tout déficit en lecture de mots irréguliers n'est pas nécessairement la conséquence d'un trouble de l'empan visuo-attentionnel. En effet, des troubles phonologiques peuvent également conduire à une lecture déficitaire des mots irréguliers.

Sur le plan qualitatif, les études que nous avons menées auprès d'enfants dyslexiques qui présentent un trouble de l'empan visuo-attentionnel isolé montrent que les erreurs de régularisation sont fréquentes chez ces enfants. Cependant, les enfants avec trouble de l'empan visuo-attentionnel peuvent également confondre les lettres visuellement proches et faire des erreurs sur les graphèmes longs ce qui peut altérer le décodage et réduire d'autant le nombre de régularisations.

3.1.4. Conséquences en lecture de mots réguliers

Un lecteur expert traite la séquence des lettres d'un mot en parallèle ce qui lui permet d'identifier le mot d'emblée en un temps de présentation extrêmement court (33 ou 50 ms). Un trouble de l'empan visuo-

¹¹ Dubois, M., Kyllingsbaek, S., Prado, C., Peiffer, E., Lassus-Sangosse, D. & Valdois, S. (2010). Fractionating the multi-element processing deficit in developmental dyslexia: Evidence from two case studies. *Cortex*, 46, 6, 717-738.

¹² Bouvier-Chaverot, M., Peiffer, E., N'Guyen Morel, M.A. & Valdois, S (2012). Un cas de dyslexie développementale avec trouble isolé de l'empan visuo-attentionnel. *Revue de Neuropsychologie*, 4, 1, 24-35.

attentionnel ne permet pas la reconnaissance d'emblée des mots familiers. Le mot sera alors décodé analytiquement, ce qui va se traduire par des temps de lecture exagérément longs. Des erreurs peuvent également être observées lors du décodage des mots réguliers.



Une quantité limitée de ressources attentionnelles ne permet pas de traiter l'ensemble des lettres du mot.

Dans le cas des mots réguliers, l'identification d'emblée du mot n'est pas possible.

Si un traitement analytique est possible, le mot pourra être décodé correctement mais la lecture sera lente et laborieuse.

Le traitement analytique peut être dans certains cas altéré, et conduire à des erreurs.

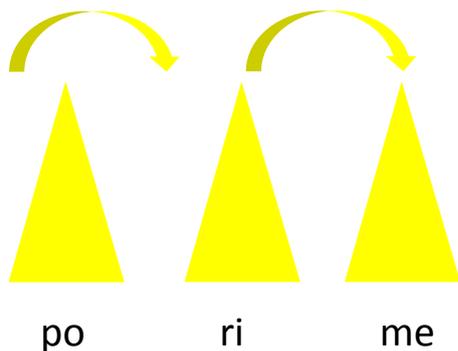


tulipe

En conséquence, un trouble de l'empan visuo-attentionnelle se traduira au mieux par une lecture lente mais correcte des mots réguliers. Selon la sévérité du trouble, des erreurs peuvent également se manifester et affecter le score de lecture. On peut s'attendre à ce que les erreurs soient d'autant plus importantes que le mot renferme des syllabes plus longues et/ou des graphèmes composés de plusieurs lettres. En effet, dans ce cas le traitement des syllabes et des graphèmes mobilise des ressources attentionnelles relativement importantes et requiert un empan visuo-attentionnel plus large.

3.1.5. Conséquences en lecture de pseudo-mots

Même chez le lecteur expert, les pseudo-mots font l'objet d'un décodage sériel qui repose sur le traitement successif des unités qui composent le pseudo-mot. Le décodage repose sur des capacités d'empan visuo-attentionnel limitées puisque l'attention doit se focaliser sur chaque unité successivement. Un déficit de l'empan visuo-attentionnel est de ce fait potentiellement compatible avec une lecture préservée des pseudo-mots. La performance peut cependant varier en fonction de la taille des unités qui composent le pseudo-mot.



Un pseudo-mot tel que « porime » décodé syllabe par syllabe requiert un empan visuo-attentionnel de 2 lettres.

Un décodage lettre à lettre peut également conduire à une réponse correcte, mais très lente.

Il est donc peu probable qu'un trouble de l'empan VA conduise à une lecture erronée de ce type de pseudo-mot.



toinpare

Décoder la première syllabe du pseudo-mot « toinpare » implique un empan visuo-attentionnel couvrant 5 lettres « _O.I.N_ » (le graphème et ses bornes). De plus, l'identification de la lettre qui suit est cruciale puisque OIN correspond au graphème « oin » s'il est suivi d'une consonne mais à « oi »-« n » s'il est suivi d'une voyelle. L'attention doit donc être suffisante pour en assurer la catégorisation (voyelle ou consonne).

Dans les exemples ci-dessus, un trouble de l'empan visuo-attentionnel aura plus de chance de se traduire par des erreurs lors de la lecture de « toinpare » que lors de la lecture de « porime ». D'un point de vue qualitatif, nous avons observé des erreurs de segmentation graphémique chez les enfants qui présentent un trouble de l'empan visuo-attentionnel. Ainsi, le graphème « OIN » segmenté « O » puis « IN » pourra donner lieu à la lecture « to-inpare ».

Donc selon le degré de sévérité du trouble de l'empan visuo-attentionnel et selon les caractéristiques des items, la lecture des pseudo-mots pourra être préservée en terme de score ou donner lieu à des erreurs. Même lorsque la lecture est préservée, des temps de lecture rallongés peuvent s'observer sur les pseudo-mots. On peut en effet s'attendre à ce que les enfants normo-lecteurs utilisent en moyenne des unités de taille supérieure au graphème (telle que les syllabes notamment) lors du décodage des pseudo-mots alors que les dyslexiques avec trouble de l'empan visuo-attentionnel auront le plus souvent tendance à baser leur décodage sur des unités plus petites, ce qui entraînera des temps de lecture plus longs.

Les analyses comparatives¹³ que nous avons effectuées entre groupes d'enfants dyslexiques présentant soit un trouble isolé de l'empan visuo-attentionnel soit un trouble phonologique isolé ont montré que les premiers ne présentent pas nécessairement des performances préservées ni même de meilleures performances en lecture de pseudo-mots. Cette étude portait sur des enfants de 10-11 ans. Une préservation des scores de lecture avec augmentation des temps a par contre été décrite chez des dyslexiques plus âgés. Cependant, les études de groupe montrent clairement que les erreurs de confusion entre phonèmes proches (notamment confusions sourdes-sonores) sont très rares chez les enfants avec trouble de l'empan visuo-attentionnel alors qu'elles s'observent beaucoup plus fréquemment dans le contexte d'un trouble phonologique.

3.2. Comment se manifeste un trouble de l'empan visuo-attentionnel en orthographe ?

Les connaissances orthographiques se mettent en place au cours de l'activité de lecture à travers la mémorisation des unités orthographiques pertinentes (lettres, graphèmes, syllabes, mots). Cette mémorisation dépend en grande partie de la qualité de traitement des séquences de lettres correspondantes et donc, des capacités d'empan visuo-attentionnel des enfants. Un trouble de l'empan visuo-attentionnel aura donc des conséquences majeures sur l'acquisition de l'orthographe d'usage.

Nous avons montré¹⁴ que les capacités d'empan visuo-attentionnel des enfants normo-lecteurs permettent de prédire leur niveau d'orthographe d'usage dès le CP indépendamment de leurs aptitudes phonologiques. Cette relation reste très forte tout au long du primaire.

Les études menées auprès d'enfants dyslexiques présentant un trouble de l'empan visuo-attentionnel sans trouble phonologique montrent qu'ils présentent un déficit majeur de l'orthographe d'usage.

¹³ Zoubinetzky, R., Bielle, F. & Valdois, S. (2014). New insights on developmental dyslexia subtypes: Heterogeneity of mixed reading profiles. *Plos One*, 9(6): e99337. Doi:10.1371/journal.pone.0099337

¹⁴ Bosse, M-L. (2015). Learning to read and spell : how children acquire word orthographic knowledge. *Child Development Perspectives*, 9(4), 222-226.

	Dyslexique	Contrôles
Nicolas	32/66 (48.5%)	58.5 (88.6%)
AB	5/20 (25.0%)	17.33 (86.7%)
PA	8/20 (40.0%)	17.33 (86.7%)
Martial	0/30 (0.0%)	22.00 (73.3%)
Gaetan	11/30 (36.7%)	26.28 (87.6%)

Tableau 3 : Pourcentage de mots correctement orthographiés sous dictée par 5 enfants dyslexiques avec trouble de l’empan visuo-attentionnel.

Les données reportées dans le tableau 3 montrent que les enfants dyslexiques avec trouble de l’empan visuo-attentionnel ont des performances très nettement déficitaires par rapport aux contrôles de même âge réel en dictée de mots.

3.2.1. Conséquences en dictée de mots

Le français étant une langue opaque, la plupart des mots ne peuvent être orthographiés correctement que si l’on dispose d’une mémoire de la séquence des lettres qui les composent. Un trouble de l’empan visuo-attentionnel a pour conséquence d’empêcher cette mémorisation puisque l’empan n’est le plus souvent pas suffisant pour se distribuer sur l’ensemble des lettres du mot. Un déficit de l’empan visuo-attentionnel va donc se traduire par une performance très déficitaire en dictée de mots, notamment irréguliers.

Une étude menée sur un groupe de 24 enfants (âge moyen = 128 mois) avec trouble isolé de l’empan visuo-attentionnel a mis en évidence des performances très faibles en dictée de mots. Les mots dictés étaient de trois types : consistants (e.g., soucoupe), inconsistants (e.g., dentiste) ou exceptions (e.g., monsieur). Leurs scores sont présentés dans le tableau 4 comparativement à ceux d’enfants contrôles de même âge réel.

Dictée	Dyslexiques	Contrôles
Consistants	15.00 (3.00)	19.58 (1.89)
Inconsistants	9.41 (2.55)	17.82 (3.31)
Exceptions	5.00 (3.00)	14.08 (3.49)

Tableau 4 : Performance en dictée de mots d’enfants avec trouble de l’empan VA

Les difficultés s’observent sur tous les types de mots mais l’écart à la norme est d’autant plus marqué pour les mots renfermant des graphèmes peu fréquemment associés aux phonèmes qui les composent (mots inconsistants et exceptions).

Les erreurs observées en dictée sont le plus souvent phonologiquement plausibles en ce sens que la séquence écrite se prononce bien comme le mot dicté mais sans en respecter l’orthographe. Des erreurs du type « acoiriome » pour aquarium, « iverre » pour hiver ou « piat » pour pied, peuvent alors être observées. Même Martial (cf. Tableau 3) qui n’est capable d’écrire aucun des mots dictés correctement, fait des erreurs dont 70% respectent la forme phonologique du mot dicté, ce qui est parfaitement dans la norme des témoins de son âge (m=72.6%, E.T.=9.3). Des exemples d’erreurs de Martial en dictée de mots sont présentés dans l’encadré ci dessous.

ordure	→	ordur	tabac	→	taba
gare		gar	galop		galau
pain		pin	chapeau		chapo
août		out	serpent		serpen
terre		ter	femme		fam
vigne		vign	garçon		garson
hiver		iver	papier		papié

Ces exemples montrent que même des mots simples (considérés consistants) comme « ordure » ou « gare » peuvent donner lieu à des erreurs qui cependant restent conformes à la forme phonologique du mot.

3.2.2. Conséquences en dictée de pseudo-mots

La dictée de pseudo-mots repose essentiellement sur la capacité à identifier les phonèmes qui composent le pseudo-mot dicté et à attribuer une graphie plausible à chaque phonème. En l'absence de trouble phonologique, les enfants dyslexiques avec trouble de l'empan visuo-attentionnel sont capables de réaliser ces opérations et peuvent donc obtenir des performances assez bonnes en dictée de pseudo-mots.

Nous avons décrit des cas de dyslexiques avec trouble de l'empan visuo-attentionnel qui obtenaient des scores dans la moyenne des enfants normo-lecteurs en dictée de pseudo-mots. Ainsi, Nicolas (13 ans) écrit sous dictée 35/40 pseudo-mots correctement ce qui le situe dans la moyenne des témoins (moyenne=36.5 ; ET=2.2).

Cependant, dans d'autres cas, la performance en dictée de pseudo-mots peut se situer dans une moyenne faible et dans certains cas être déficitaire. Ceci est lié au fait que les dyslexiques avec trouble de l'empan VA utilisent souvent des graphies qui correspondent bien au phonème du pseudo-mot dicté mais sans prise en compte du contexte. Des erreurs de ce type sont présentées dans le tableau 5.

Cible	Réponse
savette	savet
copage	copag
tergilone	tergilon
pontaneur	pontaner
abranise	abranis
guérape	gérape
verbette	verberte
samite	samit

Tableau 5 : Réponse en écriture sous dictée de pseudo-mots d'enfants dyslexiques avec trouble de l'empan visuo-attentionnel.

Les erreurs reproduites dans le tableau 5 sont basées sur une segmentation phonémique correcte du pseudo-mot dicté. Face à l'énoncé /samit/ par exemple, l'enfant a bien été capable d'associer un graphème plausible à chacun des phonèmes du mot pour écrire « samit ». Transcrire le son /t/ par « t » est tout à fait correct. L'erreur vient ici de la non application d'une règle orthographique du français qui veut que la consonne finale d'un mot soit en général muette. Quand on lit « it » la prononciation la plus fréquente est /i/ (comme dans partit, lit, écrit, bandit ; mais granit). Donc par convention orthographique, on ajoute un « e » muet final, qui garantit la prononciation de la consonne. De la même façon, transcrire le son /n/ par « n » est parfaitement correct. Mais dans « tergilone » l'ajout du « e » est requis pour éviter toute confusion avec le graphème « on ».

Les erreurs de ce type sont relativement fréquentes chez les enfants dyslexiques avec trouble de l'empan visuo-attentionnel. Elles témoignent d'une non prise en compte des conventions orthographiques du français malgré un traitement phonologique préservé. Il est donc intéressant d'adopter une cotation stricte des performances en dictée de pseudo-mots qui permet une comparaison avec les normes des tests mais de faire également une

deuxième cotation plus large qui ne tienne pas compte des erreurs contextuelles. Selon la cotation stricte, « tergilon » pour « tergilone » est comptabilisé comme une erreur, de même que gérap pour « guérape ». Selon la cotation large, ces productions sont considérées comme phonologiquement plausibles. On souhaite en effet en général apprécier les capacités de traitement phonologique à travers la dictée de pseudo-mots. Or seule la cotation large permet réellement d'appréhender les capacités phonologiques des enfants. D'ailleurs, les erreurs basées sur des confusions sourde-sonore du type « cordone » pour « gordone » ou « terchilone » pour « tergilone » ne sont pas observées dans le contexte d'un trouble de l'empan visuo-attentionnel isolé alors qu'elles sont présentes chez les enfants avec trouble phonologique.

3.3. Quel est l'intérêt d'un outil de diagnostic du trouble de l'empan visuo-attentionnel ?

3.3.1. Absence de matériel permettant de poser un diagnostic fiable de trouble de l'empan visuo-attentionnel

Les travaux dont les résultats ont été présentés précédemment montrent que bon nombre d'enfants dyslexiques présentent un trouble de l'empan visuo-attentionnel sans trouble phonologique associé. Or, aucun test n'est actuellement disponible qui permette de poser un diagnostic de trouble de l'empan visuo-attentionnel avec certitude.

Les orthophonistes qui soupçonnent un trouble de l'empan visuo-attentionnel chez un enfant le font parfois sur la base de l'absence de trouble phonologique. L'observation de performances déficitaires sur certaines épreuves (épreuves visuelles ou de copie de texte) et l'existence d'erreurs visuelles en lecture sont également des éléments pris à l'appui du trouble de l'empan visuo-attentionnel. Or :

- La présence d'un trouble phonologique n'est pas la preuve de l'absence de trouble de l'empan visuo-attentionnel : en effet, nos études montrent que, si un trouble de l'empan visuo-attentionnel est souvent dissocié du trouble phonologique, certains enfants dyslexiques présentent un double déficit touchant à la fois la dimension phonologique et l'empan visuo-attentionnel. Certains enfants avec trouble phonologique présentent donc un trouble associé de l'empan visuo-attentionnel qu'il convient de diagnostiquer car le pronostic et la prise en charge ne sont pas les mêmes en cas de double déficit.
- L'absence de trouble phonologique n'est pas la preuve d'un trouble de l'empan visuo-attentionnel : toutes les études que nous avons menées montrent qu'une proportion non négligeable d'enfants dyslexiques ne présente ni trouble phonologique ni trouble de l'empan visuo-attentionnel. Il y a donc vraisemblablement d'autres déterminants des troubles dyslexiques qui restent à identifier.
- Un trouble de l'empan visuo-attentionnel entraîne des difficultés en copie mais un trouble de la copie n'est pas la preuve d'un trouble de l'empan visuo-attentionnel. Nous avons observé que les enfants dyslexiques avec trouble de l'empan visuo-attentionnel ont des difficultés majeures en copie. En effet, si l'empan est réduit et ne permet de traiter simultanément qu'un nombre limité de lettres, alors un nombre limité de lettres pourra être reproduit lors de la copie. Néanmoins, des difficultés de copie peuvent également s'observer chez les enfants qui présentent un trouble phonologique isolé.
- Certaines batteries d'évaluation (comme la B.A.L.E) incluent des épreuves visuelles (de barrage de cloches, recherche d'intrus, comparaison de séquences) qui peuvent orienter le clinicien vers un déficit de nature visuelle mais aucune de ces épreuves ne permet d'estimer avec fiabilité la présence d'un trouble de l'empan VA.
- Bien que certains cas de dyslexies développementales avec trouble de l'empan visuo-attentionnel aient été décrits comme faisant des erreurs visuelles en lecture, ceci ne semble pas être spécifique d'un trouble de l'empan visuo-attentionnel. L'étude comparative de deux groupes d'enfants avec trouble isolé soit de l'empan visuo-attentionnel soit des capacités phonologiques ne montre pas une plus grande fréquence d'erreurs dites « visuelles » dans un cas que dans l'autre. Ceci pourrait en partie être dû au fait que plusieurs lettres visuellement proches sont également phonologiquement proches.

En conclusion, l'évaluation de l'empan visuo-attentionnel ne peut se faire sur la base de « symptômes » observés dans différentes épreuves non spécifiquement conçues pour mesurer les capacités d'empan VA. Il n'y a pas d'indicateur fiable d'un déficit de l'empan visuo-attentionnel que l'on puisse identifier à travers l'examen classique du trouble dyslexique.

3.3.2. Besoin d'un outil diagnostic spécifique

Le trouble de l'empan visuo-attentionnel est un trouble spécifique du traitement parallèle des informations visuelles. Un diagnostic de trouble de l'empan visuo-attentionnel ne peut être posé que si l'on place l'enfant dans des conditions de traitement parallèle et seulement si l'on s'assure que la performance observée n'est pas le reflet d'autres difficultés de traitement visuel par ailleurs décrites dans la population dyslexique.

Le diagnostic de trouble de l'empan visuo-attentionnel ne peut être posé qu'à partir du test EVADYS. Pour s'assurer que le traitement est bien parallèle, il est en effet nécessaire que le temps de présentation des stimuli à l'écran soit contrôlé et suffisamment court pour empêcher l'enfant d'opérer une saccade oculaire durant la présentation des stimuli. Il est par ailleurs primordial d'éliminer toute interférence potentiellement due à des problèmes de masquage latéral de façon à évaluer spécifiquement le nombre d'éléments visuels distincts qui peuvent être traités simultanément. Cela implique de proposer des stimuli qui sont positionnés avec un espacement suffisant pour garantir une interférence minimale entre les éléments adjacents. Il y a donc des règles strictes de temps de présentation et d'espacement qui ont été adoptées dans EVADYS et qui seules garantissent que l'évaluation porte bien sur l'empan visuo-attentionnel. Ces précautions permettent de garantir la validité d'EVADYS à bien mesurer ce qu'il est censé mesurer, soit l'empan visuo-attentionnel.

Les recherches que nous avons menées permettent en outre d'assurer que les performances sur les épreuves de report ne reflètent ni la capacité des enfants à dénommer les lettres ni leur capacité de mémoire à court terme verbale. Ainsi les mêmes résultats sont obtenus sur des épreuves d'empan de lettres et sur des épreuves non verbales de catégorisation utilisant du matériel non verbal. Par ailleurs, les données de neuroimagerie¹⁵ ont permis de montrer que l'empan visuo-attentionnel est associé à une activation des régions pariétales supérieures que l'on sait être impliquées dans l'attention visuelle et que ces mêmes régions sont sous-activées chez les enfants dyslexiques avec trouble de l'empan visuo-attentionnel. Nous avons également montré que les enfants dyslexiques avec trouble phonologique isolé présentent une activation normale de ces mêmes régions lorsqu'engagés dans les épreuves de report qu'ils réussissent d'ailleurs au niveau des témoins de même âge réel. Les épreuves de report de lettres sont donc aptes à mesurer les capacités d'empan visuo-attentionnel sans engager de traitement de nature phonologique.

3.3.3. Diagnostiquer le trouble pour mieux y remédier

Diagnostiquer un trouble est de peu d'utilité si aucune méthode de remédiation n'est parallèlement proposée. EVADYS est l'outil diagnostic indispensable pour identifier un trouble de l'empan visuo-attentionnel chez un enfant dyslexique. Nous avons validé scientifiquement une méthode de remédiation, COREVA, qui permet d'améliorer les capacités d'empan VA et a montré un transfert positif en lecture. COREVA est proposé aux praticiens avec le logiciel EVADYS.

COREVA comprend une série de 450 exercices qui permettent d'améliorer les capacités d'empan visuo-attentionnel suite à une prise en charge intensive. Nous avons montré que les enfants avec trouble de l'empan VA qui se prêtent à ces exercices améliorent significativement leurs capacités d'empan visuo-attentionnel suite à

¹⁵ Peyrin, C., Démonet, J.F., Baci, M., Le Bas, JF & Valdois, S. (2011). Superior parietal lobe dysfunction in a homogeneous group of dyslexic children with a single visual attention span disorder. *Brain & Language*, 118, 128-138.

l'entraînement. Cette amélioration s'accompagne d'une amélioration significative du niveau de lecture et d'une réactivation des régions cérébrales préalablement sous-activées¹⁶.

COREVA est donc un outil de remédiation validé adapté à la prise en charge des enfants dyslexiques qui présentent un trouble de l'empan VA, isolé ou non.

¹⁶ **Valdois, S., Peyrin, C., Lassus-Sangosse, D., Lallier, M., Démonet, J.F. & Kandel, S. (2014).** Dyslexia in a French Spanish bilingual child: Behavioural and neural modulation following a specific VA span intervention program. *Cortex*, 53, 120-145.

PRESENTATION DE L'OUTIL DE DIAGNOSTIC

1. INTÉRÊTS D'EVADYS

1.1. Diagnostic rapide

EVADYS permet de poser un diagnostic fiable de trouble de l'empan visuo-attentionnel en moins d'un quart d'heure.

Le diagnostic de trouble de l'empan visuo-attentionnel repose sur la passation de deux épreuves de report global et partiel de séquences de consonnes. Cette évaluation s'accompagne d'une épreuve d'identification de lettre isolée permettant d'éliminer des difficultés dès le traitement d'items isolés qui pourraient perturber le traitement des séquences de lettres. Dans ce cas, la performance en report de séquences de lettres ne pourrait être interprétée avec certitude comme témoignant d'un trouble de l'empan visuo-attentionnel. L'évaluation implique donc la passation de trois épreuves. Il s'agit de trois épreuves courtes qui peuvent facilement être réalisées en moins de 5 minutes chacune. Cette évaluation prend donc environ 10-15 minutes au total.

1.2. Evaluation en contexte ludique

Le recours à une épreuve informatisée, la présentation rapide des stimuli et l'utilisation de consonnes uniquement en font un outil ludique qui n'est pas associé à l'activité de lecture.

Les épreuves de report permettant d'évaluer les capacités d'empan visuo-attentionnel sont bien perçues par les enfants (ou adultes) dyslexiques. L'utilisation de l'ordinateur et la présentation rapide des stimuli apparentent davantage le test à un jeu qu'à une épreuve d'évaluation.

Le fait que l'on demande à l'enfant d'identifier et de dénommer des lettres n'évoque pas une situation de lecture classique, d'autant que l'ordre dans lequel les lettres sont dénommées importe peu. Les épreuves sont conçues pour ne pas donner lieu à des effets plafonds. Ainsi même les enfants bons lecteurs ne sont pas capables de dénommer l'ensemble des lettres sans erreur sur l'ensemble des essais. La non identification des lettres ne doit donc pas être vécue comme un échec. Il s'agit ici de donner après chaque essai le nom des lettres qui ont été identifiées sans prétendre à devoir les identifier toutes.

1.3. Lecture immédiate des résultats

Le logiciel propose un récapitulatif des résultats de l'enfant dyslexique avec comparaison automatique de ses performances aux normes en fin de passation. Le clinicien dispose donc immédiatement des informations nécessaires au diagnostic.

EVADYS a été conçu de façon à simplifier la tâche du clinicien en lui offrant immédiatement après la passation des épreuves un récapitulatif des performances de l'enfant. Celui-ci comprend les résultats de l'enfant sur les différentes épreuves et situe sa performance par rapport aux normes d'âge réel. La comparaison aux données normatives se fait automatiquement sur la base de l'information relative à la date de naissance de l'enfant qui est enregistrée préalablement.

EVADYS offre donc un gain de temps au clinicien qui n'a pas à se reporter à des tableaux de données normatives complexes et à effectuer des calculs. La comparaison automatique des scores de l'enfant aux normes permet également d'éviter les erreurs qui ne manquent pas de se produire lorsqu'on travaille dans l'urgence.

1.4. Intégration immédiate des résultats au bilan

Le récapitulatif des résultats et la comparaison automatique aux normes sont présentés sous forme de graphiques directement intégrables au bilan du clinicien.

EVADYS offre au clinicien une présentation des résultats de l'enfant qui est déjà partiellement rédigée et suffisamment claire pour être directement intégrée au compte-rendu du bilan. Là encore le test a été conçu pour que le clinicien bénéficie d'un gain de temps substantiel dans la rédaction de ses conclusions. Le feuillet récapitulatif des résultats est suffisamment clair et suffisamment complet pour être directement utilisable. Il offre l'ensemble des informations nécessaires pour poser un diagnostic de trouble de l'empan visuo-attentionnel. Il revient bien évidemment au clinicien de poser le diagnostic au vu de ces informations et de l'ensemble des autres éléments du bilan d'évaluation.

1.5. Utilisable de la grande section de maternelle à l'âge adulte

Un intérêt majeur d'EVADYS est de permettre une évaluation des capacités d'empan visuo-attentionnel de la grande section de maternelle à l'âge adulte.

EVADYS comprend trois variantes des épreuves de report permettant une estimation des capacités d'empan visuo-attentionnel sur un large éventail d'âges. Il est bien évident que proposer une même épreuve à des enfants de 5 ans et à des adultes se heurte à des problèmes majeurs. Si l'épreuve est adaptée aux enfants de 5 ans, elle sera alors trop facile pour les adultes et réciproquement une épreuve adaptée aux adultes n'est en général pas réalisable à 5 ans. EVADYS évite cet écueil en proposant trois variantes des épreuves de report, de sorte à adapter chaque situation au niveau d'âge concerné. Ainsi, le test garde sa sensibilité quel que soit l'âge de la personne évaluée.

Les épreuves de report que nous proposons pour l'évaluation de l'empan visuo-attentionnel en grande section de maternelle requièrent le traitement de séquences de 4 chiffres. Ce choix a été fait suite à des études qui montrent que le nom des chiffres est mieux maîtrisé que le nom des lettres en grande section de maternelle. Des études préalables ont également montré des effets planchers lorsque 5 éléments étaient simultanément présentés. Nous avons montré que l'utilisation de tâches de report portant sur 4 chiffres en GSM évalue bien les capacités d'empan VA. La performance des enfants de GSM est en outre prédictive de leur performance ultérieure en lecture et orthographe.

Les épreuves de report utilisées tout au long du primaire sont les épreuves classiques basées sur la présentation de 5 consonnes durant 200 ms. On note une évolution des performances au cours du primaire (voir section sur les données normatives) mais ces épreuves sont bien adaptées pour mettre en évidence un déficit chez les dyslexiques. Là encore les performances des enfants sont étroitement corrélées à leur performance en lecture.

Les épreuves de report utilisées au secondaire et chez les adultes ont été adaptées de façon à ne pas aboutir à des effets plafonds après le primaire. On peut pour cela augmenter le nombre d'éléments de la séquence ou raccourcir les temps de présentation. Les épreuves de report global et partiel utilisent des séquences de 6 lettres présentées durant 200 ms à l'écran. Ces épreuves ont été utilisées chez l'adulte et corrélaient avec leurs performances de lecture.

Le clinicien dispose ainsi d'un éventail d'épreuves adaptées à l'évaluation des capacités d'empan visuo-attentionnels à tous les âges.

1.5. Outil de prévention des troubles dyslexiques

EVADYS permet de mettre en évidence très précocement une réduction de l'empan visuo-attentionnel. Il est ainsi possible d'entraîner les enfants dès leur plus jeune âge de façon à améliorer leurs capacités d'empan visuo-attentionnel et prévenir les difficultés d'apprentissage de la lecture.

EVADYS permet dès la grande section de maternelle et durant les deux premières années d'apprentissage de la lecture de repérer les enfants qui présentent un empan visuo-attentionnel réduit avant même que le diagnostic de dyslexie ne puisse être posé. Nous avons montré que l'évaluation des capacités d'empan visuo-attentionnel en maternelle permet de prédire le niveau de lecture des enfants au CP. Ainsi, un enfant qui a de faibles capacités d'empan visuo-attentionnel a de forts risques de rencontrer des difficultés d'apprentissage de la lecture. EVADYS est donc un outil important pour la prévention des troubles de l'apprentissage de la lecture.

La mise en évidence de difficultés à ce niveau chez les très jeunes enfants doit conduire à mettre en place des entraînements spécifiques de nature à améliorer leur empan visuo-attentionnel et leur permettre d'aborder l'apprentissage de la lecture dans de meilleures conditions. Le clinicien peut tout à fait proposer une prise en charge à tout enfant à risque de rencontrer des difficultés d'apprentissage de la lecture, parce que ses aptitudes d'empan VA sont anormalement limitées.

2. LES LIMITES D'EVADYS

2.1. EVADYS n'est pas un outil de diagnostic de la dyslexie

EVADYS permet de poser un diagnostic de trouble de l'empan visuo-attentionnel en contexte dyslexique. Le diagnostic de dyslexie est posé indépendamment selon les nomenclatures internationales en vigueur.

Le diagnostic de dyslexie repose sur la mise en évidence d'un retard significatif de lecture chez un enfant que rien ne prédisposait à rencontrer de telles difficultés puisqu'il présente un niveau intellectuel normal, n'a pas de trouble de l'acuité visuelle ou auditive, a suivi l'école régulièrement, évolue dans un environnement normalement stimulant pour les apprentissages et ne présente pas d'histoire médicale évoquant une atteinte du système nerveux central (épilepsie, lésion...). Le bilan orthophonique comprend des épreuves types et des éléments d'anamnèse qui participent à poser ce diagnostic conjointement aux résultats des bilans psychologiques et médicaux.

Une fois posé le diagnostic de dyslexie développementale, le bilan orthophonique se doit d'évaluer les compétences sous-jacentes que l'on sait déterminantes pour l'apprentissage de la lecture. Pour ce faire, le clinicien dispose d'outils d'évaluation des capacités de langage oral et des aptitudes phonologiques de l'enfant. EVADYS est un outil complémentaire indispensable à l'identification des troubles sous-jacents responsables des difficultés d'apprentissage de la lecture des enfants. Il permet d'estimer les ressources attentionnelles que peut déployer l'enfant lors du traitement de séquences de lettres, ressources indispensables au décodage et à la mémorisation de la séquence orthographique des mots.

2.2. Intégrité des capacités visuelles

Le diagnostic de trouble de l’empan visuo-attentionnel est réservé si l’enfant présente par ailleurs un défaut d’acuité visuelle ou des problèmes oculomoteurs.

Les études concernant les capacités d’empan visuo-attentionnel ont été menées chez des enfants dyslexiques qui ne présentaient pas de trouble de l’acuité visuelle. Il semble par contre assez évident que des troubles de l’acuité visuelle puissent interférer avec la performance sur les épreuves de report de lettres.

Nous avons également montré que les troubles de l’empan visuo-attentionnel dans la dyslexie ne s’accompagnent en général pas de trouble oculo-moteur¹⁷. Néanmoins, rien ne permet d’affirmer que des troubles oculo-moteurs lorsqu’ils sont présents n’interfèrent pas avec les performances de report de séquences de lettres.

Il convient donc de s’assurer que l’enfant ne présente pas de trouble de l’acuité visuelle ou qu’il portait bien ses lunettes de vue lors de la passation des épreuves de report. Il est également important que le clinicien demande une évaluation des aspects oculomoteurs afin d’évaluer l’existence potentielle de problèmes susceptibles d’interférer avec la performance sur les épreuves de report.

La présence de particularités oculo-motrices n’implique pas que l’enfant ne présente pas également un trouble de l’empan visuo-attentionnel. Cependant, ce n’est que lorsque ces problèmes auront été réglés que l’on pourra confirmer le diagnostic de trouble de l’empan visuo-attentionnel.

2.3. Intégrité du traitement visuel des lettres isolées

Le diagnostic de trouble de l’empan visuo-attentionnel n’est posé que si les capacités d’identification des lettres isolées sont préservées.

EVADYS inclut une épreuve de seuil d’identification de lettres isolées. Cette épreuve ne vise pas tant à mesurer si l’enfant connaît le nom de la lettre présentée mais plutôt s’il est en mesure de reconnaître la forme physique de cette lettre en un temps de présentation très court (voir paragraphe suivant). Dans la mesure où le trouble de l’empan visuo-attentionnel est un trouble spécifique du traitement des configurations de plusieurs éléments, un diagnostic de trouble de l’empan visuo-attentionnel implique des capacités préservées d’identification des lettres isolées. On entend ici par identification, des capacités préservées de reconnaissance de la lettre indépendamment du fait que celles-ci puissent ou non être correctement dénommées (voir paragraphe suivant). Le fait de réserver le diagnostic de trouble de l’empan visuo-attentionnel en cas de difficulté à identifier les lettres isolées est une mesure conservatoire.

En fait, des études sont en cours visant à déterminer si un trouble de l’empan visuo-attentionnel est susceptible dans certains cas d’avoir des conséquences néfastes sur l’identification des lettres isolées. En effet, les modèles théoriques supposent qu’en début d’apprentissage l’attention doit se distribuer sur l’ensemble des traits visuels qui caractérisent la lettre afin que celle-ci puisse être mémorisée en tant qu’unité et identifiée efficacement par la suite. Il faudrait alors par exemple traiter simultanément l’oblique droite, l’oblique gauche et la barre verticale pour identifier un A en début d’apprentissage et permettre la mémorisation de l’information relative aux lettres. Si tel est le cas, il nous faudrait alors admettre que les capacités visuo-attentionnelles de traitement parallèle sont également impliquées dans l’identification des lettres isolées. Ne disposant pas aujourd’hui de cette confirmation, il convient au clinicien de rester prudent lorsqu’un enfant présente un trouble de l’identification des lettres isolées associé aux difficultés de report de séquences.

¹⁷ Prado, C., Dubois, M. & Valdois, S. (2007). Eye movements in reading aloud and visual search in developmental dyslexia: impact of the VA span. *Vision Research*, 47, 2521-2530.

2.4. Trouble de la dénomination de lettres

L'empan visuo-attentionnel estime les ressources attentionnelles que l'enfant est capable de mobiliser pour la reconnaissance des lettres qui composent la séquence. Cette mesure doit s'affranchir d'éventuelles difficultés à évoquer le nom des lettres lors du report verbal de l'information.

L'empan visuo-attentionnel ne se veut pas une mesure de la capacité à dénommer des lettres. Le fait de proposer une épreuve contrôle d'identification de lettres isolées permet notamment de déterminer si un enfant a des difficultés à associer ou évoquer le nom de la lettre. Il se peut par exemple que la lettre « M » soit systématiquement dénommée « ène » quel que soit le temps de présentation à l'écran. Il se peut aussi qu'un enfant ne connaisse pas le nom des lettres. Dans ce cas, le report verbal des lettres de la séquence n'est pas un bon indicateur des capacités d'empan visuo-attentionnel de l'enfant.

Le clinicien pourra tenter d'éliminer autant que faire se peut les difficultés de dénomination en demandant par exemple à l'enfant de reproduire par écrit les lettres qu'il aura perçues. On peut également estimer que la réponse « ène » pour « M » est correcte (en ce sens qu'elle renvoie bien à la perception d'un M) si le M est systématiquement dénommé « ène » en présentation isolée aussi bien qu'en séquence. Le rappel du nom des lettres de la séquence reste cependant le moyen le plus simple et le plus efficace de mesurer l'empan VA.

2.5. Trouble de l'attention avec ou sans hyperactivité

Les enfants dyslexiques chez qui des troubles de l'empan visuo-attentionnel ont été mis en évidence ne présentaient pas de trouble associé d'attention avec ou sans hyperactivité (TDAH). Un trouble de ce type pourrait affecter les performances sur les épreuves de report. Les faibles performances de l'enfant sur ces épreuves pourraient alors davantage refléter ses faibles capacités générales d'attention et de concentration sur l'épreuve qu'un trouble spécifique de l'empan visuo-attentionnel. Le diagnostic doit donc être réservé en cas de trouble associé de l'attention. Nous n'avons pas mené d'études sur les conséquences des TDAH sur les épreuves de report.

3. PRÉSENTATION DES ÉPREUVES DE REPORT

Le logiciel EVADYS inclut trois versions des épreuves de report global et partiel dont chacune est adaptée à une tranche d'âge donnée.

3.1. Estimation de l'empan visuo-attentionnel en grande section de maternelle.

Les épreuves « Report Global Chiffres » et « Report Partiel Chiffres » sont proposées aux enfants pré-lecteurs. Elles consistent à présenter des séquences de 4 chiffres pour une durée de 200 ms. L'ensemble des chiffres est dénommé à chaque essai en report global ou seulement un chiffre aléatoirement indiqué en report partiel.

Que ce soit en report global ou en report partiel, les 4 chiffres sont choisis aléatoirement parmi les chiffres de 0 à 9. Ils sont présentés avec un espacement suffisant entre chaque chiffre pour éviter tout masquage latéral. Aucun chiffre n'est répété dans la séquence qui est présentée durant 200 ms au centre de l'écran.

3.1.1. Report global chiffres

Le report global consiste en la présentation d'une séquence de 4 chiffres qui apparaît immédiatement après disparition du point de fixation central. L'ensemble des chiffres identifiés doit être dénommé à la disparition de la séquence (cf. Figure 16). Le clinicien attend que l'enfant ait donné l'ensemble des réponses oralement puis les tape sur le clavier de l'ordinateur. Les réponses sont alors automatiquement enregistrées de façon à obtenir un tableau de résultats dès la fin de l'épreuve.

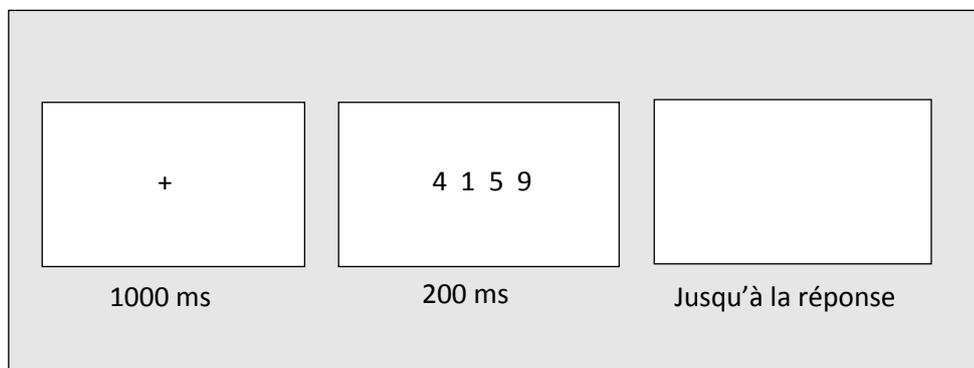


Figure 16 : Illustration d'un essai en report global chiffre

Le nom des chiffres doit être énoncé oralement par l'enfant. Le clinicien tape sur le clavier les chiffres dans l'ordre où ils ont été dénommés. Le logiciel garde une trace de la séquence énoncée mais ne comptabilise que l'identité des chiffres indépendamment de la position dans laquelle ils ont été énoncés. L'espacement entre les chiffres inhibe normalement toute tentative de traiter deux chiffres consécutifs (ou plus) comme un nombre. Quoi qu'il en soit les nombres à deux chiffres ou plus ne sont en général pas connus des enfants de maternelle.

L'épreuve comporte 10 essais d'entraînement constituant le pré-test et 16 essais tests. Le score total est calculé sur 64. Le score de performance par position est également affiché. Il correspond au nombre de chiffres présentés en position P1, P2, P3 et P4 de la séquence qui ont été correctement identifiés.

3.1.2. Report partiel chiffres

En report partiel, chaque essai commence par un point de fixation central suivi d'une séquence de 4 chiffres présentée pendant 200 ms à l'écran. A la disparition de la séquence, apparaît une barre verticale qui indique la position du chiffre qui doit être dénommé (cf. Figure 17). Une seule réponse, correspondant au nom du chiffre indicé est attendue à chaque essai.

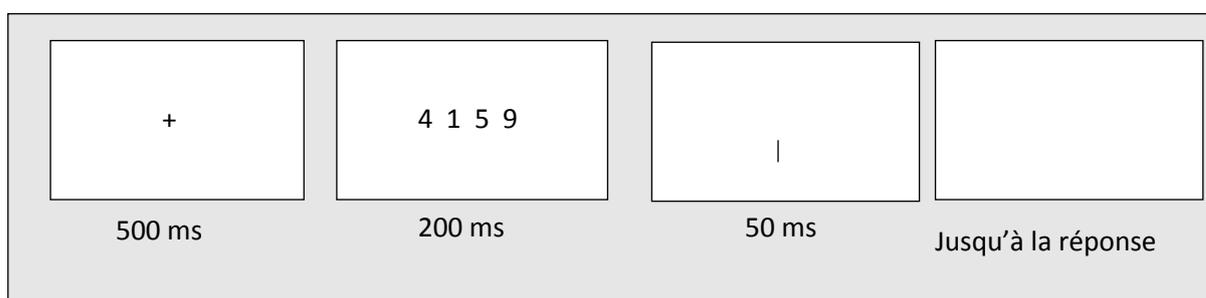


Figure 17 : Exemple d'essai en Report Partiel Chiffres pour la Grande Section de Maternelle

Le clinicien saisit le chiffre énoncé à la fin de chaque essai. Il obtient le score global sur l'épreuve en fin de passation (score sur 32). Les résultats affichés en fin d'épreuve mentionnent également le score par position indiquée (P1, P2, P3 et P4, score sur 8).

3.1.3. Epreuve-contrôle chiffres grande section de maternelle

Les épreuves de report global et partiel sont accompagnées d'une épreuve d'identification des chiffres permettant de s'assurer que l'enfant connaît les chiffres et est capable de les dénommer individuellement. Cette épreuve d'identification n'est pas informatisée. On présente à l'enfant une feuille sur laquelle sont présentés les 10 chiffres de 0 à 9 dans un ordre aléatoire¹⁸. Chaque chiffre est présenté dans un encadré, avec un espacement important entre chaque encadré. On désigne un chiffre après l'autre aléatoirement et on vérifie que l'enfant est capable de dénommer l'ensemble des chiffres. Toute difficulté de dénomination des chiffres isolés rend difficilement interprétables les résultats sur les épreuves de report.

3.2. Estimation de l'empan visuo-attentionnel en primaire.

Les épreuves de report global et partiel proposées au cours du primaire sont constituées de séquences de 5 consonnes présentées pour une durée de 200 ms. L'enfant doit dénommer l'ensemble des lettres en report global et seulement la lettre indiquée à chaque essai en report partiel.

Que ce soit en report global ou en report partiel, les 5 lettres sont choisies aléatoirement parmi 10 consonnes (B, P, T, F, L, M, D, S, R, H). Les séquences ne sont composées que de consonnes dans le but d'éliminer tout traitement cognitif propre à la lecture (concaténation de plusieurs lettres en graphème, transcodage graphème phonème). Les séquences de consonnes n'incluent pas de séquences familières (HLM, CH) et ne correspondent pas au squelette d'un mot existant (CMPTR pour compteur par exemple). Ainsi, chaque lettre doit être identifiée individuellement sans influence lexicale potentielle. De plus, l'identification d'une lettre n'apporte aucun indice sur l'identification des autres lettres de la séquence : le fait d'avoir identifié le H dans « HRDSF » ne donne aucun indice sur la nature des autres lettres de la séquence. Les enfants ne sont pas avertis du fait que le choix se fait parmi 10 consonnes ; dans la mesure où l'épreuve ne comporte que 20 essais tests, ils ne prennent en général pas conscience du nombre limité de choix possibles. L'estimation des comportements où l'enfant tente de deviner sans avoir traité l'identité de la lettre montre que ces comportements sont exceptionnels. L'enfant n'est pas non plus averti explicitement lors de la consigne du nombre de lettres de la séquence et du fait que ce nombre est fixe sur l'ensemble des essais. Les lettres sont espacées les unes des autres de façon à réduire les effets de masquage latéral.

3.2.1. Report global 5 Lettres

Les lettres sont présentées suite à la disparition du point de fixation central pour une durée de 200 ms (cf. Figure 18). Après disparition de la séquence de lettres à l'écran, l'enfant énonce l'ensemble des noms des lettres qu'il a identifiées. Le clinicien saisit l'information sur le clavier de l'ordinateur dès que l'enfant a terminé son énoncé oral. Les lettres sont tapées dans l'ordre où elles ont été énoncées. La cotation ne tient pas compte de l'ordre dans lequel les lettres sont énoncées mais seulement de leur identité. Ainsi, la réponse « FT » pour la séquence « PSFHT » donne un point supplémentaire en position P3 et P5.

¹⁸ Document disponible en tout début du manuel

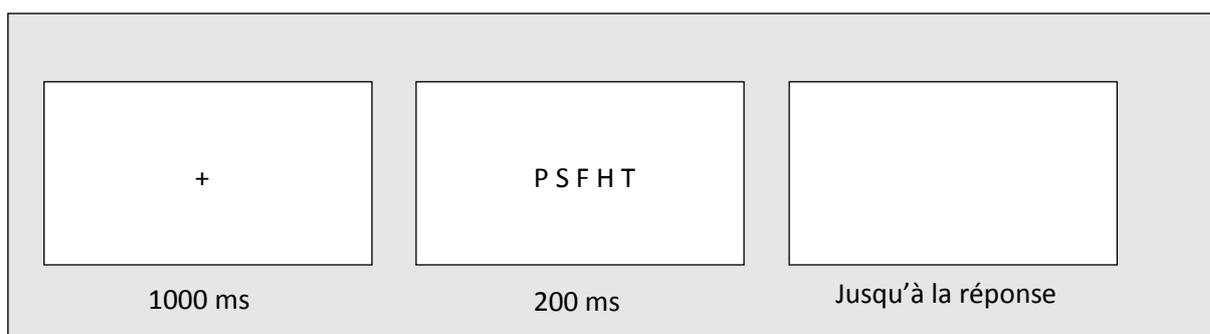


Figure 18 : Illustration d'un essai en report global 5 lettres

L'épreuve comprend 10 essais de pré-test suivis de 20 essais tests en report global. Le score est donc calculé sur 100 lettres à dénommer (20 essais de 5 lettres). Un score par position (/20) est également indiqué en fin de passation pour l'ensemble des cinq positions de la séquence.

3.2.2. Report partiel 5 Lettres

La séquence de 5 lettres est présentée suite à la disparition du point de fixation central pour une durée de 200 ms. A la disparition de la séquence de lettres, apparaît une barre verticale qui indique la position de la lettre dont le nom doit être énoncé (cf. Figure 19). Le clinicien tape le nom de la lettre énoncé par l'enfant après chaque essai.

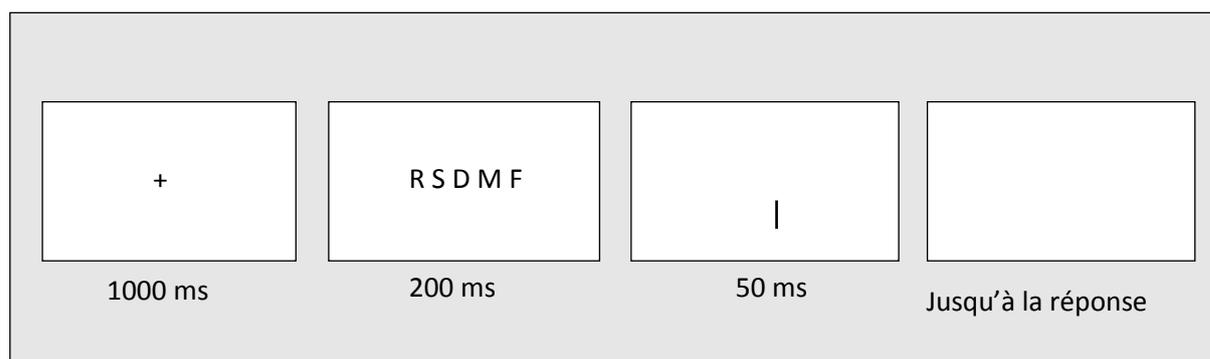


Figure 19 : Illustration d'un essai en report partiel 5 lettres

L'épreuve comprend 10 essais de pré-test suivis de 50 essais tests. Le score est calculé sur les 50 lettres indicées à dénommer. Un score par position est également calculé correspondant au nombre de lettres correctement identifiées par position sur les 10 lettres indicées dans chaque position.

3.2.3. Epreuve-contrôle de seuil de lettre

Dans cette épreuve, le point de fixation central est suivi de la présentation d'une seule lettre qui est brièvement présentée à l'écran (cf. Figure 20). Les temps de présentation varient aléatoirement parmi 5 temps possibles (33, 50, 67, 84 et 100 ms). La présentation de la lettre est suivie d'un masque qui reste à l'écran pendant 150 ms. L'enfant doit dénommer la lettre après disparition du masque.

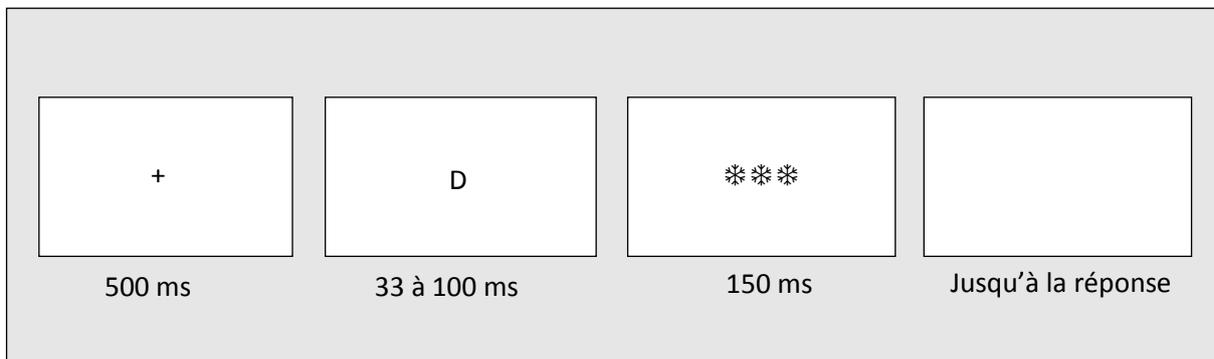


Figure 20 : Illustration d'un essai en seuil d'identification de lettre isolée.

Il est assez difficile pour les enfants du primaire d'identifier une lettre en 33 ms mais plus rares sont ceux qui n'y parviennent pas en 100 ms. Le score est établi pour chaque temps de présentation suite à la saisie par le clinicien de la réponse de l'enfant. Dix lettres sont proposées pour chacun des temps, conduisant à un total de 50 essais. EVADYS propose un score sur 10 pour chaque temps proposé. Le seuil d'identification de lettres correspond au temps le plus court permettant d'obtenir au moins 80% de réponses correctes.

3.3. Estimation de l'empan visuo-attentionnel au secondaire et chez l'adulte.

Deux épreuves de Report Global 6 lettres et Report Partiel 6 lettres sont utilisées pour estimer l'empan VA à partir du secondaire. Les épreuves sont plus difficiles qu'au primaire de façon à éviter tout effet plafond. La tâche contrôle de seuil de lettre est également proposée.

3.3.1. Report global 6 Lettres

L'épreuve de report global 6 lettres consiste en la présentation d'une séquence de 6 consonnes qui respectent les mêmes contraintes que pour les versions 5 lettres précédemment décrites en primaire. La séquence est affichée au centre de l'écran pour une durée de 200 ms (cf. Figure 21).

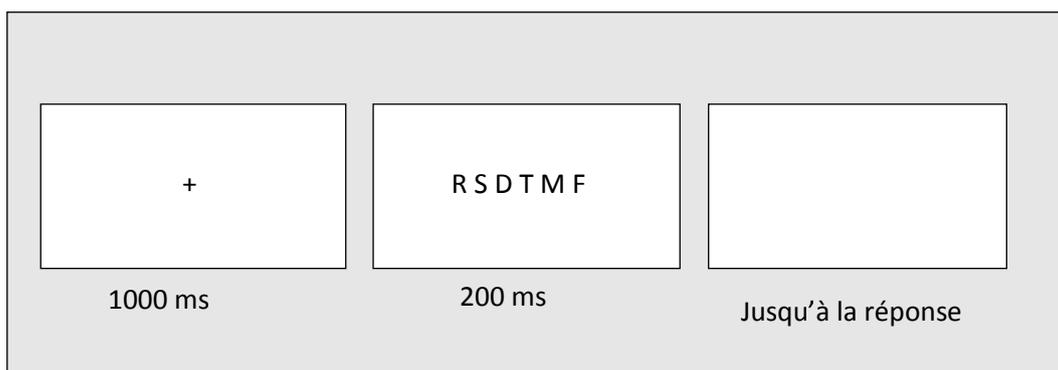


Figure 21 : illustration d'un essai en report global 6 lettres

Les consonnes de la séquence sont choisies aléatoirement parmi 12 consonnes possibles (RTPSFHBLDNVC). L'épreuve comprend 10 essais d'entraînement puis 24 séquences sont présentées en test. La réponse est donnée oralement et saisie par le clinicien après la fin du report oral. Comme précédemment le nombre de lettres correctement identifiées est calculé sur l'ensemble des essais (score sur 144) et pour chacune des positions de la séquence (score sur 24).

3.3.2. Report partiel 6 Lettres

L'épreuve de report partiel 6 lettres est identique à l'épreuve de report global 6 lettres, si ce n'est qu'une barre verticale est présentée suite à la disparition de la séquence, qui indique la position de la lettre dont le nom doit être énoncé (cf. Figure 22).

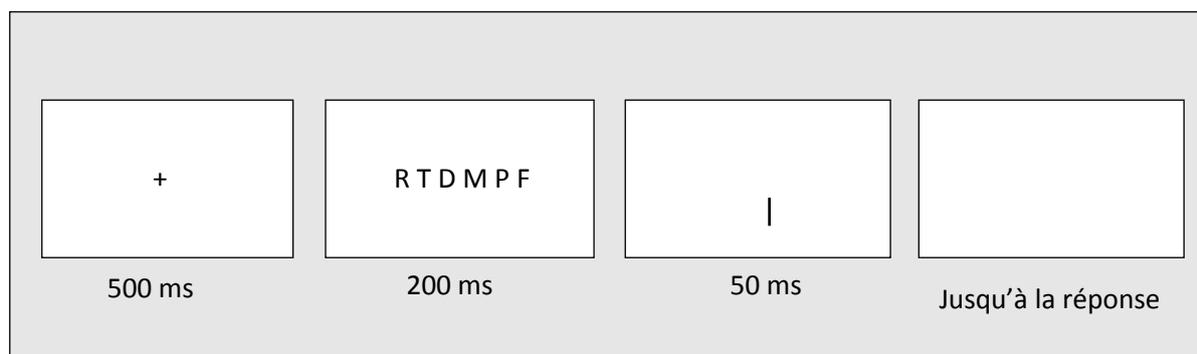


Figure 22 : Illustration d'un essai en report partiel 6 lettres (adolescents et adultes)

L'épreuve comprend 72 séquences tests précédées de 10 essais d'entraînement et nécessite le report oral d'une lettre à chaque essai. Douze lettres sont indicées par position dans un ordre aléatoire.

4. CONDITIONS DE PASSATION

4.1. Dispositif

Un certain nombre de règles doivent être respectées afin de se mettre dans les conditions requises pour la comparaison aux données normatives.

Règle 1 : Les yeux de l'enfant sont à la hauteur du centre de l'écran, là où seront présentés successivement le point de fixation et les séquences de lettres.

Règle 2 : La distance des yeux à l'écran est de 50 centimètres. L'enfant doit conserver la même distance à l'écran tout au long de la passation.

Règle 3 : La passation s'effectue dans une pièce modérément éclairée. L'enfant ne fait pas face à une source de lumière forte (fenêtre, éclairage). La lumière ambiante garantit qu'il n'y a pas de reflet sur l'écran susceptible de gêner le traitement des lettres.

Règle 4 : L'enfant fixe le point central au début de chaque essai et doit maintenir son regard dans cette position tout au long de la passation. Le clinicien s'assure qu'il n'effectue pas de saccade oculaire en cours de passation.

4.2. Durée de passation et pré-tests

La passation des deux épreuves de report global et partiel et de l'épreuve contrôle de seuil de lettres isolées prend environ 15 minutes. Chaque épreuve commence par une phase de pré-test qui permet de vérifier la compréhension de la consigne et le respect des conditions de passation.

Le temps de présentation des items est fixe et rapide. Cependant le temps de passation global de l'épreuve peut varier d'un enfant à l'autre. Il faut en effet s'assurer que la consigne est bien comprise. Les essais de pré-test qui

précèdent les essais expérimentaux qui seuls seront pris en compte dans l'estimation de l'empan VA ont pour objectif de s'assurer que l'enfant a bien compris la consigne et qu'il respecte bien les conditions de passation requises (distance à l'écran fixe, yeux fixés au centre de l'écran). Nous n'avons que très exceptionnellement observé des difficultés de compréhension de la consigne ou le non-respect des conditions de passation chez les enfants. Cette phase n'est donc pas censée poser problème.

Par ailleurs, chaque épreuve comprend une série de 10 essais qui constituent le pré-test. Le temps de présentation de chaque essai est prédéfini mais c'est à chaque fois le clinicien qui lance l'essai suivant. Ainsi, le clinicien peut utiliser le temps entre chaque essai du pré-test pour répéter la consigne, corriger la position de l'enfant et/ou préciser tout point qui mériterait de l'être. Les 10 essais d'entraînement sont normalement largement suffisants pour préparer l'enfant aux conditions de test.

Un fois le pré-test terminé, un écran s'affiche annonçant la passation du test. C'est le clinicien qui lance la passation manuellement. Suite à la présentation de chaque séquence, l'enfant énonce verbalement le nom de la lettre indiquée ou des lettres qu'il a identifiées. Le temps de présentation à l'écran est limité mais le temps de dénomination de la ou des lettres ne l'est pas. Des variations du temps de report oral peuvent donc également influencer sur le temps total de passation. Cependant, le temps annoncé de 15 minutes au total est une estimation à partir des temps que nous avons généralement observés chez les enfants témoins. Les enfants dyslexiques qui présentent un trouble de l'empan VA énoncent en général moins de lettres et ne présentent donc pas des temps d'énonciation plus élevés.

4.3. Mise en condition

Comme pour tout examen, il convient de s'assurer que l'enfant est dans de bonnes conditions pour effectuer les épreuves de sorte que ses résultats pourront être interprétés avec fiabilité.

Mise en confiance : l'enfant doit avoir établi une bonne relation avec l'évaluateur. Celui-ci a pris le temps de discuter avec lui et de lui poser quelques questions générales sur le fait qu'il ait ou non un ordinateur à la maison ou ait l'occasion d'en utiliser un en classe, sur son habitude des jeux vidéo (les joueurs de jeux vidéo d'action peuvent avoir des capacités d'empan VA supérieures à celles des non-joueurs).

Etat de vigilance : l'enfant doit être dans un bon état de vigilance au moment de l'examen. Il vaut mieux différer l'examen si l'enfant a une raison d'être particulièrement fatigué et peu attentif. Si l'examen est inclus dans une session d'évaluation complète incluant de nombreuses épreuves, il est préférable de ne pas proposer les épreuves d'empan VA en fin d'évaluation.

Passation successive de l'ensemble des épreuves : Il est préférable de passer l'ensemble des épreuves qui permettent une estimation de l'empan VA (report global et partiel et épreuve contrôle) à la suite. L'épreuve de seuil de lettres est proposée intercalée entre les deux épreuves de report de façon à bien différencier les consignes des deux épreuves. On commencera plus naturellement par l'épreuve de report global.

Passation complète de l'ensemble des épreuves : Les données sur une seule épreuve ne sont pas ou difficilement interprétables. Il convient donc de passer l'ensemble des épreuves requises quel que soit le niveau de difficulté de l'enfant (sauf cas extrême évidemment : non connaissance des lettres/chiffres, non perception de la barre verticale en report partiel...). Même si l'enfant ne peut dénommer qu'une ou deux lettres en report global, il convient de l'encourager à continuer. Il est de toute façon très difficile de rappeler l'ensemble des 5 lettres, il faut donc mettre l'enfant à l'aise. Ce qui compte c'est qu'il dise ce qu'il a vu à chaque essai.

4.4. Déroulement de la passation

Le clinicien lance le logiciel et rentre les informations concernant l'enfant, il s'arrête lorsque l'écran « Passation pré-test » s'affiche. Il installe l'enfant devant l'ordinateur et vérifie que les conditions sont remplies pour une bonne passation (respect de la distance à l'écran, absence de source de lumière interférente, ... voir sections 4.1 et 4.3). Il énonce ensuite la consigne (section 4.5).

Passation pré-test :

Suite à l'énoncé de la consigne, le clinicien lance le premier essai de pré-test. Il commente ce qui se passe, la petite croix, la séquence de chiffres/lettres, (la petite barre en report partiel) puis demande à l'enfant de dénommer les lettres ou les chiffres qu'il a vus. Il encourage l'enfant à être très attentif parce que ça va vite. Cette phase de description de ce qui se passe peut être répétée si nécessaire. Il se peut que l'enfant ne voie rien lors du premier essai parce qu'il ne s'attend pas à la rapidité de l'affichage. Notamment la barre présentée suite à la séquence de chiffres lors du report partiel peut ne pas être vue lors du premier essai.

On passe ensuite au second essai puis aux suivants. Les 5 essais suivants ont surtout pour objectif de corriger la position de l'enfant par rapport à l'écran si nécessaire. Il faut s'assurer que l'enfant dise bien tout ce qu'il a vu en report global. L'examineur peut préciser que c'est difficile et qu'il est normal de ne pas voir tous les chiffres/lettres de la séquence. Il ne doit pas encourager l'enfant à deviner. Si l'enfant ne donne qu'un chiffre/lettre ou deux, lui dire les autres chiffres/lettres qui étaient présents pour l'inciter à faire davantage attention. En report partiel, il faut insister sur la petite barre et le fait de ne devoir dire que le chiffre/lettre qui est au-dessus de la barre.

L'enfant doit normalement effectuer assez rapidement l'épreuve dans les conditions requises. On est donc censé intervenir de moins en moins plus on avance dans le pré-test. Normalement, les derniers essais sont effectués sans intervention du clinicien.

Passation des essais tests :

A la fin des 10 essais de pré-test, le clinicien lance les séquences tests. Il ne répète pas la consigne entre la fin du pré-test et le début du test. Il précise simplement qu'il devra taper sur le clavier les réponses données par l'enfant après chaque essai. Il ne fait pas de remarques sur les réponses données par l'enfant mais adopte une attitude positive et encourageante.

Chaque essai est lancé manuellement par l'examineur, il est donc possible si nécessaire, de rappeler la consigne de bien fixer la petite croix entre les essais et de corriger la position si elle n'est pas totalement respectée. On encourage l'enfant entre les essais, on lui dit de faire bien attention et on le félicite pour ses réponses (quelles qu'elles soient).

L'ensemble des essais de report global et de report partiel est passé d'une traite. Même si la commande manuelle laisse la liberté au clinicien de ménager une pause entre les essais, cela n'est pas recommandé et ne doit intervenir que de manière exceptionnelle. Il est important que l'enfant se concentre durant la passation et reste bien dans la tâche tout au long de l'épreuve.

Même en cas de difficulté majeure, il est important d'effectuer l'ensemble des passations (report global, seuil de lettre et report partiel) pour tous les enfants.

4.5. Consignes

Les consignes sont énoncées avant le début de la passation des épreuves. Les items proposés en pré-test permettent de vérifier que la consigne est comprise et respectée.

Au cours des pré-tests, on encourage l'enfant à faire de son mieux et on insiste pour qu'il maintienne bien son regard fixé au centre de l'écran (lieu du point de fixation). On peut lui donner un feedback sur ses réponses pour l'inciter à se concentrer davantage sur la tâche. Au cours de la passation des items tests, il est recommandé d'encourager l'enfant et de lui rappeler régulièrement de bien fixer le centre de l'écran. Aucun feedback ne lui est donné sur la qualité de ses réponses.

Consigne pour l'épreuve de report global chiffres

Regarde bien au centre de l'écran. Tu vas voir apparaître une petite croix. Il faut bien la regarder. Elle va très vite être remplacée par une séquence de chiffres. Tu dois regarder très attentivement parce que les chiffres vont disparaître très vite. Il faut me dire tous les chiffres que tu as vus.
Je vais te montrer comment ça se passe. Tu es prêt ?

Consigne pour l'épreuve de report partiel chiffres

On va faire un autre jeu qui ressemble beaucoup à ce que tu as fait tout à l'heure. Tu vas voir apparaître une petite croix et une séquence de chiffres comme tout à l'heure. La différence, c'est qu'une petite barre va apparaître à l'écran sous un des chiffres. Il faut me dire le chiffre qui est au-dessus de la barre. Tu dois me donner seulement un chiffre à chaque fois, celui qui est au-dessus de la barre. Tu dois regarder très attentivement parce que ça va vite, les chiffres disparaissent très vite et la barre elle-aussi ne reste que très peu de temps à l'écran. Donc à chaque fois, tu me dis seulement le chiffre qui est au-dessus de la barre.
Je vais te montrer comment ça se passe. Tu es prêt ?

Consigne pour l'épreuve de report global lettres

Regarde bien au centre de l'écran. Tu vas voir apparaître une croix. Il faut bien la regarder. Elle va très vite être remplacée par une séquence de lettres. Les lettres ne restent affichées que très peu de temps. Il faut faire bien attention et me dire toutes les lettres que tu as vues.
On va commencer par quelques essais. Tu es prêt ?

Consigne pour l'épreuve de report partiel lettres

On va faire une autre épreuve qui ressemble beaucoup à ce que tu as fait tout à l'heure. Ici aussi, tu vas voir apparaître une croix puis une séquence de lettres qui disparaît rapidement. La différence, c'est qu'une petite barre va apparaître à l'écran sous une des lettres. Il faut me dire le nom de la lettre qui est au-dessus de la barre. Tu dois me donner une seule lettre à chaque fois, celle qui est au-dessus de la barre. Il faut regarder très attentivement parce que ça va vite, les lettres disparaissent très vite et la barre elle-aussi ne reste que très peu de temps à l'écran. Donc pour chaque séquence, tu me dis quelle est la lettre qui est au-dessus de la barre.
Je vais te montrer comment ça se passe. Tu es prêt ?

Consigne pour l'épreuve de seuil de lettres

Dans cette épreuve, je te demande de me dire quelle est la lettre qui est présentée à l'écran. Une seule lettre apparaîtra à chaque fois mais elle est présentée pendant un temps très court. Le temps varie au cours des essais, la présentation est quelquefois si rapide qu'il est extrêmement difficile de voir la lettre, d'autres fois ce sera plus facile car elle reste plus longtemps à l'écran. Au début tu vas voir une croix au centre de l'écran, il faut la regarder très attentivement. Ensuite une lettre est présentée très vite et elle est immédiatement cachée par une forme qui ressemble à trois flocons de neige. Tu dois me dire quelle est la lettre qui a été affichée. Il faut essayer de me le dire même si tu n'es pas tout à fait sûr. Je veux savoir à quelle lettre tu as pensé même quand tu ne l'as pas bien vue. On va faire quelques essais ensemble. Tu es prêt ?

4.6. Saisie des données

Les réponses orales de l'enfant sont saisies par le clinicien sur le clavier de l'ordinateur après chaque essai. Ceci permet un traitement automatisé des réponses et l'affichage à l'écran des résultats à la fin de passation des épreuves.

Il est recommandé de placer le clavier en face du clinicien de façon à ce que l'enfant reste bien face à l'écran et ne modifie pas sa position lors de la saisie des réponses.

A la disparition de la séquence des lettres ou de l'indice de position, l'enfant produit oralement le nom de la lettre (chiffre) indiquée en report partiel ou le nom de toutes les lettres (chiffres) qu'il a pu identifier en report global. Le clinicien attend que l'enfant ait produit l'ensemble des réponses pour l'essai avant de les saisir sur le clavier de l'ordinateur (validation avec la touche « entrée »). Il est très important que l'énoncé du nom des lettres soit terminé quand le clinicien commence à les saisir. Il ne faut pas créer d'interférence au cours de la réponse en attirant l'attention de l'enfant sur les lettres du clavier.

Il est d'ailleurs recommandé lorsque cela est possible de positionner le clavier de sorte que les réponses puissent être saisies hors de la vue des enfants. On peut utiliser un clavier annexe si la passation se fait sur un ordinateur portable.

Pour les mêmes raisons, il est préférable que ce soit le clinicien qui tape les réponses même dans le cas d'adolescents ou de jeunes adultes et non les patients eux-mêmes.

4.7. Cotation

EVADYS inclut un algorithme de cotation qui permet d'obtenir automatiquement les résultats de l'enfant en fin de passation.

L'algorithme comptabilise un point pour chaque nom de lettre (ou chiffre) énoncé qui correspond effectivement à une des lettres de la séquence présentée (report global) ou à la cible indiquée (en report partiel). On compte donc 0 point pour toute lettre non identifiée ou incorrectement dénommée. Lorsqu'une même lettre est répétée deux fois dans la réponse de l'enfant, seulement un point est comptabilisé si cette lettre faisait effectivement partie de la séquence.

Cela permet d'obtenir pour chaque épreuve de report, le nombre total de lettres (ou chiffres) correctement identifiés par l'enfant. Les scores correspondent au nombre total de lettres/chiffres identifiés au cours des différents essais tests en report global et au nombre de lettres/chiffres indicés correctement identifiés en report partiel.

Outre le score total, les résultats affichés mentionnent également le score obtenu par position, soit le nombre de lettres/chiffres correctement identifiés selon la position qu'ils occupaient initialement dans la séquence (P1, P2, P3, P4 et P5). C'est le nombre de fois où une lettre/chiffre présenté(e) dans chacune des positions P1, P2, P3, P4 ou P5 de la séquence a été correctement identifié(e) qui est comptabilisé. Tel que mentionné précédemment,

c'est la position initiale de la lettre dans la séquence qui est prise en compte et non sa position dans l'énoncé de l'enfant. Ainsi, la réponse « FDMHL » pour « DMLRH » conduira à incrémenter d'un point les scores pour les positions P1, P2, P3, et P5. Si la réponse « RHD » est obtenue pour la même séquence, un point supplémentaire sera comptabilisé pour les positions P1, P4 et P5. Cette cotation permet de dresser le profil de réponse par position de l'enfant/adulte pour les épreuves de report global et partiel. EVADYS produit un graphique avec comparaison aux normes qui est directement interprétable par le clinicien.

Pour l'épreuve contrôle de seuil d'identification, c'est le nombre de lettres correctement identifiées pour chacun des temps de présentation qui est comptabilisé. Le seuil correspond alors au temps de présentation minimum pour lequel l'enfant a pu identifier au moins 80% des lettres présentées.

Dans la tâche de dénomination de chiffres, le clinicien doit comptabiliser le nombre de chiffres correctement énoncés par l'enfant. Un score de 8/10 est considéré suffisant pour prendre en compte les résultats sur l'épreuve de report de chiffres en grande section de maternelle.

4.8. Présentation des résultats

Les résultats sont présentés à travers 4 onglets :

1- **Résumé** : présente les conclusions des trois épreuves sous la forme de phrases intégrables directement au bilan.

Apparaît également le Résultat global sous la forme d'un score composite.

Il s'agit ici de la moyenne des scores du report global et du report partiel. Cette mesure composite correspond à l'estimation des capacités d'empan visuo-attentionnel de l'enfant.

Evadys

Passation 2 - 28/06/2017 CM2

Résumé Report global Report partiel Seuil de lettres

Seuil de lettres
Le patient ne présente pas de trouble d'identification de lettres isolées.

Empan report global 5 lettres
Avec un empan visuo-attentionnel pour le report global de 3.65, le patient fait partie des 5% des individus les plus faibles de cette épreuve dans la tranche d'âge considérée.

Empan report partiel 5 lettres
Avec un empan visuo-attentionnel pour le report partiel de 4.4, le patient se situe dans la norme des témoins ou au-dessus.

Résultat Global
Avec un empan visuo-attentionnel composite de 4.03, le patient a obtenu un score inférieur au quinzième centile. Il fait partie des individus qui présentent un empan visuo-attentionnel faible.

Quitter Nouvelle passation Activités Manuel Coreva

2- **Report global** : présente les graphiques avec le score du patient et la répartition de la population de référence pour :

- Score total report global
- Séquences complètes
- Position 1 – Position 5 (ou jusqu'à Position 6, selon le niveau)
- Valeur de l'empan en report global

Il s'agit de l'estimation du nombre moyen de lettres correctement identifiées pour chaque séquence de X lettres.

NB : dans chaque graphique, la moyenne s'affiche au passage de la souris sur le



En cliquant sur « voir les détails », vous avez accès aux tableaux avec le détail des réponses à chaque item.



3- **Report partiel** : présente les graphiques avec le score du patient et la répartition de la population de référence pour :

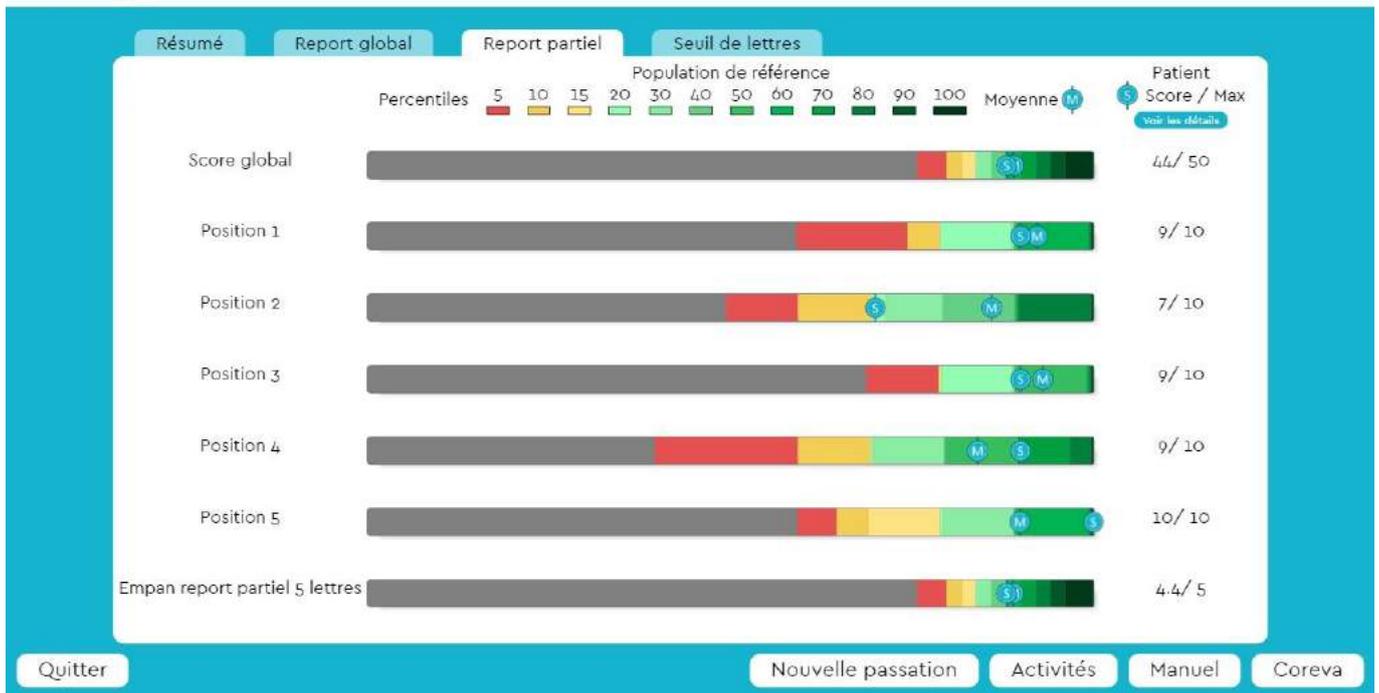
- Score total report partiel
- Position 1 – Position 5 (ou jusqu'à Position 6, selon le niveau)
- Valeur de l'empan en report partiel

Il s'agit, comme précédemment, de l'estimation du nombre moyen de lettres correctement identifiées pour chaque séquence de 5 lettres. Dans la mesure où le patient ne connaît pas à l'avance la position de la lettre qui va être indiquée, son attention doit se porter sur l'ensemble des 5 lettres de la séquence. Le score sur la lettre indiquée donne donc une estimation de la capacité d'identification sur l'ensemble des lettres.

NB : dans chaque graphique, la moyenne s'affiche au passage de la souris sur le



En cliquant sur « voir les détails », vous avez accès aux tableaux avec le détail des réponses à chaque item.



4- **Seuil de lettres** : présente les graphiques avec le seuil en millisecondes du patient et la répartition de la population de référence.

Le seuil correspond au temps de présentation le plus court ayant conduit à au moins 80% de bonnes réponses. Un temps de 150 ms indique qu'aucune série n'a été effectuée à au moins 80%.

NB : dans le graphique, la moyenne s'affiche au passage de la souris sur le M

En cliquant sur « voir les détails », vous avez accès aux tableaux avec le détail des réponses à chaque item.



5. DONNÉES NORMATIVES

5.1. Population de référence

Les données normatives ont été établies sur un échantillon de 1009 personnes. L'effectif par groupe de niveau est présenté dans le tableau 6.

Niveau		Effectif	Age réel (ET)	Min-Max	Age lexique (ET)	Min-Max
GSM		130	70.5 (3.3)	65-76		
CP		118	82.5 (3.4)	77-88	85.8 (7.9)	76-110
CE1		125	92.2 (3.5)	86-98	96.1 (11.8)	78-130
CE2		100	106.2 (3.7)	99-112	103.9 (13.3)	84-138
CM1		114	115.8 (5.0)	107-129	116.4 (18.2)	87-176
CM2	F	72	131.9 (4.6)	120-148	127.0 (18.7)	96-171
	H	73	131.9 (6.1)	116-148	127.3 (21.0)	92-171
Collège	F	71	149.2 (9.3)	132-177	138.2 (21.4)	109-176
	H	69	148.3 (9.8)	120-170	137.9 (20.7)	104-176
Adultes	F	105	243.6 (26.1)	210-363	162.3 (20.5)	110-176
	H	51	260.8 (33.1)	216-347	152.8 (24.3)	116-176

Tableau 6 : caractéristiques de la population sur laquelle ont été établies les données normatives.

Les effectifs vont de 100 élèves pour le niveau CE2 à 156 pour la population adulte. Les participants ont été recrutés dans les écoles et collèges situés dans l'agglomération grenobloise et sa périphérie. Les collégiens sont issus de classes de 6ème et 5ème. Les jeunes adultes sont essentiellement des étudiants, ils ne sont donc pas représentatifs de la population générale des jeunes adultes. Chaque groupe d'élèves est issu de plusieurs classes (au minimum 6 classes différentes). Leur âge réel est exprimé en mois, ainsi que l'écart-type et les niveaux minimum-maximum d'âge chronologique pour les différents groupes de sujets. Les âges-lexiques ont été calculés à partir du test « L'Alouette » (Lefavrais, 1965). Ils sont également exprimés en mois. Les niveaux d'âge lexique pour les collégiens et les adultes sont à prendre avec précaution. En raison des limites du test de l'Alouette dont les normes s'arrêtent à 14 ans, les niveaux des collégiens et des adultes sont sous-estimés et non directement comparables aux niveaux antérieurs. Les enfants de grande section de maternelle étaient tous pré-lecteurs.

5.1.1. Performances en grande section de maternelle

Les performances observées sur les épreuves de report global et partiel 4 chiffres, et le score moyen calculé sur les deux épreuves suivent une loi normale.

Les profils de performances en report 4 chiffres sont présentés dans la Figure 23 pour le report partiel et le report global.

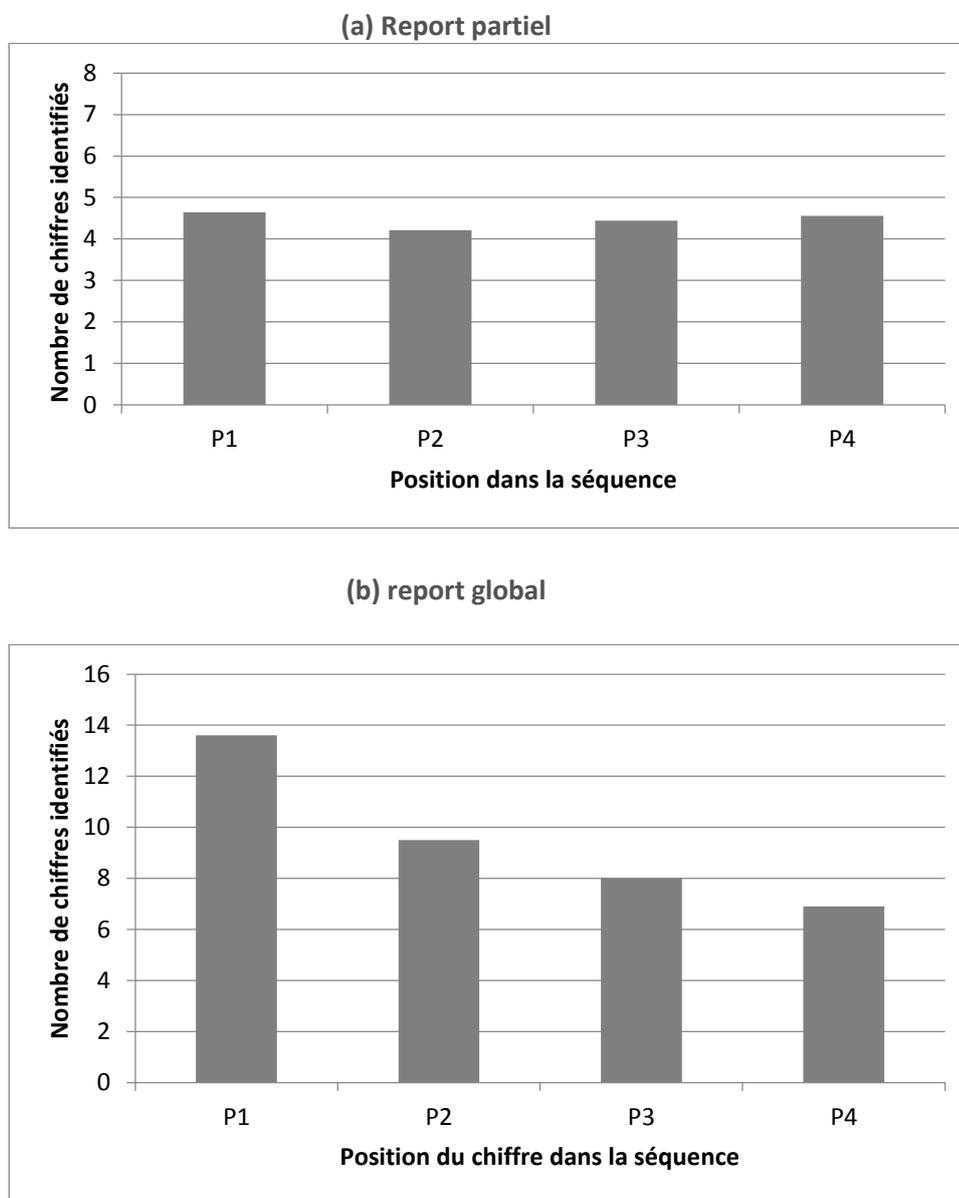


Figure 23 : Profil de performance en report 4 chiffres (a) partiel et (b) global

En grande section de maternelle, les enfants sont capables d'identifier environ la moitié des chiffres cibles en situation de report partiel. En report global, ils présentent déjà le gradient gauche-droite qui caractérise la performance des enfants de primaire, des collégiens et des adultes.

5.1.2. Evolution des scores en primaire

Les performances des enfants de primaire en report global et partiel sont présentées sur la Figure 24.

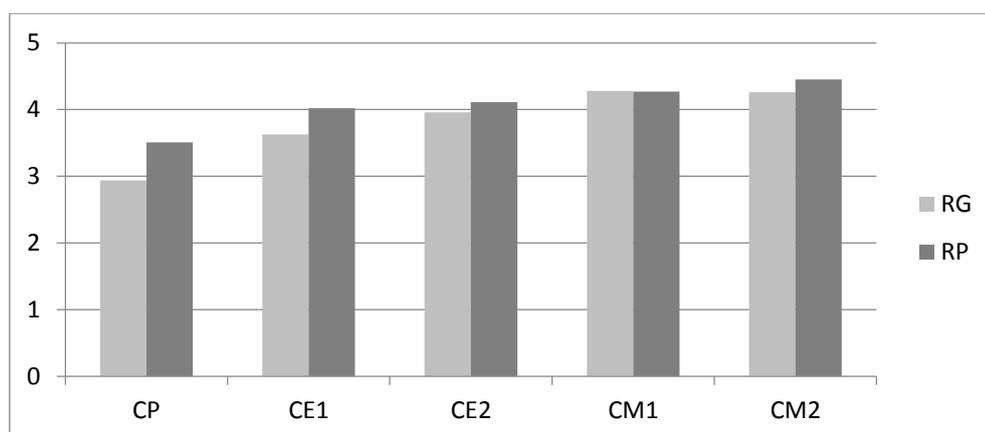


Figure 24 : Score moyen en report global (RG) et partiel (RP) en fonction de la classe

Ces scores ont été calculés à partir des performances obtenues en report global et partiel 5 lettres. Les données présentées dans la Figure 24 montrent une évolution des scores sur les deux types d'épreuves au cours du primaire. Seules les différences observées en report global entre les niveaux CM1 et CM2 et les scores de report partiel entre le CE1 et le CE2 ne diffèrent pas. Toutes les autres différences observées inter-classes sont significatives. Globalement les scores sont légèrement supérieurs en report partiel qu'en report global et la différence est notamment marquée en CP et en CE1.

Les corrélations entre épreuves de report global et partiel (5 lettres) sont de .67 sur l'ensemble de la population primaire (du CP au CM2).

Les distributions ne sont normales que pour un sous-ensemble de tâches : report global CP et report score total CP et CE1.

5.1.3. Les profils de réponses en primaire

Les profils de réponse en fonction de la position de la lettre dans la séquence sont présentés pour les différents niveaux du primaire dans la Figure 25. Ils se caractérisent par un gradient gauche-droite et un net avantage de la position initiale.

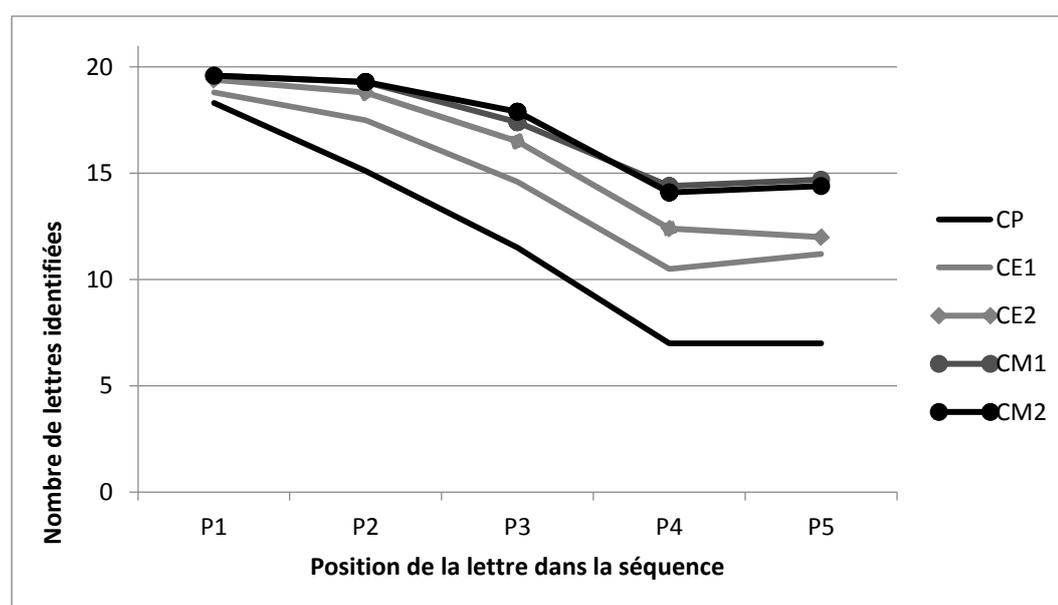


Figure 25 : Profil de réponse en report global selon la classe

Les profils de performance en report partiel sont présentés dans la Figure 26. Contrairement au report global, on n’observe pas d’avantage de la position initiale dans cette tâche. Les profils sont très similaires à partir du CE1 et correspondent à des performances légèrement supérieures en P1 P3 et P5 comparativement aux positions P2 et P4. Le profil diffère en CP où la performance est significativement plus élevée en position 3 (sur le point de fixation).

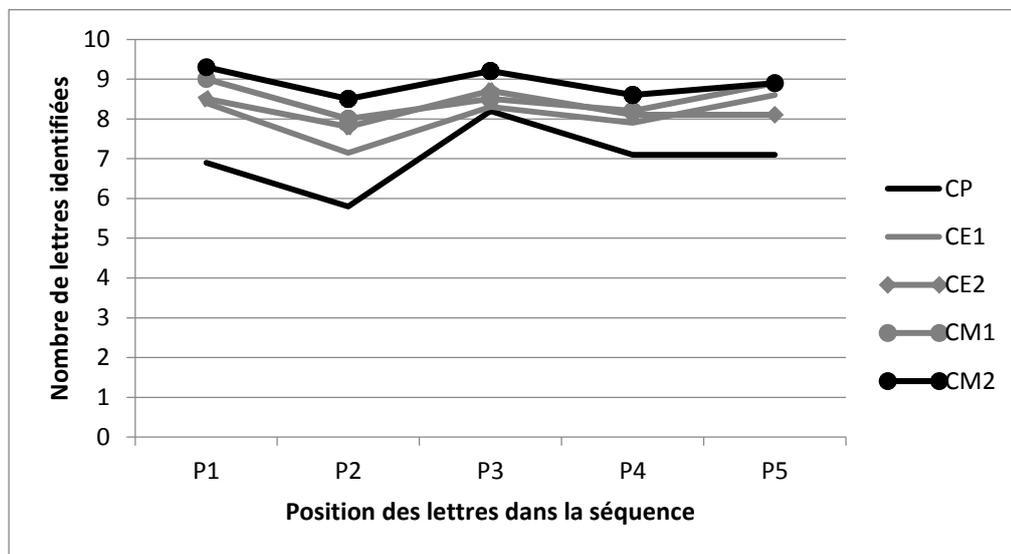


Figure 26 : Profil de réponse en report partiel selon la classe

5.1.4. Scores des collégiens et des jeunes adultes

Les scores en report partiel 6 lettres des collégiens répondent à une distribution normale. Les autres distributions des collégiens et des adultes ne sont pas normales.

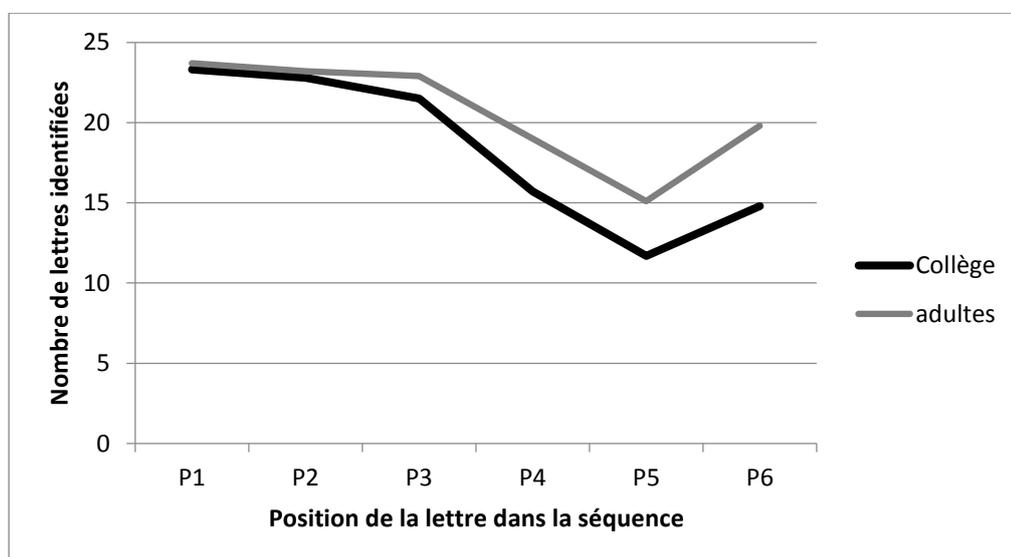


Figure 27 : Profils de performance en report global des collégiens et des adultes

Les profils de performance sur des séquences de 6 lettres montrent un avantage des positions initiales et une augmentation des performances en fin de séquence tant chez les collégiens que chez les adultes pour le report global.

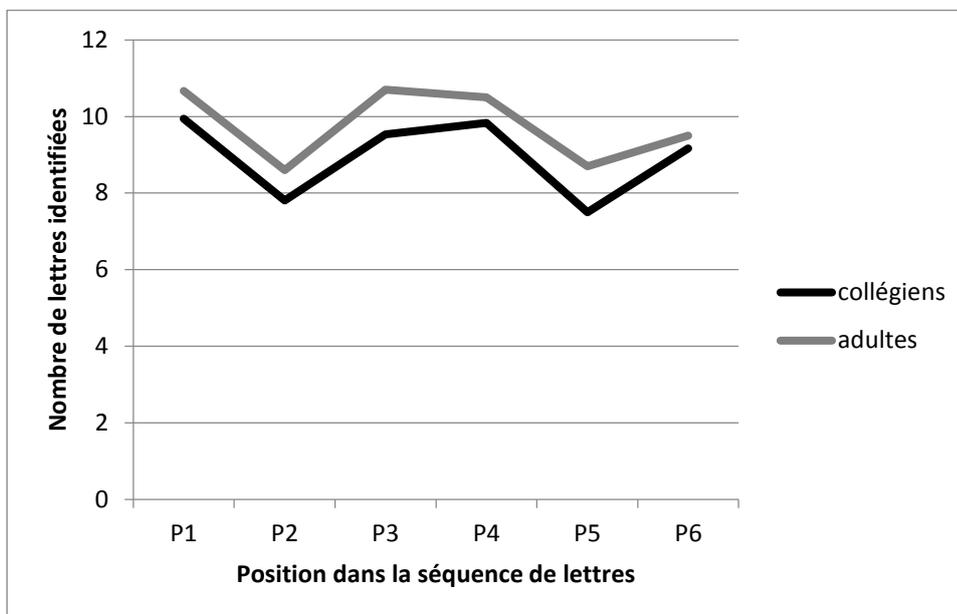


Figure 28 : Profil de performance des collégiens et adultes en report partiel

Les profils en report partiel 6 lettres montrent des profils similaires chez les collégiens et les jeunes adultes.

5.2. Fiabilité du test

Un sous-ensemble des enfants de CM1 et de CM2 a passé les épreuves de report global et partiel à deux reprises lors de deux sessions à 2 ou 3 semaines d'intervalle. Les passations étaient individuelles et avaient lieu dans les écoles dans une salle calme. Les épreuves leur ont été présentées dans les mêmes conditions au cours des deux séances. L'objectif était d'évaluer la stabilité des performances dans le temps. Deux mesures ont été effectuées. Une mesure de comparaison des scores entre les deux périodes d'évaluation et une mesure de corrélation.

Le tableau 7 présente les résultats moyens obtenus par les enfants de CM1 et de CM2 lors de la première (T1) et de la seconde (T2) passation.

	Tâche	Session T1	Session T2
CM1	Report Global	4.43 (0.34)	4.37 (0.42)
	Report Partiel	4.33 (0.45)	4.37 (0.53)
CM2	Report Global	4.31 (0.35)	4.39 (0.37)
	Report Partiel	4.38 (0.35)	4.52 (0.38)

Tableau 7 : Effet test-retest en report global et partiel : moyennes (et écart types)

Le score sur les épreuves a été ramené sur 5 de façon à donner une estimation du nombre de lettres correctement identifiées en moyenne sur une séquence de 5 lettres. Les valeurs obtenues tant en report global qu'en report partiel sont très proches entre les deux sessions d'évaluation. Les différences observées ne sont pas significatives (test t de student, tous les $p > .05$). Seule les performances en report partiel du CM2 sont meilleures lors de la seconde évaluation.

Les corrélations calculées entre les deux sessions d'examen en CM2 sont respectivement de .72 et .68 pour le report global et partiel. Les valeurs correspondantes en CM1 sont .74 et .67.

Les épreuves permettent donc d'obtenir des résultats cohérents et stables dans le temps. Elles apportent une évaluation fiable des capacités de traitement simultané de plusieurs informations par l'enfant.

5.3. Différences garçons/filles

On ne relève aucune différence liée au sexe de la GSM au CM 1. A partir du CM2, les scores, tant en report global qu'en report partiel, tendent à être supérieurs chez les garçons comparativement aux filles.

Pour cette raison, des données normatives distinctes sont proposées en fonction du sexe du patient. Nous ne savons pas pourquoi les résultats des garçons sont significativement meilleurs que ceux des filles et ce, uniquement à partir du CM2. On sait cependant que la pratique intensive des jeux vidéo d'action a pour conséquence d'améliorer les capacités d'attention visuelle des enfants et un accroissement des capacités d'empan VA a été observé chez les adultes joueurs fréquents comparativement aux non joueurs. L'effet observé pourrait donc être lié à une pratique plus forte de ce type de jeu chez les garçons à partir du CM2. Mais cette hypothèse reste à confirmer. A noter toutefois que l'écart bien que significatif, ne se traduit pas par de très fortes différences au niveau des scores.

Les différences garçons/filles observées se traduisent par le renvoi à des normes distinctes selon le sexe à partir du CM2. Le sexe du patient est une donnée obligatoire de la fiche patient. Cette information est exploitée lors de l'analyse pour choisir la norme correspondant au sexe du patient.

5.4. Sensibilité et spécificité

Il est difficile d'estimer la sensibilité d'EVADYS dans la mesure où on ne s'attend pas à ce que tous les enfants dyslexiques présentent un trouble de l'empan visuo-attentionnel. On peut par contre établir la spécificité du test en estimant le nombre d'enfants sains qui présentent des performances normales aux épreuves d'empan visuo-attentionnel. Ceci a été réalisé dans le cadre d'une étude qui a porté sur un échantillon de 400 enfants tout venant¹⁹. Le niveau de lecture de ces enfants a été évalué par le biais du test de l'Alouette et à travers des épreuves de lecture de mots isolés prenant en compte le score et le temps de lecture. Tous les enfants ont passé les épreuves de report global et partiel décrites précédemment pour le primaire. L'ensemble des enfants dont les performances de lecture se situaient au-dessus du 10ème percentile ont été considérés non dyslexiques. Nous avons ensuite estimé le pourcentage des enfants non dyslexiques qui présentaient un déficit de l'empan visuo-attentionnel. Ce pourcentage était de 1%, suggérant qu'il est assez peu probable de trouver des troubles de l'empan VA dans la population non dyslexique. Il sera important de vérifier ce résultat lors d'études à venir.

¹⁹ Chloé Prado (2007). « *Mouvements oculaires, empan visuo-attentionnel et théorie magnocellulaire* ». Thèse de doctorat de l'Université Pierre Mendès-France, Grenoble.

COREVA : un outil de remédiation validé

La mise en évidence d'un déficit spécifique de l'empan visuo-attentionnel chez un enfant dyslexique implique de proposer une prise en charge adaptée au déficit qu'il présente. Le trouble de l'empan visuo-attentionnel concerne très spécifiquement le traitement simultané de séquences de plusieurs éléments. Il convient donc de se mettre en situation d'entraîner l'enfant à traiter des séquences de plus en plus longues au cours de la prise en charge. Le traitement doit être parallèle, ce qui implique une contrainte de temps : soit présenter les séquences en temps limité, soit demander à l'enfant de les traiter le plus vite possible. C'est cette deuxième solution qui a été adoptée ici. Nous avons en effet mis au point et validé des exercices papier-crayon pour lesquels la consigne met l'accent sur la rapidité de traitement. Ces exercices sont publiés sous le nom de COREVA (CORriger l'Empan Visuo-Attentionnel). Ils sont au nombre de 450 pour un entraînement qui a été validé dans le cadre d'une prise en charge intensive : 20 minutes par jour, 6 jours par semaine, pour une durée totale de 6 semaines. Lors de la validation de l'outil, les 6 semaines ont été entrecoupées de 15 jours d'arrêt correspondant aux vacances scolaires (3 semaines d'entraînement, 2 semaines d'arrêt, 3 semaines d'entraînement).

1. LES EXERCICES D'ENTRAÎNEMENT

1.1. Progression

Les exercices ont été conçus de façon à mobiliser successivement l'attention de l'enfant sur le traitement d'un stimulus unique, puis simultanément sur le traitement de 2 stimuli, puis 3, puis 4 et enfin 5 lors de la dernière semaine de prise en charge. Les exercices proposent donc une progression quant au nombre d'éléments à traiter simultanément. Dans la mesure où nous avons montré que l'empan VA s'applique tant au matériel alphanumérique que non alphanumérique, les exercices proposent de traiter tant des lettres et séquences de lettres que des objets ou symboles. Afin d'habituer l'enfant progressivement aux exercices proposés et de ne pas d'emblée lui proposer un matériel verbal évoquant des situations de lecture, nous avons choisi d'introduire le matériel verbal progressivement. Ainsi, l'entraînement porte essentiellement au cours des premières semaines sur du matériel non verbal. La proportion de matériel verbal augmente au cours des semaines jusqu'à proposer en semaine 6 des exercices qui portent quasi exclusivement sur du matériel littéral. Les exercices se caractérisent donc également par une progression quant à la nature du matériel proposé, du matériel non littéral à un matériel quasi-exclusivement littéral.

1.2. Types d'exercices

Les types d'exercices ont également été variés afin de ne pas figer l'enfant dans une attitude liée à un type spécifique de situation, ce qui pourrait entraîner des problèmes de généralisation et des difficultés de transfert à d'autres situations.

COREVA regroupe cinq types d'exercices :

- Des exercices de recherche de cibles parmi des distracteurs avec trois variantes : recherche visuelle, grilles et lettres à relier. Il s'agit dans tous les cas de trouver des cibles parmi un ensemble d'éléments. Le traitement porte sur des séquences horizontales (recherche visuelle), à la fois horizontales et verticales (grilles) ou sur des éléments présentés sur un cercle virtuel (lettres à relier). Nous avons indépendamment démontré que les performances sur les épreuves d'empan VA sont corrélées aux

performances en recherche de cibles²⁰, ce qui justifie d'utiliser la recherche de cible comme situation d'entraînement de l'empan VA. Nous avons également montré que l'empan VA est similairement impliqué lors du traitement parallèle de plusieurs éléments quelle que soit la configuration horizontale, verticale ou circulaire (voir référence note 9) de ces éléments.

- Des exercices de comparaison de séquences : comme précédemment, les études que nous avons menées montrent une implication de l'empan VA dans des tâches de comparaison de séquences. Les enfants dyslexiques qui présentent un trouble de l'empan VA ont de faibles performances dans des épreuves de comparaison de séquences et montrent une faible activation des lobules pariétaux supérieurs qui sous-tendent l'empan VA lors de la réalisation de ces épreuves contrairement aux enfants contrôles de même âge réel²¹.
- Des exercices de lettres hiérarchisées : les lettres hiérarchisées sont composées de petites lettres qui définissent une grande lettre de nature différente. Par exemple, un grand « H » composé de petites lettres « s ». Elles donnent donc lieu à deux lectures selon que l'on se base sur le traitement local des petites lettres ou sur un traitement global donnant accès à l'identification de la grande lettre. Les exercices proposés ici se focalisent sur le traitement global et demandent d'inhiber le traitement local, visant ainsi à favoriser le traitement parallèle de l'ensemble des petites lettres.
- Des exercices de discrimination avec deux variantes « maison des graphèmes » et « intrus » : Il s'agit ici d'entraîner le traitement parallèle de plusieurs lettres composant un graphème ou un bigramme fréquent. Ces exercices impliquent donc de retrouver le plus vite possible le graphème dans la séquence d'un mot ou de barrer le plus vite possible tous les intrus dans une séquence de graphèmes identiques. Cet exercice vise à automatiser le traitement des graphèmes.
- Des exercices « observation » visant à faciliter la création d'une image mentale de la séquence traitée. Dans ces exercices, un mot est présenté visuellement à l'enfant qui doit en maintenir une image visuelle en mémoire afin de répondre aux questions qui lui sont ensuite posées. Ces questions portent uniquement sur la forme physique du mot écrit et il est impossible d'y répondre à partir d'un recodage phonologique.
- Des exercices d'encouragement : d'autres types d'exercices (planches en couleurs) ont été rajoutés pour motiver l'enfant, varier les jeux et rendre l'entraînement moins rébarbatif. Ils demandent bien un traitement visuel et attentionnel mais n'ont pas a priori été construits spécifiquement pour entraîner l'empan VA.

1.3. Age d'application

Les exercices ont été créés pour une passation auprès d'enfants relativement jeunes, entre 8 et 10 ans voire même avant 8 ans dans un cadre préventif. EVADYS permet d'évaluer les aptitudes d'empan visuo-attentionnel dès la grande section de maternelle ou le CP. La mise en évidence d'un retard significatif à cet âge doit conduire à une prise en charge visant à prévenir l'apparition du trouble dyslexique. Les exercices proposés dans le cadre de COREVA sont applicables dès le CP. Des travaux sont en cours pour développer des outils d'entraînement utilisables dès la grande section de maternelle afin de favoriser l'entrée dans la lecture d'une majorité d'enfants.

La limite de 10 ans n'est pas impérative et un trouble sévère de l'empan VA chez des enfants plus âgés (voire des adultes) peut conduire à utiliser COREVA. Néanmoins, la forme des exercices n'est pas adaptée à des populations de ces âges et pourrait être plus difficilement acceptée.

²⁰ Lallier, M., Donnadieu, S. & Valdois, S. (soumis). Investigating the role of visual and auditory search in developmental dyslexia.

²¹ Reilhac, C., Peyrin, C., Démonet, J.F. & Valdois, S. (2013). Role of the superior parietal lobules in letter-identity processing within strings: fMRI evidence from skilled and dyslexic readers. *Neuropsychologia*, 51, 4, 601-612.

2. PRISE EN CHARGE

2.1. Une prise en charge intensive

En accord avec l'ensemble des données actuellement disponibles sur l'efficacité des programmes de remédiation, COREVA a été conçu et validé pour une utilisation intensive. L'enfant doit effectuer une quinzaine d'exercices quotidiennement et ce, tous les jours de la semaine sauf le dimanche pour une durée totale de 6 semaines. Les effets de la prise en charge relatés dans la section suivante ont été observés dans ces conditions et nous ne pouvons garantir l'efficacité de la prise en charge pour une fréquence réduite (une ou deux fois par semaine).

Le rapport d'expertise INSERM « Dyslexie, dysorthographe, dyscalculie : bilan des données scientifiques » de 2007 (téléchargeable sur internet) souligne à juste titre l'importance d'une prise en charge intensive. Les recherches portant sur des programmes d'entraînements auprès d'enfants mauvais lecteurs ont clairement montré qu'une efficacité raisonnable ne peut être atteinte que si la fréquence des exercices est suffisante. Moyennant une fréquence de 4 à 5 séances par semaine, des résultats significatifs sont observés sur des durées relativement courtes, de l'ordre de 6 semaines. En outre, seule une prise en charge intensive permet au clinicien d'évaluer la pertinence du choix rééducatif. Même une prise en charge a priori adaptée et qui a fait ses preuves peut ne pas convenir à un enfant pour des raisons diverses (motivation, troubles associés, facteurs psychologiques, degré de sévérité du trouble, niveau de difficulté des exercices...). Le clinicien ne peut jamais être sûr que la rééducation qu'il choisit de mettre en place portera ses fruits. L'intérêt d'une prise en charge intensive est qu'elle permet assez rapidement, en quelques semaines seulement, de vérifier son efficacité. Soit des progrès sont observés apportant la preuve que le choix est judicieux et qu'il faut poursuivre dans ce sens, soit l'enfant ne tire aucun bénéfice immédiat de la prise en charge ce qui doit conduire rapidement à reconsidérer les choix initiaux.

Il est en général difficile au clinicien de proposer une prise en charge en cabinet tous les jours de la semaine et nous nous sommes heurtés à cette difficulté lors de la validation de COREVA. La solution qui a été trouvée a été de combiner les entraînements proposés par l'orthophoniste en cabinet (deux fois par semaine) et des exercices effectués à la maison les autres jours sous la supervision des parents ou d'un autre membre de la famille. Dans ce contexte, l'orthophoniste joue un rôle essentiel : elle pose le diagnostic et propose la prise en charge ; elle donne à la fin de chaque séance une copie des exercices qui devront être effectués à la maison ; elle s'assure que les exercices précédemment donnés ont bien été faits ; elle encourage et motive l'enfant ; elle répond à ses questions ou à celles de ses parents ; elle propose les exercices de la journée lors de la séance de rééducation de l'enfant.

L'idéal est cependant de proposer un nombre le plus élevé possible de séances supervisées par un professionnel. Dans d'autres cas, plusieurs professionnels se sont coordonnés (maîtres spécialisés et orthophoniste, orthoptiste et orthophoniste etc.) afin de proposer une prise en charge intensive supervisée. Il pourrait également être intéressant de proposer les exercices simultanément à deux enfants présentant le même type de trouble. Cela permettrait de créer une saine émulation (finir le plus vite possible tout en faisant le moins d'erreurs possible) et de demander ensuite aux enfants de comparer leurs réponses et les vérifier/justifier en cas de non accord.

Lorsque des passations sont supervisées par un membre de la famille, il convient de prévoir une session d'explication et de familiarisation avec le matériel et les types d'exercices.

Trois points importants :

1. *Aller le plus vite possible* : tous les exercices doivent être effectués avec une contrainte de temps. L'enfant est chronométré et l'émphase est mise sur la rapidité d'exécution dans la consigne. On peut même noter le temps d'exécution chaque fois que l'enfant réalise un exercice et comparer la vitesse de traitement sur un même type d'exercice de session en session pour mettre l'enfant en situation de battre son précédent record. Evidemment le gain de vitesse ne doit pas se faire au détriment de la qualité des réponses.
2. *Ne jamais prononcer les stimuli verbaux* : il est très important de focaliser l'attention de l'enfant sur le traitement de la forme visuelle des lettres ou séquences de lettres. Il faut donc s'en tenir exclusivement aux

consignes telles que mentionnées dans le cahier d'exercices. Quand on cherche les intrus, on cherche ce qui diffère physiquement de la majorité des autres items, sans qu'il soit besoin de prononcer le nom de la séquence dominante. Il en est de même pour la maison des graphèmes, les lettres à relier, la comparaison de séquences ou n'importe lequel des autres exercices.

3. Donner la bonne réponse en fin d'exercice : le cahier d'exercice indique les bonnes réponses pour chacun des exercices. Il est important de laisser l'enfant réaliser l'exercice en toute autonomie une fois la consigne donnée. Il est également primordial de corriger ensuite l'exercice avec lui. On peut également lui demander de vérifier ses réponses avant de lui donner la bonne réponse s'il y a des erreurs. On peut lui demander de justifier ses réponses pour qu'il prenne conscience des erreurs commises s'il y en a.

2.2. Effets de la prise en charge

Il est primordial qu'un programme de remédiation mis à disposition des cliniciens ait été préalablement validé. L'efficacité de COREVA a donc été évaluée à travers des études de cas et des études de groupe.

2.2.1. Etudes de cas

Nous avons récemment évalué l'efficacité de COREVA auprès d'une enfant dyslexique bilingue (français-espagnol) que nous appellerons MP. MP avait la particularité de présenter un trouble sévère de l'empan VA mais des capacités de traitement phonologique totalement préservées, elle présentait donc une forme pure de trouble de l'empan VA. Cette étude de cas²² offre en outre la première description des effets d'un trouble de l'empan VA dans deux langues qui se différencient par leur degré de transparence. Nous ne mentionnerons ici que les effets observés en français.

Nous avons évalué les performances de MP à quatre reprises : lors de l'évaluation initiale (T0), avant la prise en charge rééducative (T1), après entraînement COREVA (T2) et à long terme (T4) 10 mois plus tard. MP a bénéficié de l'entraînement COREVA pendant 6 semaines (entre T1 et T2) à raison d'un entraînement quotidien de 20 minutes, 6 jours par semaine. Des évaluations neuropsychologiques complètes ont été effectuées à chaque évaluation afin de mesurer l'évolution de ses performances en lecture, phonologie et empan visuo-attentionnel. Des examens IRMF ont été proposés en T1 et T2 afin de mesurer d'éventuelles modifications du fonctionnement cérébral suite à la prise en charge rééducative.

Trois résultats importants ont été obtenus :

- L'entraînement COREVA se traduit par une amélioration significative des performances de MP sur les épreuves d'empan VA, ce qui montre que COREVA entraîne bien les capacités d'empan VA.
- On observe une amélioration significative des performances de lecture suite à la prise en charge. Comme le montre le schéma ci-dessous (Figure 29), alors qu'aucune modification des performances n'est observée au cours des 3 mois qui précèdent la prise en charge (entre T0 et T1), on note un gain en lecture de 4 mois après l'entraînement COREVA (entre T1 et T2), ce gain se maintient à long terme (T3). COREVA est donc efficace pour améliorer les performances de lecture lorsque le trouble concerne l'empan VA.

²² Valdois, S., Peyrin, C., Lassus-Sangosse, D., Lallier, M., Démonet, J.F. & Kandel, S. (sous presse). Dyslexia in a French Spanish bilingual child: Behavioural and neural remediation following a specific VA span intervention program. *Cortex*.

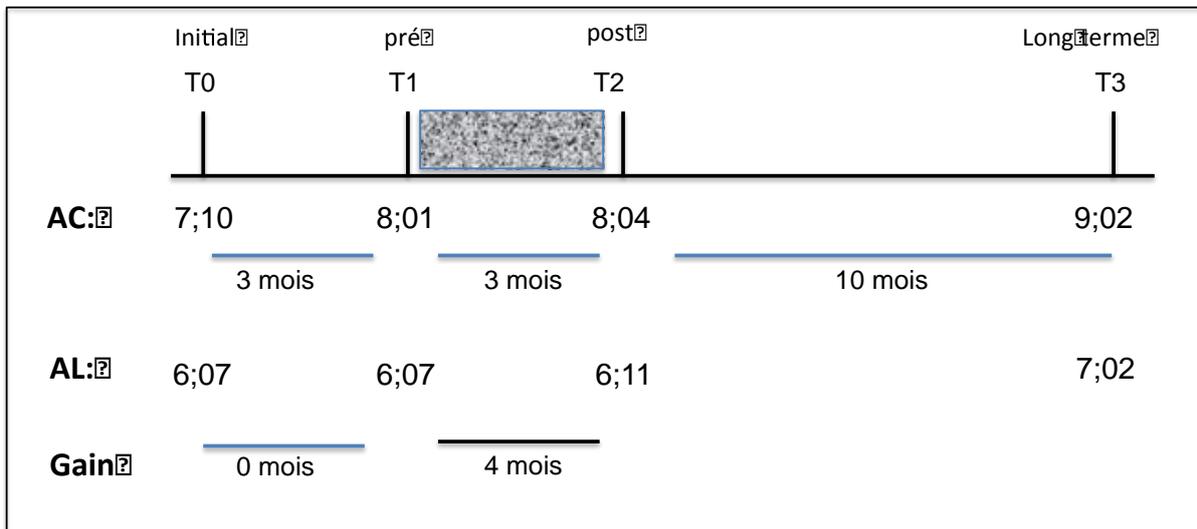


Figure 29 : Design expérimental des évaluations, Age chronologique (AC) et Age lexique (AL) de MP à chaque évaluation, Nombre de mois gagnés en âge lexique (gain) suite à la prise en charge rééducative (T1-T2) comparativement aux 3 mois précédents (T0-T1).

- L'imagerie cérébrale fonctionnelle (Figure 30) montre une sous-activation des régions pariétales supérieures chez MP avant la prise en charge rééducative (absence d'activation significative au-dessus du seuil fixé ; colonne de gauche, Figure 30). Ces régions se réactivent suite à l'entraînement COREVA (colonne de droite). L'entraînement se traduit donc par une amélioration comportementale des capacités d'empan VA (telles que mesurées sur les épreuves de report de lettres) et par une réactivation des régions corticales impliquées dans l'empan VA.

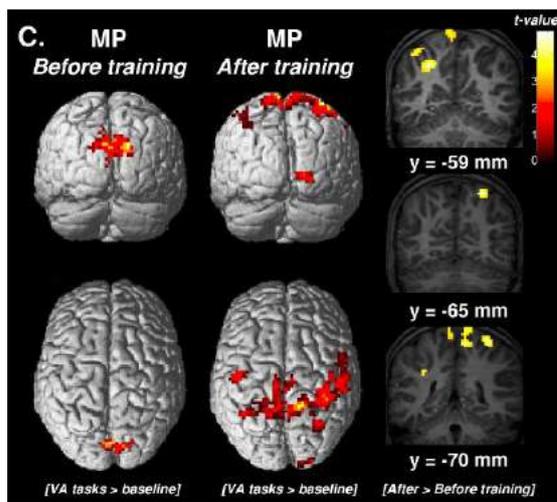


Figure 30 : Modulation de l'activation des régions pariétales supérieures suite à la prise en charge rééducative (avant/before vs après/after).

Cette étude de cas montre donc très clairement l'efficacité de l'entraînement COREVA puisqu'une prise en charge intensive sur 6 semaines conduit à une amélioration significative des capacités d'empan VA, à un transfert des acquis en lecture qui se traduit par un gain de 4 mois en âge lexique et à une réactivation des régions cérébrales qui sous-tendent l'empan VA.

2.2.2. Etudes de groupe

Des résultats similaires ont été obtenus auprès d'un groupe de 20 enfants dyslexiques présentant un trouble de l'empan VA. Ces enfants étaient âgés en moyenne de 10 ans 9 mois (ET=12 mois) et présentaient un retard de lecture de 3 ans en moyenne (AL=7 ans 3 mois, ET=6 mois). Il s'agissait donc d'enfants très sévèrement dyslexiques. Le protocole était similaire à celui décrit précédemment pour MP excepté que l'évaluation à long terme était effectuée 6 mois après la fin de l'entraînement. L'entraînement COREVA intensif mené sur une période de 6 semaines a conduit à une amélioration significative des capacités d'empan VA des enfants telles que mesurées à partir des épreuves de report partiel et de report global de lettres. Une amélioration significative des performances a été observée en report partiel dès le post-test (T2). L'amélioration observée en report global n'était pas significative en T2 mais l'était en T3, suggérant un effet bénéfique à long terme sur la tâche plus difficile de report global.

Une amélioration significative du niveau de lecture était également obtenue en T2 suite aux entraînements COREVA. Le gain de lecture était en moyenne de 2 mois entre T1 et T2 et se maintenait 6 mois plus tard (avec tendance à une amélioration) en T3.

Enfin, comme dans le cas de MP, nous avons observé sur le groupe une réactivation des régions pariétales supérieures suite à la prise en charge rééducative.

3. COREVA UN OUTIL D'ENTRAÎNEMENT SCIENTIFIQUEMENT VALIDÉ

Dans un article publié en 2009 dans la revue de Neuropsychologie, nous avons donné la liste des critères d'évaluation d'une méthode rééducative, tels qu'ils sont classiquement retenus au niveau international. Ces critères sont rappelés ci-dessous et appliqués à l'évaluation de COREVA :

- La méthode proposée s'appuie-t-elle sur un cadre théorique précis ?

OUI

Les fondements de la théorie de l'empan visuo-attentionnel sont esquissés ici et cette théorie a fait l'objet de nombreuses publications. Cette approche est à présent largement acceptée au niveau international.

- Propose-t-elle d'entraîner un processus cognitif précis en rapport avec le cadre théorique ?

OUI

COREVA a été explicitement conçu pour entraîner le traitement simultané d'éléments de plus en plus nombreux, en accord avec le cadre théorique de référence. L'évaluation de la prise en charge montre que les capacités d'empan VA sont effectivement améliorées suite à l'entraînement.

- La présence du déficit a-t-elle été démontrée en contexte dyslexique ?

OUI

De nombreuses études de cas et études de groupe ont montré l'existence d'un trouble de l'empan VA en contexte dyslexique. Les données disponibles suggèrent que ce trouble est relativement fréquent dans la population dyslexique et le plus souvent dissocié du trouble phonologique.

- La méthode spécifie-t-elle à quel sous-type de dyslexies elle s'applique ?

OUI

COREVA s'applique exclusivement aux enfants dyslexiques qui présentent un trouble de l'empan VA, que celui-ci soit ou non associé à des troubles phonologiques. Dans la mesure où les profils de lecture définissant les sous-types dits « dyslexie de surface » « dyslexie phonologique » ou « dyslexie mixte » ne correspondent pas à des groupes homogènes d'un point de vue cognitif, le trouble de l'empan VA doit être indépendamment évalué.

- Dispose-t-on d'outils diagnostics permettant de montrer au niveau individuel l'existence du déficit ciblé par la rééducation ?

OUI

EVADYS permet de diagnostiquer un trouble de l'empan VA au niveau individuel chez les enfants de 6 à 12 ans, ainsi que chez les adultes ou les enfants pré-lecteurs. Tout enfant dyslexique qui présente un trouble significatif sur les épreuves de report global et partiel (ou mesure composite) par rapport aux données normatives correspondant à sa classe d'âge doit recevoir un entraînement spécifique de type COREVA.

- *La méthode a-t-elle fait l'objet d'évaluations qui démontrent son efficacité ?*

OUI

Des études de cas et des études de groupe montrent l'efficacité de COREVA lorsque l'entraînement est intensif. L'utilisation de COREVA se traduit par une amélioration des capacités d'empan visuo-attentionnel et un transfert sur les activités de lecture. De plus suite à l'entraînement, on observe une réactivation des régions pariétales supérieures spécifiquement impliquées dans l'empan VA.

- *Existe-t-il un lien spécifique entre la fonction entraînée et l'activité de lecture ?*

OUI

La partie « fondements théoriques » présentée précédemment décrit les liens entre capacités d'empan VA et apprentissage de la lecture. Ces liens ont été explicités dans de nombreuses publications portant tant sur des populations dyslexiques que sur des groupes d'enfants normo-lecteurs. Nous avons également implémenté sous forme de réseau connexionniste un modèle de lecture qui comprend un composant visuo-attentionnel correspondant à l'empan VA. Des simulations ont permis de montrer qu'une réduction de l'empan VA entraînait une perturbation de la lecture. Il existe non seulement un lien spécifique entre empan VA et niveau de lecture mais ce lien est de nature causale comme en témoignent les données de remédiation et de suivi longitudinal: d'une part, l'entraînement des capacités d'empan VA par le biais de COREVA s'accompagne d'un gain significatif en lecture ; d'autre part, le suivi longitudinal d'enfants pré-lecteurs montre que les capacités d'empan VA évaluées en grande section de maternelle (report chiffres dans EVADYS) sont prédictives du niveau ultérieur de lecture (en CP et CE1).

Conclusion

EVADYS et COREVA ont ainsi été conçus dans un souci de complémentarité afin de doter les cliniciens d'un outil efficace d'évaluation permettant de diagnostiquer un trouble de l'empan VA au niveau individuel et d'un outil efficace de remédiation qui soit scientifiquement validé.