Programme de remédiation intensive chez des lecteurs dyslexiques de 8 à 13 ans

Karine Louna Harrar-Eskinazi, Bruno de Cara, Gilles Leloup, Ambre Denis-Noël, Elise Lefèvre, Julie Nothelier, Hervé Caci, Johannes C Ziegler, Sylvane Faure

▶ **To cite this version:**

Karine Louna Harrar-Eskinazi, Bruno de Cara, Gilles Leloup, Ambre Denis-Noël, Elise Lefèvre, et al.. Programme de remédiation intensive chez des lecteurs dyslexiques de 8 à 13 ans. XXIIèmes Rencontres d'orthophonie 2022 Langage écrit : état des pratiques orthophoniques et de la recherche, Dec 2022, PAris, France. hal-03916074

HAL Id: hal-03916074
https://amu.hal.science/hal-03916074

Submitted on 1 Feb 2023

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

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

Karine HARRAR ESKINAZI
Orthophoniste, Doctorante en Neuropsychologie
Université Côte d'Azur, LAPCOS, Nice
karine.harrar@etu.univ-cotedazur.fr

Bruno DE CARA
Maître de Conférence en Neuropsychologie
Université Côte d'Azur, LAPCOS, Nice
bruno.de-cara@univ-cotedazur.fr

Gilles LELOUP
Orthophoniste, Docteur en Sciences du Langage
Université Côte d'Azur, CoBtek, Nice
gileloup@gmail.com

Ambre DENIS-NOËL
Ingénieure de recherche
Université Côte d'Azur, MSHS Sud-Est, Nice
ambre.denis-noel@univ-cotedazur.fr

Élise LEFÈVRE
Doctorante en Psychologie Cognitive
Université Lumière Lyon 2, Laboratoire EMC, Lyon
elise.lefevre@univ-lyon2.fr

Julie NOTHELIER
Orthophoniste, Ingénieure d'Etude
Aix-Marseille Université, CNRS, LPC, Marseille
julie.nothelier@gmail.com

Hervé CACI
Docteur en Médecine, Docteur de l'Université Paris 7
Hôpitaux Pédiatriques de Nice CHU Lenval &
CESP - Psychiatrie du Développement et Trajectoires
U1018 INSERM UPS-UVSQ
caci.h@pediatrie-chulenval-nice.fr

Johannes C. ZIEGLER
Docteur en Neurosciences, Directeur de Recherche
Aix-Marseille Université, CNRS, LPC, ILCB, Marseille
johannes.ziegler@univ-amu.fr

Sylvane Faure
Professeur des Universités
Université Côte d'Azur, LAPCOS, Nice
sylvane.faure@univ-cotedazur.fr

Programme de remédiation multimodale intensive chez des lecteurs dyslexiques de 8 à 13 ans

Résumé

Les études menées pour valider des méthodes de remédiation de la dyslexie développementale (DD) sont généralement fondées sur l'hypothèse d'une cause unique liée à des altérations soit du traitement phonologique, soit du traitement visuo-attentionnel, soit de l'intégration intermodalitaire. Or, de nombreuses études montrent que la cause de la DD est multifactorielle et que la majorité des lecteurs dyslexiques (LD) présentent des déficits cognitifs sous-jacents dans plusieurs domaines. L'originalité de cette intervention est de proposer une approche de remédiation à la fois phonologique, visuo-attentionnelle et intermodalitaire en proposant des programmes d'entraînement systématiques, individualisés et intensifs pendant 6 mois.

Cette étude longitudinale multicentrique, randomisée et croisée est menée en trois phases auprès de 59 LD âgés de 8 à 13 ans. Lors de la première phase, les participants bénéficient de consultations hebdomadaires de rééducation orthophonique sans entraînement intensif pendant deux mois. Lors de la deuxième phase, ils sont répartis en deux groupes et bénéficient, en plus de leur suivi hebdomadaire, de trois types d'interventions intensives informatisées, d'une durée de deux mois chacune. L'ordre des deux premières interventions (phonologique et visuo-attentionnelle) est contrebalancé entre les deux groupes puis suivie par une intervention intermodalitaire. Lors de la troisième phase, les interventions intensives sont arrêtées et les consultations hebdomadaires de rééducation orthophonique maintenues pendant deux mois.

Des résultats préliminaires confirment des effets significatifs positifs sur les compétences en lecture qui se maintiennent après l'arrêt de l'intervention. Ce programme de remédiation multimodal pourrait représenter une

réponse thérapeutique efficace fondée sur les preuves dans le traitement de la DD.

Mots-clés

Troubles d'apprentissage, remédiation, dyslexie, déficits cognitifs, thérapie multimodale, étude croisée.

Intensive multimodal remediation program for dyslexic readers aged between 8 to 13 years

Abstract

Rehabilitation studies in developmental dyslexia (DD) are generally based on the single-cause hypothesis of alterations either in phonological processing, visuo-attentional processing or cross-modal integration. However, many studies have shown that the cause of DD is multifactorial and that most dyslexic readers (DR) have underlying cognitive deficits in multiple areas. The originality of this intervention is to propose a rehabilitation program simultaneously addressing phonological, visual-attentional and cross-modal integration using a systematic, individualized and intensive training during 6 months.

This multicentre, randomized, cross-over longitudinal study was conducted in three phases with 59 DR aged 8 to 13 years. In the first phase, the DR received weekly speech therapy consultations without intensive training for two months. In the second phase, the DR were randomized into two groups and received, in addition to their weekly follow-up, three types of intensive computer-based interventions, for two months each. The order of the two initial interventions (phonological and visuo-attentional) is counterbalanced between the two groups, followed by an intermodal intervention. In the third phase, the intensive interventions were stopped and the weekly consultations were maintained for two months.

Preliminary results confirm that an intensive multimodal intervention has significant positive effects on reading skills and that these effects are maintained after the intervention is stopped. This multimodal remediation program may represent an effective evidence-based therapeutic response in the treatment of DD.

Keywords
Learning disabilities, dyslexia/rehabilitation, cognition disorders, combined modalities therapy, cross-over study.

Introduction

I – État de l'art

Le Manuel diagnostique et statistique des troubles mentaux (DSM-5) définit la dyslexie développementale (DD) comme un trouble spécifique, sévère et durable d'apprentissage du langage écrit en dépit d'une intelligence normale et de l'absence de pathologie neurologique ou psychiatrique avérée, de déficit sensoriel visuel et auditif ou de carence socio-éducative grave (American Psychiatric Association, 2013). Selon cette classification, le diagnostic de DD est basé sur des troubles neuro-développementaux de la lecture et de l'orthographe. Plus précisément, les lecteurs dyslexiques éprouvent de grandes difficultés à apprendre et à automatiser le décodage des mots écrits, fondé sur le développement de la conversion grapho-phonémique (Ziegler *et al.*, 2020) qui consiste à relier les unités de base de la langue écrite (lettres ou graphèmes) aux unités de base de la langue parlée (sons ou phonèmes). De fait, la lecture reste souvent peu fluide et nécessite un effort cognitif supérieur à celui des enfants normolecteurs (Shaywitz & Shaywitz, 2005; Sprenger-Charolles, Colé & Serniclaes, 2013).

Or, ce trouble neuro-développemental d'apprentissage de la lecture est également caractérisé par différents déficits neurocognitifs sous-jacents en lien avec une sous-activation des zones cérébrales postérieures gauches occipito-temporo-pariétales, probablement consécutives à des anomalies de connectivité entre ces zones (Blomert, 2011; Vandermosten *et al.*, 2012). Effectivement, de nombreuses études montrent que la cause de la DD est multifactorielle (McGrath *et al.*, 2020; Pennington, 2006) et que la majorité des lecteurs dyslexiques (LD) présentent plusieurs déficits cognitifs sous-jacents (DCSJ) audio-phonologiques, visuo-attentionnels et audio-visuels associés aux troubles de la lecture et de l'orthographe (O'Brien & Yeatman, 2021; Ring & Black, 2018). De plus, ces DCSJ et leurs manifestations évoluent différemment avec l'âge et la nature des interventions thérapeutiques, et varient pour chaque LD. Cette variabilité nécessite donc d'adapter la nature des interventions selon le pattern des DCSJ propre à chaque patient. Ainsi, la multimodalité étiologique de la DD entraîne également une multimodalité sémiologique s'exprimant dans une variabilité clinique très complexe (Menghini *et al.*, 2010; Saksida *et al.*, 2016; Valdois *et al.*, 2021; White *et al.*, 2006; Ziegler, 2008; Zoubrinetzky *et al.*, 2014).

Pourtant, les études scientifiques interventionnelles de remédiation de la DD sont généralement fondées sur des hypothèses causales d'une altération plus ou moins exclusive d'un seul type de DCSJ parmi les traitements audio-phonologiques, visuo-attentionnels ou de l'intégration intermodalitaire audio-visuelle (Serniclaes *et al.*, 2015).

A – Les déficits audio-phonologiques

Les déficits de traitement de l'information audio-phonologique altèrent la capacité d'identifier, de stocker, de récupérer ou de manipuler les phonèmes qui composent le mot (Ziegler *et al.*, 2010). Ces déficits peuvent s'expliquer de différentes façons, par un déficit fondamental du traitement perceptif auditif et/ou des déficits du déplacement temporel et spatial de l'attention auditive (Casini *et al.*, 2018; Facoetti *et al.*, 2009; Fostick & Revah, 2018; Goswami, 2011; Hari & Renvall, 2001; Lallier *et al.*, 2010; Meyer & Schaadt, 2020; Serniclaes *et al.*, 2015) et/ou par un déficit d'accès aux représentations phonologiques (Boets *et al.*, 2013; Ramus & Szenkovits, 2008). Par exemple, si un déficit altère la perception catégorielle des sons de la parole, la persistance d'une perception allophonique des unités subphonémiques peut entraîner un déficit perceptif des phonèmes et par conséquent un déficit de traitement phonologique. Des études ont ainsi montré qu'un entraînement auditif de la perception catégorielle avec le logiciel Rapdys© améliore la conscience phonologique et les compétences en lecture (Collet, Colin, & Serniclaes, 2017; Zoubrinetzky *et al.*, 2016, 2019).

Un déficit d'accès aux représentations phonologiques peut aussi altérer l'automatisation des associations graphèmes-phonèmes. Ce déficit d'accès aux représentations phonologiques (Melby-Lervåg *et al.*, 2012; Norton & Wolf, 2012; Wolf *et al.*, 2000) est habituellement évalué par des tâches de conscience phonologique (par exemple, segmentation phonémique), de mémoire à court terme phonologique (par exemple, répétition de pseudomots) et de dénomination sérielle rapide (par exemple, dénomination rapide automatisée, DRA). Plusieurs méta-analyses ont montré que l'entraînement à la conscience phonémique est fondamental mais à condition qu'il soit intensif et systématiquement associé à des entraînements de lecture (Bus & van IJzendoorn, 1999; Ehri *et al.*, 2001; Galuschka *et al.*, 2014). Plus récemment, des bénéfices en vitesse de lecture ont été obtenus après un entraînement numérique de la DRA sans association à un entraînement de lecture (Pecini *et al.*, 2019; Vander Stappen & Reybroeck, 2018).

B – Les déficits visuo-attentionnels

Les déficits de traitement de l'information visuelle chez le LD peuvent aussi altérer la capacité d'identifier, de stocker, de récupérer ou de manipuler les graphèmes qui composent le mot. Ces déficits dans la modalité visuelle peuvent s'expliquer par des déficits perceptifs visuels (Lawton, 2019) et/ou des déficits du déplacement temporel et spatial de l'attention visuelle (Bertoni *et al.*, 2019; Stein, 2019; Tulloch & Pammer, 2019; Vidyasagar, 2019). Un exemple de déficit visuo-attentionnel (VA) est le déséquilibre entre les niveaux d'analyse globale et locale d'une scène visuelle complexe. Un tel déficit peut altérer l'encodage des lettres, l'identification visuelle des mots irréguliers et la stabilisation des représentations orthographiques (Franceschini, Bertoni, *et al.*, 2017; Goldstein-Marcusohn *et al.*, 2020; Keïta *et al.*, 2014). Un entraînement intensif avec le logiciel Switchipido© (Bedoin, 2017; Bedoin & Medina, 2013) montre des effets bénéfiques sur les compétences de focalisation de l'attention visuelle sur les niveaux d'analyse globale ou locale et une amélioration de la lecture de mots réguliers et irréguliers.

Un autre exemple de déficit VA est la réduction de l'empan VA, décrit comme un déficit de traitement simultané de l'attention visuelle (Valdois *et al.*, 2019). La

réduction de l'empan VA, c'est-à-dire du nombre de lettres traitées simultanément lors d'une fixation oculaire, peut perturber l'identification des lettres et par conséquent l'identification des mots écrits (Valdois *et al.*, 2004). Un entraînement intensif avec le logiciel Maeva© (Lobier, 2008) augmente l'empan VA et améliore également les compétences de conscience phonémique et de lecture de mots irréguliers (Zoubrinetzky *et al.*, 2019).

C – Les déficits intermodalitaires

Les déficits de traitement de l'information audio-visuelle peuvent aussi altérer l'association graphème-phonème. Ce déficit de traitement intermodalitaire de l'information audio-visuelle altère l'intégration simultanée des lettres et des sons en tant qu'objet audio-visuel unique (Blomert, 2011; Blomert & Willems, 2010). Le logiciel d'aide à l'apprentissage de la lecture Graphogame© (Richardson & Lyytinen, 2014) créé en Finlande, puis adapté en français (Lassault & Ziegler, 2018) et dans d'autres langues (Brem *et al.*, 2010; Kyle *et al.*, 2013; Ruiz *et al.*, 2017; Saine *et al.*, 2010, 2011), permet une présentation audio-visuelle simultanée et répétée de lettres, syllabes, mots et phrases. Développé dans une interface ludique, son objectif est de permettre l'automatisation des associations phonologiques et orthographiques (Lassault *et al.*, 2020). Une méta-analyse montre que Graphogame© a des effets positifs sur les compétences en lecture seulement si le niveau d'interaction avec un adulte est élevé (McTigue *et al.*, 2020). Ces effets sont plus grands pour les enfants qui ne maîtrisent pas les étapes initiales de l'apprentissage de la lecture, telles que la compréhension du principe alphabétique et la correspondance entre les graphèmes et les phonèmes (Lassault *et al.*, 2022).

Quelle que soit l'hypothèse explicative du trouble de l'identification du mot écrit, ces programmes d'intervention ont pour objectif de réduire le déficit en lecture :

(1) par des interventions sur les processus de lecture graphophonologique et/ou orthographique, en proposant des entraînements successifs pour automatiser le décodage phonologique et le recodage lexical (McArthur *et al.*, 2015; Simos *et al.*, 2007; Tressoldi *et al.*, 2000) ou en intervenant spécifiquement soit sur le processus graphophonologique (Heikkilä *et al.*, 2013), soit sur le processus orthographique (Horowitz-Kraus, 2016; Horowitz-Kraus *et al.*, 2015; Kirk & Gillon, 2009; Korinth *et al.*, 2016; Leloup *et al.*, 2021; Snellings *et al.*, 2009) ;

(2) par des interventions plus spécifiques sur les DCSJ audio-phonologiques (Gonzalez *et al.*, 2002; Sanchez & Rueda, 1991; Torgesen *et al.*, 2001), visuels (Facoetti *et al.*, 2003; Franceschini, Trevisan, *et al.*, 2017; Franceschini & Bertoni, 2019; Lawton, 2016; Lawton & Shelley-Tremblay, 2017; Meng *et al.*, 2014; Zoubrinetzky *et al.*, 2019) ou audio-visuels (Kujala *et al.*, 2001; Murphy & Schochat, 2011; Törmänen & Takala, 2009; Veuillet *et al.*, 2007) ;

(3) par des interventions combinées sur les processus de lecture et les DCSJ, en proposant des programmes nommés « phonics instruction » qui associent des entraînements sur les processus cognitifs phonologiques et les procédures de conversion graphophonologique (Jiménez *et al.*, 2007; Lovett *et al.*, 2000; Ryder *et al.*, 2008) ou des programmes qui associent des entraînements sur les processus cognitifs visuels et les procédures de

lecture orthographiques (Facoetti *et al.*, 2003; Franceschini, Trevisan, *et al.*, 2017; Franceschini & Bertoni, 2019; Lorusso *et al.*, 2011; Lorusso *et al.*, 2004, 2005, 2006).

II – Contexte et objectifs

A – Contexte

La remédiation de la DD a suscité depuis plus d'un siècle de multiples programmes d'interventions issus de différentes théories explicatives sans parvenir à un véritable consensus. Dans la majorité des cas, les troubles de la lecture, de l'orthographe et des processus cognitifs associés persistent à l'âge adulte (Kudo *et al.*, 2015). Par ailleurs, les répercussions sévères de la DD sur l'ensemble des apprentissages scolaires, l'estime de soi et le devenir professionnel en font un problème de santé publique majeur. Concernant la prise en charge orthophonique des troubles du langage écrit, une enquête menée en 2019 par le Collège Français d'Orthophonie (Helloin, 2019) relève des délais d'attente intolérables pour accéder aux soins, des prises en charge sur plusieurs années au rythme d'une ou deux séances par semaine, l'absence d'évaluation systématique du langage oral. De plus, cette demande de soins n'est pas considérée comme prioritaire alors qu'elle représente 29 % de l'activité des orthophonistes. La pratique d'entraînements intensifs ciblés sur un processus cognitif sous-jacent et le principe d'éducation thérapeutique sont peu démocratisés au sein de la profession. Les stratégies d'intervention conventionnelles sont plutôt compensatoires que curatives, le plus souvent sans référence aux données probantes et l'efficacité de l'intervention reste peu évaluée. Les orthophonistes évoquent souvent un sentiment de limites dans leur pratique thérapeutique et souhaiteraient disposer de cadres méthodologiques pour mener les prises en charge.

B – Objectifs

Nos objectifs sont donc de (1) proposer et d'évaluer un protocole de remédiation innovant, multimodal, efficace et intensif, basé sur les données probantes, (2) prendre en compte l'hétérogénéité des DCSJ, (3) adapter les entraînements à la variabilité de ces DCSJ, (4) intervenir simultanément sur des processus cognitifs altérés et des processus de lecture et de transcription, (5) utiliser le support numérique pour intensifier, standardiser, élargir, et enrichir les entraînements. Pour cela, nous avons associé trois types d'intervention : phonologique, visuo-attentionnelle et intermodalitaire. Cette méthode de remédiation multimodale tient compte du profil sémiologique de chaque LD selon ses compétences cognitives sous-jacentes phonologiques et visuo-attentionnelles et selon son niveau de lecture et d'orthographe (Figure 1). Chaque participant est donc caractérisé par un profil sémiologique c'est-à-dire un profil cognitif et un profil de lecture. Le profil cognitif est défini par les déficits de traitement cognitif phonologiques et visuo-attentionnels mis en évidence lors de l'évaluation initiale de l'analyse phonémique, la dénomination rapide automatisée (DRA), la mémoire

sérielle phonologique, l'empan visuo-attentionnel et l'analyse globale ou locale de l'information visuelle. Le profil de lecture est défini par les déficits des procédures de lecture phonologique et orthographique mis en évidence lors de l'évaluation initiale de la lecture de textes, de mots, de pseudo-mots et par les déficits de l'orthographe. L'analyse des profils cognitifs et des profils de lecture de chaque lecteur dyslexique détermine les entraînements proposés. Par exemple, en ce qui concerne le programme d'intervention VA, si l'enfant a un déficit de la focalisation attentionnelle globale/locale, l'entraînement Switchipido est associé à celui de la mémoire orthographique (ELOR) pour lequel l'orthophoniste indique chaque semaine la régularité orthographique à mémoriser, (eau, ill, ien, gn, ette…) en fonction de l'évolution et des compétences individuelles. Ainsi, chaque programme d'intervention cible à la fois un déficit cognitif sous-jacent (visuo-attentionnel, phonologique) et un déficit de lecture (décodage phonologique ou mémoire orthographique). Des lignes de base spécifiques à chaque déficit relevé sont effectuées avant et après chaque entraînement, selon les principes de l'Evidence Based Practice (Sackett *et al.*, 1996). Les interventions sont donc individualisées, systématiques, intensives et fondées sur des preuves selon les recommandations du DSM-5.

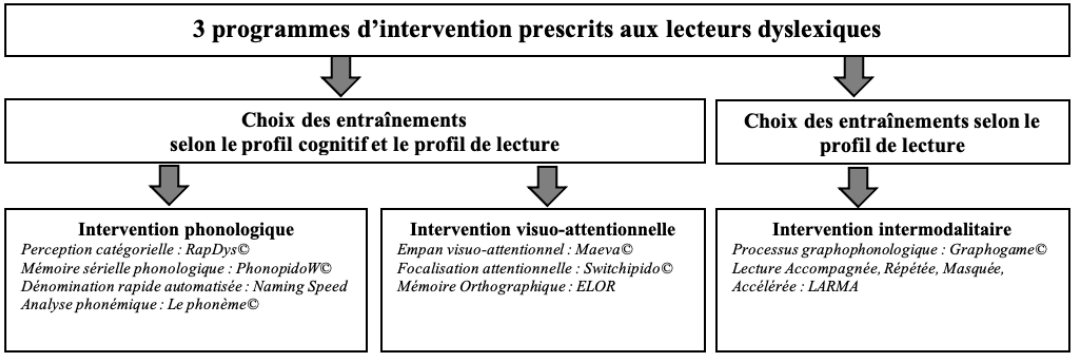

Figure 1. Prescription de remédiation cognitive selon le profil cognitif et le profil de lecture de chaque enfant. Adaptés au profil sémiologique de chaque participant selon une prescription individuelle de soin.

III – Méthodologie

A – Participants

Les critères d'inclusion et de non-inclusion de 59 participants (32 dans le groupe 1 et 27 dans le groupe 2) répondent aux critères diagnostiques des troubles spécifiques du développement de la lecture du DSM-5. Les critères d'inclusion doivent être confirmés par des performances (en vitesse ou en précision) inférieures ou égales à – 1,5 écart-type par rapport à la moyenne en âge chronologique ou développemental à au moins une mesure des tests leximétriques : Alouette-R© (Lefavrais, 1967, 2005) et/ou Evalec Primaire-Collège© (Sprenger-Charolles *et al.*, 2018) et/ou des performances inférieures ou égales au centile 7 aux tests

leximétriques La Mouette, Le Pingouin ou Eval2M de la batterie Evaléo 6-15© (Launay *et al.*, 2018). Tous les participants présentent au moins un score inférieur à – 1,5 écart-type en précision ou en temps aux épreuves phonologiques et visuo-attentionnelles et ont donc un déficit mixte phonologique et visuo-attentionnel. Les enfants présentant un retard intellectuel, des troubles neurologiques, un Trouble du Spectre de l'Autisme, un déficit sensoriel primaire, des carences éducatives, un Trouble du Déficit de l'Attention avec Hyperactivité ou un Trouble du langage oral ne sont pas inclus.

Le foyer familial doit être équipé d'une installation informatique connectée à Internet pour les entraînements quotidiens. Les consentements éclairés des deux parents ou du représentant légal pour l'autorité parentale sont recueillis. Une information orale et écrite (notice d'information et diaporama) est donnée aux parents et à l'enfant. L'ensemble des épreuves d'évaluation initiale est réalisé par l'orthophoniste qui a inclus l'enfant ou l'adolescent dans l'étude. Les soins orthoptiques et/ou psychologiques hebdomadaires sont autorisés pendant l'essai. La participation à un autre programme de soins intensifs pour un trouble d'apprentissage est un critère d'exclusion. Les participants sont inclus par l'investigateur coordonnateur et les investigateurs associés orthophonistes dans leurs centres respectifs situés dans plusieurs villes de France. La liste des investigateurs est disponible auprès du chef de projet de la Délégation de la Recherche Clinique et de l'Innovation (DRCI) du CHU de Nice.

B – Plan expérimental

L'essai clinique est contrôlé randomisé multicentrique et croisé.L'expérimentation se déroule en trois phases sur une période de 16 mois (Figure 2).

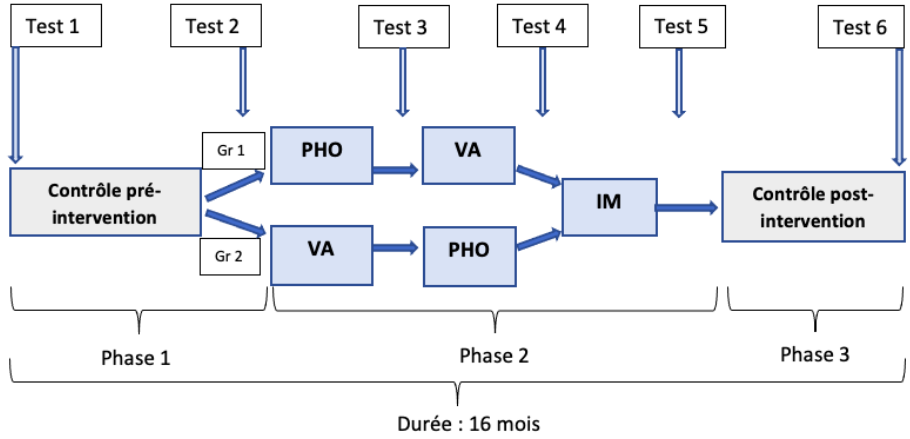

Figure 2. Procédure expérimentale. (PHO : intervention PHOnologique ; VA : intervention Visuo-Attentionnelle ; IM : intervention InterModalitaire).

Lors de la phase 1 « contrôle pré-intervention », la ligne de base pré-intervention (test 1) est effectuée pour sélectionner et inclure les participants. Un processus de randomisation non stratifiée à l'aide du logiciel Query Advisor® v 7.0 répartit les

59 LD en deux groupes, Gr 1 et Gr 2. Pendant 8 semaines, tous les LD bénéficient d'une thérapie conventionnelle à la fréquence d'une séance hebdomadaire de rééducation (30 minutes) avec l'orthophoniste qui a inclus son patient. La thérapie conventionnelle cible les troubles de la lecture et de l'orthographe. Aucun entraînement intensif à domicile n'est donné. À l'issue de la phase 1, la ligne de base pré-intervention est répétée (test 2).

Lors de la phase 2 « intervention avec entraînement intensif », le LD effectue les trois programmes d'intervention intensive phonologique (PHO), visuo-attentionnelle (VA), et intermodalitaire (IM) à son domicile 5 jours/semaine, 15 minutes/jour. Chaque programme dure 8 semaines et s'achève par une pause de 15 jours. L'ordre des deux premières interventions (PHO et VA) est inversé entre les deux groupes. Le groupe 1 (n=32) commence par l'intervention PHO et le groupe 2 (n=27) par l'intervention VA (Figure 2). La séance hebdomadaire de rééducation orthophonique permet d'ajuster, chaque semaine, les supports donnés en fonction de l'évolution individuelle et de vérifier si les instructions d'entraînement à domicile sont bien comprises et appliquées. À la fin de chaque programme d'intervention PHO, VA ou IM, l'orthophoniste effectue les lignes de base post-intervention (tests 3, 4 et 5).

Lors de la phase 3 « contrôle post-intervention », identique à la phase 1, sans entraînement intensif et avec une séance hebdomadaire de 30 minutes pendant 8 semaines, une dernière ligne de base post-intervention (test 6) clôture la procédure expérimentale.

L'objectif principal de cette étude est de déterminer si une intervention multimodale intensive et spécifique (phase 2) améliore les compétences en lecture par rapport à une thérapie conventionnelle non intensive et non spécifique (phase 1) et si les gains obtenus se maintiennent 2 mois après l'arrêt de l'intervention multimodale intensive et la reprise d'une thérapie conventionnelle non intensive (phase 3).

C – Procédures d'évaluation pré et post-intervention

Les 6 évaluations pré et post-intervention portent sur les compétences en lecture (tests 1 à 6) et en orthographe (tests 1,2,5), les processus cognitifs sous-jacents phonologiques et visuo-attentionnels (tests 1, 2 ,3, 5), les compétences mnésiques, linguistiques, le raisonnement fluide (test 1) et l'impact du trouble de la lecture (test 1, 2, 5, 6) (Tableau 1).

1 – Lecture et orthographe

L'efficience en lecture est évaluée par le texte non signifiant *l'Alouette-R©, gold standard* des épreuves de leximétrie (Cavalli *et al.*, 2018), par deux tests signifiants, La Mouette et Le Pingouin, et par un test de lecture de mots en colonnes *Eval2M*. Les procédures d'identification sont évaluées par des épreuves de lecture de mots réguliers, irréguliers et de pseudomots (*Evalec Primaire-Collège©)* qui mesurent les temps d'identification des mots correctement lus par une détection vocale. Les compétences en compréhension de phrases lues silencieusement (*ORLEC L3* : Lobrot, 1967 ; Piérart & Grégoire, 2004) et en orthographe lexicale, morphosyntaxique et phonétique (*Chronosdictées©* : Baneath *et al.*, 2006) sont également évaluées.

2– Processus phonologiques et visuo-attentionnels

Les épreuves évaluant les processus cognitifs sont informatisées. Les processus phonologiques sont évalués par la batterie *Evalec Primaire-Collège©*, par des épreuves de répétition de pseudomots (mémoire à court terme phonologique), de suppression de la première syllabe de pseudomots trisyllabiques, de suppression du premier phonème de pseudomots monosyllabiques (analyse phonologique) et de dénomination rapide de couleurs. Les processus VA sont évalués par le logiciel *Evadys©* (Valdois *et al.*, 2017) qui mesure l'empan VA par une tâche de report global et une tâche de report partiel, et le logiciel *SigI©* (Bedoin & Medina, 2014) qui mesure la capacité à focaliser l'attention sur un mode d'analyse globale ou locale de l'information visuelle.

3 – Processus mnésiques, linguistiques et intelligence non-verbale

L'évaluation de l'empan de chiffres à l'endroit et à rebours (*Evaléo 6-15©)* détermine les compétences en mémoire immédiate et mémoire de travail verbale. L'évaluation de l'empan visuo-spatial à l'endroit et à rebours (*blocs de Corsi*, Fournier & Albaret, 2013) détermine les compétences en mémoire immédiate et mémoire de travail visuo-spatiale. Les compétences lexicales sont évaluées par des tâches de dénomination et de désignation d'images (*Evaléo 6-15©*). La compréhension orale morphosyntaxique est contrôlée par *l'E.CO.S.SE©* (Lecocq, 1998). L'épreuve des Matrices non verbale du *WISC-V* (Wechsler, 2014) relève l'indice de l'intelligence fluide et visuo-spatiale.

4 – Impact de la dyslexie

Deux questionnaires de type échelle de Likert, proposés avant et après les entraînements aux parents et à l'enfant, évaluent la perception de l'impact du trouble de la lecture sur l'appétence à lire, l'estime de soi et l'estime de soi scolaire (Fiassa & Nader-Grosbois, 2016).

Compte tenu de la répétition des mesures leximétriques du test 1 au test 6, un effet retest est attendu (McArthur, 2007). Pour contrôler un éventuel effet retest de l'Alouette-R©, l'épreuve *Delta Text* (Bedoin, 2017) composée de 4 textes non-signifiants (équilibrés en longueur, en fréquence lexicale et en complexité syllabique et phonémique) est proposée en même temps que le test de l'*Alouette-R©*. Pour contrôler l'effet retest de la lecture d'un texte signifiant, une passation alternée de deux textes la *Mouette et le Pingouin* inclus dans la batterie Evaléo 6-15© est proposée. De même, en ce qui concerne l'évaluation de l'orthographe, un éventuel effet retest est contrôlé par la passation alternée de deux versions de dictées de phrases (A et B) incluses dans le test *Chronosdictées*.

Les données recueillies pour chaque participant sont saisies dans trois cahiers d'observation ou *Case Report Form* (CRF). Le CRF Test 1 indique le plan d'évaluation initial et permet la collecte des données de base. Les CRF Groupe 1 et Groupe 2 indiquent les plans d'évaluation pour chaque bras et permettent la collecte des résultats en T2, T3, T4, T5 et T6. Les procédures d'évaluation et d'intervention sont détaillées dans des cahiers de consignes mis à disposition des orthophonistes.

Tableau 1. Tests et batteries d'évaluation utilisées du test 1 au test 6, (1) Alouette, (2) DeltaText, (3) Evaleo 6-15, (4) Evalec Primaire-Collège, (5) Orlec 3, (6) Chronosdictées, (7) Echelle de Likert, (8) RapDys, (9) Evadys, (10) Sigl, (11) Corsi, (12) E.CO.S.SE, (13) Matrices,Wisc-V

Compétences évaluées		Mesures	Tests
Lecture Orthographe	Lecture à voix haute	Textes non signifiants (1, 2)	1 à 6
		Texte signifiant (3)	
		Mots lus en 2 minutes (3)	
		Mots réguliers, irréguliers, pseudomots (4)	1, 2, 5
	Lecture-compréhension	Phrases (5)	
	Orthographe	Phonétique, lexicale et grammaticale (6)	
	Impact de la dyslexie sur la motivation et l'estime de soi	Auto-évaluation : appétence à la lecture et scolaire, estime de soi (7)	1, 2, 5, 6
Processus Cognitifs sous-jacents	Phonologiques	Analyse phonologique (4)	1, 2, 3, 5
		Mémoire phonologique (4)	
		Dénomination rapide de couleurs (4)	
		Perception catégorielle (8)	
	Visuo-attentionnels	Empan visuo-attentionnel (9)	
		Analyse globale/locale (10)	
Évaluations complémentaires	Empan mnésique	Empan verbal (3)	1, 2
		Empan visuo-spatial (11)	
	Langage oral	Vocabulaire actif et passif (3) Compréhension morpho-syntaxique (12)	1
	Raisonnement non verbal	Intelligence fluide et visuo-spatiale (13)	

D – Description des programmes d'intervention

Le programme d'intervention PHO associe l'entraînement des déficits audio-phonologiques (perception catégorielle, analyse phonémique, DRA, mémoire sérielle phonologique) à un entraînement du décodage phonologique en lecture (conversion graphème-phonème) et en transcription (conversion phonème-graphème). Le programme d'intervention VA associe un entraînement des déficits VA (empan VA, analyse globale/locale) à un entraînement du recodage lexical en lecture et de la mémoire orthographique en transcription. Le programme d'intervention IM associe Graphogame à un entraînement de la fluidité en lecture. Pour contrôler l'adhésion aux interventions, la date, la durée, la fréquence et les scores de chaque entraînement sont contrôlés par l'orthophoniste chaque semaine directement sur les interfaces numériques et par l'intermédiaire de fiches de suivi remplies par les parents.

1 – Intervention phonologique

Les déficits audio-phonologiques sont entraînés selon le relevé des performances faites en phase 1 par le test *Evalec Primaire-Collège*© et selon l'évaluation proposée par le logiciel *RapDys*© (Collet, Colin, & Sernicales, 2017) lors de la passation des lignes de base pré-entraînement. Quatre processus audio-phonologiques peuvent être entraînés selon les performances déficitaires mises en évidence chez le participant aux pré-tests : la perception catégorielle avec le logiciel *RapDys*©, la mémoire sérielle phonologique avec le logiciel *PhonopidoW*© (Medina, 2010), la DRA avec le programme *Naming Speed*© (Harrar Eskinazi *et al.*, 2020) et l'analyse phonémique par le programme *Le Phonème*© (Lang & Villuendas, 2011). Les entraînements informatisés s'effectuent 5 jours/semaine, 10 minutes/jour et sont associés au programme *Le Phonème*© 5 jours/semaine, 5 minutes/jour. L'entraînement des compétences phonologiques varie selon la nature et l'intensité des troubles de chaque LD. L'orthophoniste décide des entraînements prescrits. Par exemple, pour un LD ne présentant pas de déficit de la mémoire sérielle phonologique mais un déficit de l'analyse phonémique, de la DRA et de la perception catégorielle, la perception catégorielle et la fusion de phonèmes sont entraînées le premier mois alors que la DRA et la segmentation de mots en phonèmes sont entraînées le deuxième mois.

• **L'entraînement de la perception catégorielle** avec le logiciel *RapDys*© améliore l'identification et la discrimination de la différence de voisement entre les consonnes /t/ et /d/. La persistance d'une perception allophonique correspond à une perception trop grande du délai d'établissement du voisement (*Voice Onset Time* ou VOT). En réduisant progressivement le VOT (positif pour les phonèmes sourds et négatif pour les phonèmes voisés) des pics allophoniques à +/- 75 ms VOT aux pics phonémiques à +/- 5 ms VOT, ce logiciel permet de réduire la distance acoustique entre deux phonèmes autour de la frontière phonémique de voisement et favorise ainsi une catégorisation des phonèmes (Figure 3).

Figure 3. RapDys, (1) Interface du logiciel, (2) Évaluation de l'identification et de la discrimination des sons, (3) Entraînement de l'identification d'un son entendu (/t/ ou /d/), (4) Entraînement de la discrimination de sons entendus (pareils ou différents). Le feed-back est donné par les Gloutons.

• **L'entraînement de la mémoire sérielle phonologique** avec le logiciel *PhonopidoW*© (Medina, 2010) est proposé lorsque la performance au subtest de répétition de pseudomots de la batterie *Evalec Primaire-Collège*© est déficitaire (inférieure à – 1,5 écart-type). Les entraînements consistent à discriminer un son parmi une séquence de plusieurs sons, à comparer ou à composer des séquences de sons. La proximité phonologique entre les sons proposés et la charge en mémoire phonologique sont paramétrables (Figure 4).

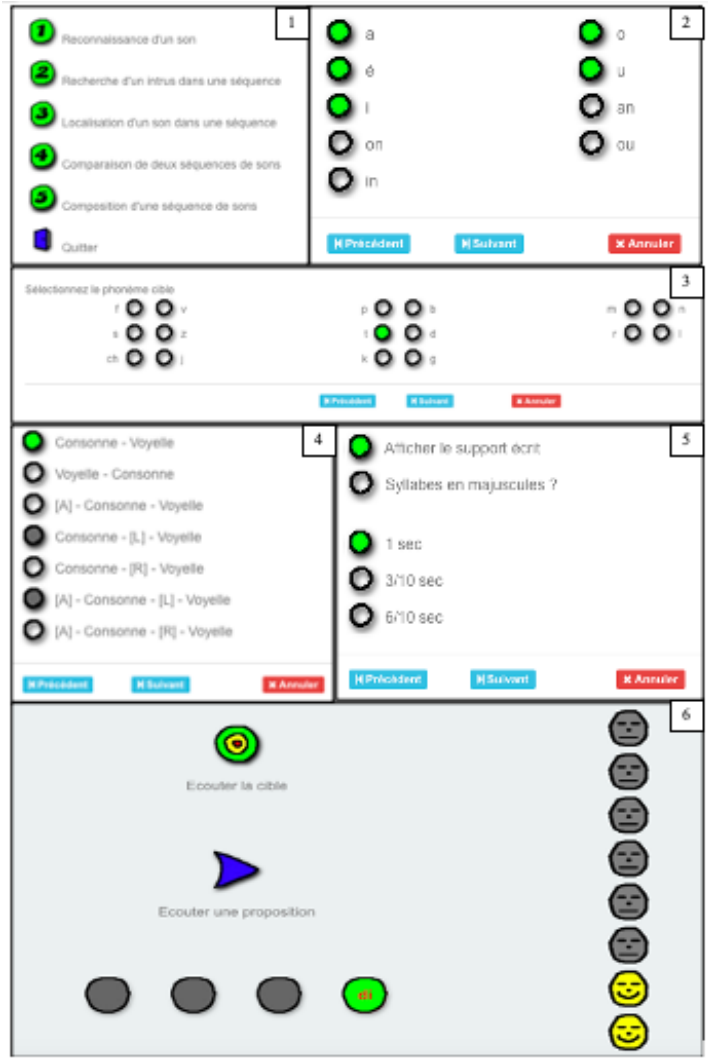

Figure 4. PhonopidoW©, un exemple de tâche impliquant la mémoire sérielle phonologique. (1) Sélection de la tâche ; (2) Sélection des voyelles ; (3) Sélection des consonnes ; (4) Sélection de la structure syllabique, (5) Sélection du type d'affichage, de la casse et du temps d'apparition du stimulus ; (6) Localisation d'un son, énoncé par une voix féminine produit par l'ordinateur, dans une séquence avec apparition des stimuli écrits et apparition du feed-back (smiley).

• **L'entraînement de la DRA** est proposé lorsque les performances au subtest Dénomination sérielle rapide de la batterie *Evalec Primaire-Collège*© sont déficitaires (inférieure à – 1,5 écart-type). L'outil numérique de remédiation Naming Speed© (Harrar Eskinazi *et al.*, 2020), inspiré du logiciel italien *Run the RAN*© (Pecini *et al.*, 2019) consiste à entraîner la dénomination rapide de stimuli visuels non alphanumériques. Cinq images d'objets en noir et blanc issues de la base de données lexiques LEAD (Bonin *et al.*, 2003) sont présentées à l'écran et répétées aléatoirement sur des lignes horizontales sous forme de matrices de 20 à 60 stimuli. L'enfant dénomme les images, dans le sens de lecture, selon une vitesse de dénomination fournie automatiquement par le marquage d'un curseur rouge entourant l'image à dénommer. Au fur et à mesure de l'entraînement, la vitesse de dénomination est augmentée en passant d'une seule image incluse à 2, 3, 4 et 5 images à dénommer simultanément. L'intervalle inter-stimuli passe de 200 ms à 50 ms (Figure 5).

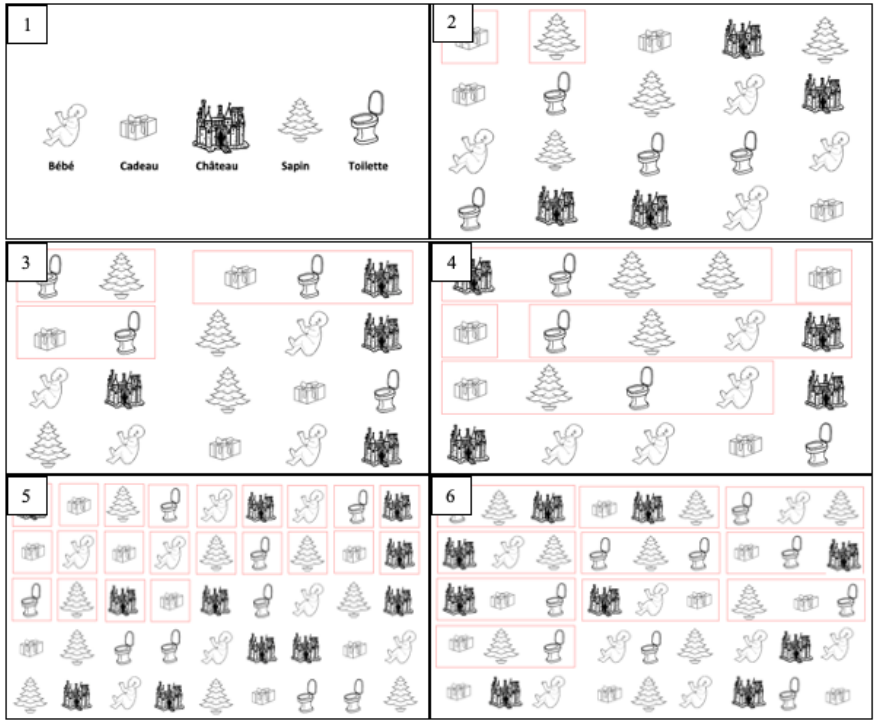

Figure 5. Exemples d'items à dénommer avec Naming Speed© (1) Dénommer les 5 images avec l'aide de l'examinateur si nécessaire, (2) Dénommer une image parmi 20 images au rythme indiqué par le carré rouge. Le carré rouge se déplace horizontalement de la gauche vers la droite à une vitesse variable de 200 à 50 ms entre chaque image, (3) Dénommer plusieurs images incluses dans le carré rouge, en mode linéaire, (4) ou aléatoire. Le carré rouge peut inclure une, deux, trois, quatre ou cinq images. (5) Dénommer une image parmi 45 images au rythme indiqué par le carré rouge, (6) La vitesse et le nombre d'images incluses dans le carré rouge augmentent progressivement.

• **L'entraînement de l'analyse phonémique** se compose de tâches orales de fusion de phonèmes (par exemple, d/r/a/g/ɔ̃ : dragon) et de segmentation de mots en phonèmes (par exemple, jardin : /j/a/r/d/ɛ̃) avec des listes de 10 mots et/ou de pseudomots issue d'un outil de remédiation *Le Phonème*© (Lang & Villuendas, 2011) qui sont ensuite lus à voix haute et écrits manuellement par le participant. A la fin de la copie, l'enfant est invité à rappeler par écrit les mots dont il se souvient.

2 – Intervention visuo-attentionnelle

Selon le relevé des performances effectué en phase 1 par les tests *Evadys*© et *Sigl*©, les compétences VA sont entraînées avec les logiciels Maeva© (Lobier, 2008) et Switchipido© (Bedoin & Medina, 2013), à une fréquence de 5 jours/semaine, 10 minutes/jour. Ces deux logiciels d'entraînement sont systématiquement associés à un outil numérique de remédiation de la mémoire orthographique *ELOR*© (Lefèvre *et al.*, 2022).

• **L'entraînement de l'empan visuo-attentionnel** avec le logiciel *Maeva*© présente brièvement (420 à 120 ms) à l'écran une séquence de 2 à 7 stimuli visuels comprenant des lettres, des pseudo-lettres, des chiffres, des formes géométriques ou des caractères japonais. À sa disparition, l'enfant doit réaliser une tâche de catégorisation selon six consignes différentes de difficulté croissante. Un algorithme prenant en compte les réponses de l'enfant, permet d'adapter en temps réel la difficulté de l'exercice (Figure 6).

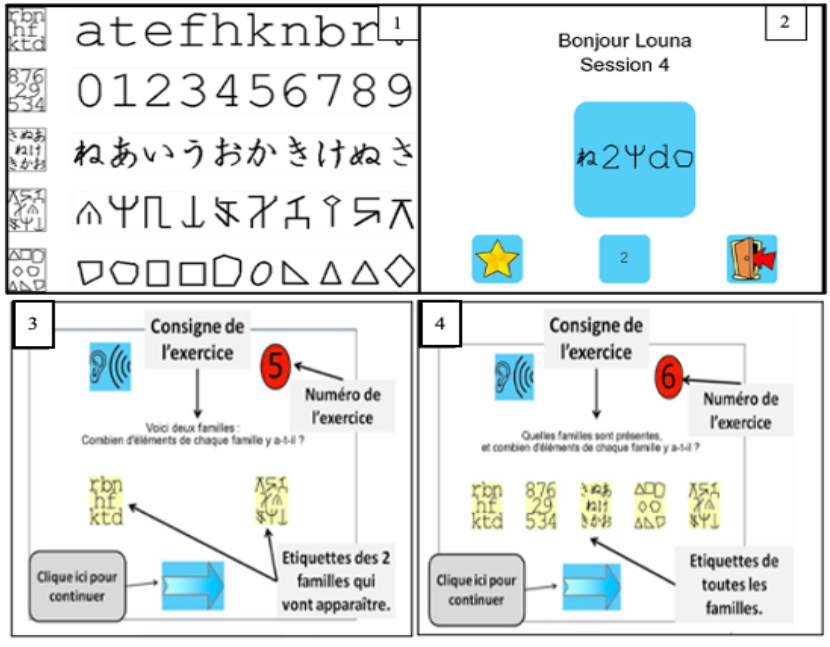

Figure 6. Maeva© (1) Étiquettes représentatives des cinq catégories visuelles associées aux 10 éléments représentant respectivement chaque catégorie ; (2) Écran de navigation avec accès à la phase de familiarisation, la phase d'entraînement, les meilleurs scores enregistrés ou la sortie du jeu ; (3) Catégorisation avec deux familles de stimuli ; (4) Catégorisation avec toutes les familles de stimuli.

• **L'entraînement de l'analyse visuelle locale/globale** avec Le logiciel *Switchipido*© (Bedoin & Medina, 2013) présente brièvement à l'écran des stimuli hiérarchisés (grands stimuli réalisés avec des petits dessins). L'enfant doit focaliser son attention visuelle soit sur la forme globale, soit sur les détails, soit mobiliser la bascule de la focalisation visuelle entre le niveau global et le niveau local (Figure 7).

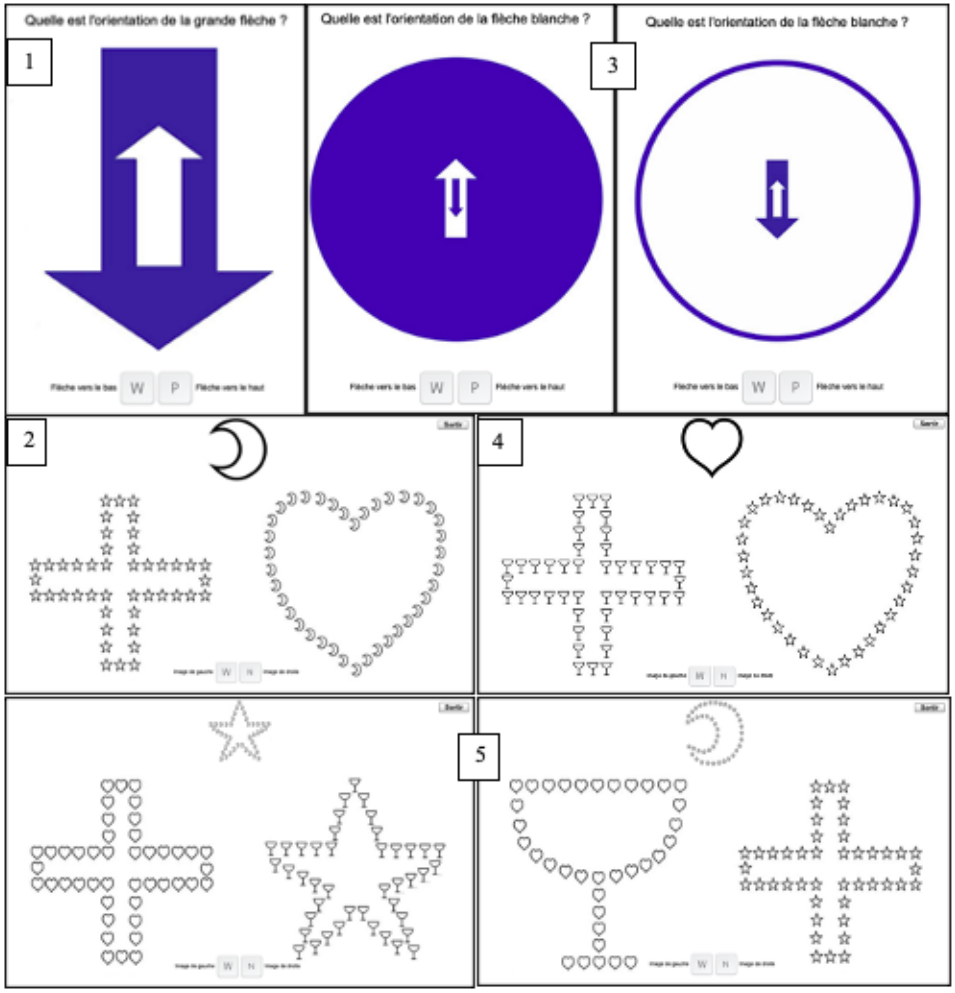

Figure 7. Switchipido©, focalisation attentionnelle au niveau global : (1) Panneau global, « indiquer l'orientation de la grande flèche », (2) Triplet global, « apparier un stimulus simple avec un des deux dessins hiérarchisés identique au niveau global » : bascule de la focalisation entre le niveau local et le niveau global, (3) Panneau alternance, « indiquer la direction de la flèche blanche », (4) Triplet simple, « apparier un stimulus simple avec un des deux dessins hiérarchisés identique soit au niveau local, soit au niveau global », (5) Triplet complexe, « apparier un stimulus complexe avec un des deux dessins hiérarchisés identique soit au niveau local, soit au niveau global. »

• **L'entraînement de la mémoire orthographique** avec le logiciel ELOR©, à la fréquence de 5 jours/semaine, 5 minutes/jour. Sur le principe d'un processus mnésique d'encodage/stockage/récupération, cet entraînement commence par une lecture « flash » de 20 mots ayant la même régularité orthographique (par exemple, mots finissant par « eau »). À la suite de la lecture, les mêmes mots présentés dans le même ordre en temps limité, sont copiés. À la fin de la copie, l'enfant est invité à rappeler par écrit les mots dont il se souvient. Les listes de mots et le nombre de mots par liste sont définis et adaptés individuellement par l'orthophoniste selon les scores obtenus aux lignes de base pré-entraînement. L'entraînement est effectué pendant 5 minutes, après Maeva© et Switchipido© (Figure 8).

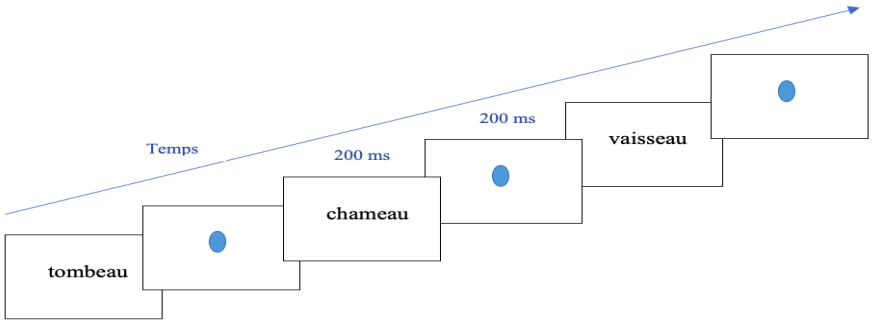

Figure 8. ELOR©, exemples d'items entraînés avec une régularité orthographique « eau », (1) les mots qui apparaissent à l'écran sont lus à voix haute ; (2) les mêmes mots sont écrits en copie différée (mot présenté et caché avant la production écrite) ; (3) les mots sont à nouveau lus à voix haute. Le temps inter-stimuli est de 2 secondes mais peut-être adapté à la vitesse de lecture.

3 – Intervention intermodalitaire

• **L'entraînement audio-visuel** avec le logiciel *Graphogame*© (Richardson & Lyytinen, 2014) est proposé à tous les LD pendant deux mois (10 minutes/jour) afin de réduire le déficit spécifique (audio-visuel) de liaison intermodale entre les lettres et les sons, en renforçant l'automatisation du couplage entre les codes orthographique et phonologique. Contrairement aux entraînements phonologiques et VA proposant une présentation non simultanée, soit auditive, soit visuelle, d'unités linguistiques ou non linguistiques, *Graphogame*© est un entraînement audio-visuel présentant simultanément des stimuli auditifs entendus et des stimuli visuels écrits d'unités linguistiques de différentes tailles (phonèmes, syllabes, rimes, mots, phrases). Trois niveaux de démarrage ont été paramétrés pour s'adapter au niveau de lecture du LD. L'orthophoniste définit le niveau de démarrage selon les scores obtenus aux lignes de base pré-entraînement. Un critère de réussite fixé à 85 % des items d'une séquence doit être atteint pour que le participant puisse passer à une nouvelle série (Figure 9).

Figure 9. Graphogame©, différents types d'exercices, (1) « Classique », retrouver le mot entendu parmi 2 à 4 mots ; (2) « Multi-instance », retrouver le mot entendu présenté 3 fois à l'écran ; (3) « Formation de mots » reconstruire le mot entendu à partir de différents graphèmes ; (4) « Formation de phrases » reconstruire la phrase entendue à partir de différents mots.

• **L'entraînement de la fluence en lecture** avec le programme *LARMA* (Lecture Accompagnée, Répétée, Masquée, Accélérée) est associé à Graphogame (5 minutes, 5 jours/semaine). L'objectif est d'améliorer la fluidité de lecture et l'appétence à lire. Ce programme s'inspire des interventions en lecture accélérée avec défilement de mot et masquage auditivo-verbal (Breznitz, 1997) et des interventions en lecture répétée avec masquage auditivo-verbal (Leloup *et al.*, 2021). Le LD choisit un livre « papier » adapté à son niveau de lecture et lit chaque jour un texte à voix haute en suivant 6 étapes : (1) lecture du texte pendant 2 minutes par le LD pendant que le parent relève le nombre d'erreurs ; (2) lecture du même texte par le parent, avec une vitesse normale et le LD suit avec un stylo (ou le doigt) le texte lu (traitement audio-visuel) ; (3) lecture simultanée par le LD et le parent (lecture accompagnée), avec le stylo ; (4) lecture avec le stylo par le LD seul ; le parent corrige les mots erronés ou lit les mots qui ne sont pas lus assez rapidement (lecture répétée) ; (5) lecture par le LD, le plus vite possible, en écoutant une chanson en français de son choix avec un casque audio (masquage auditivo-verbal) ; (6) lecture par le LD le plus vite possible sans ce masquage. Le parent relève la vitesse de lecture et le nombre d'erreurs. Les étapes 1, 5 et 6 sont obligatoires. Les étapes 2, 3 et 4 sont choisies en fonction du niveau de lecture de l'enfant, défini par les scores aux lignes de base pré-entraînement. Le jour suivant, un texte différent est lu en suivant les mêmes étapes.

IV – Résultats

A – Plan d'analyse statistique

Les données sont analysées à l'aide du logiciel Jamovi (version 1.6.23.0). Elles se limitent aux participants ayant complété la totalité de l'étude ; le reste des données sera analysé à la fin de l'étude. Il s'agit donc d'une analyse intermédiaire qui nécessite une correction du niveau de risque alpha de première espèce. Celui-ci est ramené à 0,0025 après division par le nombre d'analyses, soit 2 (une intermédiaire et une finale) puis par le nombre de comparaisons multiples prévues, soit 10 (correction de Bonferroni).

Des analyses descriptives montreront d'abord l'évolution et les caractéristiques des scores d'efficience en lecture de T1 à T6. Les scores d'efficience en lecture avant l'intervention multimodale seront comparés entre les deux groupes de participants par un test t de Student pour échantillons indépendants. L'efficience en lecture est calculée pour l'Alouette et le DeltaText séparément par la formule suivante: mots correctement lus * temps [en secondes]/180.

Nous utiliserons une ANOVA répétée avec un facteur inter-sujets à deux niveaux (Groupe 1 et Groupe 2) et un facteur intra-sujets à six niveaux correspondant aux évaluations successives. La correction de *Greenhouse-Geiser* (epsilon-hat) sera appliquée aux tests F de Fisher si la sphéricité se révélait être insuffisante (epsilon < 0,75). Les effets principaux seront étudiés en l'absence d'interaction significative entre les facteurs ci-dessus. La taille de l'effet sera estimée par l'indice êta-carré $\eta 2$: 0,01 indique une taille de l'effet faible, 0,06 une taille de l'effet modéré et 0,14 une taille de l'effet élevée (Cohen, 1988). En cas d'effet intra-sujet significatifs, nous réaliserons des tests multiples de *Tuckey HSD* (différence significative honnête) pour comparer les différents temps.

B – Analyses statistiques descriptives

L'évolution de l'efficience en lecture aux tests de l'Alouette et DeltaText de T1 à T6 est présentée dans le Tableau 2 pour 32 enfants du groupe 1 qui ont effectué l'entraînement phonologique, puis visuo-attentionnel puis intermodalitaire et 27 enfants du groupe 2 qui ont effectué l'entraînement visuo-attentionnel puis phonologique puis intermodalitaire.

Tableau 2. Évolution et caractéristiques des scores d'efficience en lecture aux tests l'Alouette (AL) et DeltaText (DLT) pour les participants des groupes 1 (n=32) et 2 (n=27). Score d'efficience : CTL=C*180/TL (C : mots corrects lus ; TL : temps de lecture). Les deux mesures AL CTL et DLT CTL sont reportées suivies des indices 1, 2, 3, 4, 5, et 6 qui indiquent les temps d'évaluation de T1 à T6. Les mesures 1 et 2 ont été effectuées en pré-entraînement, les mesures 3 et 4 entre chaque entraînement et les mesures 5 et 6 en post-entraînement. ET : écarts-types, p : valeur de la probabilité.

		Groupe	T1	T2	T3	T4	T5	T6
ALOUETTE (CTL)	Moyennes (écarts-types)	1	150.69 (89.96)	163.22 (89.45)	194.94 (106.83)	211.44 (104.59)	236.00 (114.59)	252.03 (126.79)
		2	145.11 (76.59)	164.07 (84.53)	196.33 (103.89)	232.15 (117.98)	252.56 (116.54)	264.96 (116.23)
	Médianes	1	143.50	167.50	188.50	216.00	239.50	235.00
		2	122.00	130.00	169.00	206.00	243.00	255.00
	Minimum	1	13.00	21.00	37.00	40.00	56.00	62.00
		2	19.00	26.00	29.00	39.00	55.00	57.00
	Maximum	1	372.00	378.00	456.00	397.00	476.00	573.00
		2	330.00	353.00	423.00	512.00	565.00	528.00
	Shapiro-Wilk W (p)	1	0.96	0.96	0.96	0.96	0.97	0.96
		2	0.90	0.93	0.91	0.95	0.96	0.96
DELTATEXT (CTL)	Moyennes (écart-types)	1	137.34 (81.36)	145.00 (83.72)	165.03 (88.89)	183.41 (93.04)	192.50 (95.03)	202.59 (95.93)
		2	132.44 (74.26)	138.11 (77.03)	163.26 (87.00)	197.93 (98.32)	207.15 (98.54)	217.52 (101.27)
	Médianes	1	134.00	159.00	170.50	183.50	191.50	207.50
		2	105.00	115.00	154.00	176.00	201.00	214.00
	Minimum	1	18.00	11.00	27.00	30.00	22.00	30.00
		2	12.00	16.00	19.00	30.00	35.00	46.00
	Maximum	1	299.00	351.00	364.00	369.00	398.00	405.00
		2	285.00	301.00	344.00	441.00	457.00	450.00
	Shapiro-Wilk W (p)	1	0.95	0.96	0.97	0.97	0.98	0.97
		2	0.93	0.93	0.95	0.96	0.96	0.95

C – Analyses statistiques inférentielles

1 – Scores d'efficience en lecture du texte l'*Alouette*.

Les comparaisons de moyennes montrent que les deux groupes de participants ne diffèrent significativement ni sur les mesures effectuées à l'inclusion en T1 (t (57) =0.25, p=.801, $CI95$= [-46,07 ; 20,36], d=0.07), ni sur celles effectuées avant l'intervention multimodale en T2 (t (57) = -0.04, p=.970, IC95= [-46,51 ; 44,80], d= -0,01).

L'ANOVA à mesures répétées met en évidence un effet significatif du facteur Temps sur les scores CTL de l'Alouette (F(2,129)=129,62, p<.001), avec une taille de l'effet importante (η2=0.13). Il n'y a pas d'effet significatif du facteur Groupe (F(1,57)=0.09, p=.770), ni de l'interaction Temps*Groupe (F(2,129)=1,79, p=.166).

Les conditions de normalité et d'homogénéité des variances sont remplies. La condition de sphéricité n'est pas remplie (p<.05), ce qui nécessite une correction de *Greenhouse Geisser* (epsilon < .75). Les comparaisons post hoc pour l'effet significatif du facteur Temps montrent des différences non significatives aux temps T2 par rapport à T1 (p=.0025) et T6 par rapport à T5 (p=.003) et des différences significativement supérieures aux temps T3 par rapport à T2 (p<.001), T4 par rapport à T3 (p<.001), T5 par rapport à T4 (p<.001).

La figure 11 illustre l'évolution globale des scores d'efficience en lecture de « l'Alouette » de T1 à T6 avec « les intervalles de confiance intra-sujets » (Cousineau, 2005). Pour le groupe 1, le pourcentage de gain T1/T2 est de 8,31 % soit (163,22-150,69/150,69)*100 et le pourcentage de gain total est de 67,25 % soit (252,03-150,69/150,69)*100. Pour le groupe 2, le pourcentage de gain T1/T2 est de 13,06 % et le pourcentage de gain T1/T6 est de 82,59 %.

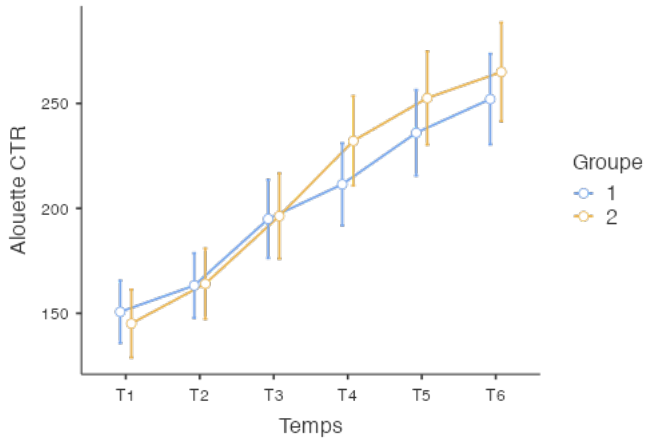

Figure 11. Évolution des moyennes au score d'efficience CTL de l'Alouette (ronds) pour les groupes 1 et 2 de T1 à T6. Intervalles de confiance intra-sujets à 95 % (barres verticales*).*

2 – Scores d'efficience en lecture de *DeltaText*.

Les comparaisons de moyennes montrent que les deux groupes de participants ne diffèrent significativement ni sur les mesures effectuées à l'inclusion en T1 (t(57)=0.24, p=.811, CI95= [-36.02;45.82], d=0.06), ni sur celles effectuées avant l'intervention multimodale en T2 (t(57)= 0.33, p=.745, *CI*95= [-35.36;49.14], d=0.09).

L'ANOVA à mesures répétées (tableau 4) met en évidence un effet significatif du facteur Temps sur les scores CTL de DeltaText (F(2,137)=109.70, p<.001), avec une taille de l'effet importante (η2=0.09). Il n'y a pas d'effet significatif du facteur Groupe (F(1,57)=0.05, p=.825) et de l'interaction Temps*Groupe (F(2,137)=3.16, p=.825). Les conditions de normalité et d'homogénéité des variances sont remplies. La condition de sphéricité n'est pas remplie (p<.05), ce qui nécessite une correction de Greenhouse-Geisser (epsilon < .75). Les comparaisons post hoc pour l'effet significatif du facteur Temps montrent des différences non significatives aux temps T2 par rapport à T1 (p=.054) et T6 par rapport à T5 (p=.003), et significativement supérieures aux temps T3 par rapport à T2 (p<.001), T4 par rapport à T3 (p<.001), T5 par rapport à T4 (p<.001).

La figure 12 illustre l'évolution globale des scores d'efficience en lecture des DeltaText de T1 à T6 et les « intervalles de confiance intra-sujets » (Cousineau, 2005). Pour le groupe 1, le pourcentage de gain T1/T2 est de 5,7 % soit (145-137,34/137,34)*100 et le pourcentage de gain total T1/T6 est de 47,50 % soit (202,59-137,34/137,34)*100. Pour le groupe 2, le pourcentage de gain T1/T2 est de 4,28 % et le pourcentage de gain T1/T6 est de 64,24 %.

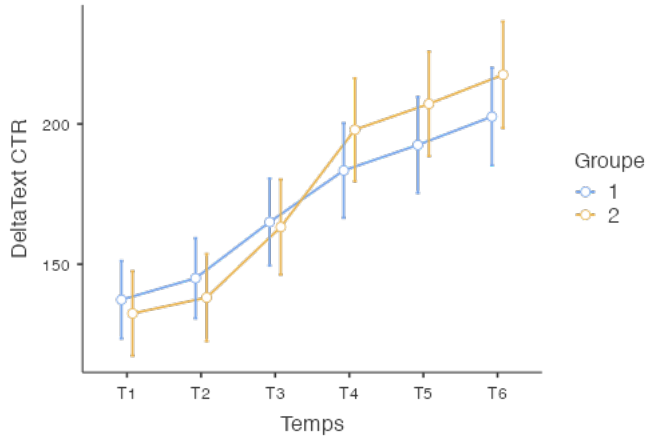

Figure 12. Évolution des moyennes au score d'efficience CTL de DeltaText (ronds) pour les groupes 1 et 2 de T1 à T6. Intervalles de confiance intra-sujets à 95 % (barres verticales).

V – Discussion

L'objectif principal de cette étude est de déterminer si une intervention multimodale intensive et spécifique (phase 2) améliore les compétences en lecture par rapport à une thérapie conventionnelle non intensive et non spécifique (phase 1) et si les gains obtenus se maintiennent 2 mois après l'arrêt de l'intervention multimodale intensive et la reprise d'une thérapie conventionnelle non intensive (phase 3). La ligne de base (T1) est évaluée au début de la phase 1. Les effets de la thérapie conventionnelle non intensive sont évalués à l'issue des 2 mois de la phase 1 (T2). Les effets de l'intervention multimodale sont évalués tous les deux mois à l'issue de chaque programme d'intervention de la phase 2 (T3, T4 et T5) et deux mois plus tard à l'issue de la phase 3 (T6).

Les résultats préliminaires de cette étude en cours sont encourageants et confirment notre hypothèse principale en montrant une amélioration significative des scores d'efficience en lecture de *DeltaText* et l'*Alouette* après les entraînements intensifs à la fin de la phase 2 (T5). Ce gain est de 47,50 % et 64,24 % pour les groupes 1 et 2 respectivement. De plus, les compétences en lecture s'améliorent significativement dès le premier entraînement (T3) qu'il soit phonologique ou visuo-attentionnel et continuent d'augmenter de façon significative avec le deuxième et troisième entraînement (T4, T5) et 2 mois après l'arrêt des entraînements (T6), et ceci indépendamment de l'ordre des entraînements puisque aucune différence

significative entre les groupes n'est relevée. Les effets de la période pré-intervention pendant la thérapie conventionnelle non intensive (T1/T2) et ceux de la période post-intervention après arrêt des entraînements (T5/T6) ne sont pas significatifs.

Le fait que cette méthodologie de soin de la DD s'appuie sur une combinaison des trois axes de *l'Evidence Based* Practice peut contribuer à expliquer les gains importants obtenus sur les compétences en lecture. Le premier axe qui intègre les preuves scientifiques externes est ici fondé principalement sur l'hypothèse causale multimodale de la dyslexie développementale (McGrath *et al.*, 2020; Menghini *et al.*, 2010; Pennington, 2006) et sur les conclusions de plusieurs méta-analyses évaluant l'efficacité des interventions (Ehri *et al.*, 2001; Galuschka *et al.*, 2014). De nombreux chercheurs convergent de plus en plus vers l'idée que plusieurs causes et facteurs interagissent pour contribuer à l'émergence des troubles de la lecture. Ainsi, une multitude de traitements innovants visent à améliorer les compétences en lecture de manière indirecte, en entraînant les compétences cognitives et perceptives potentiellement impliquées dans les processus de lecture (Bedoin, 2017; Cancer *et al.*, 2020; Frey *et al.*, 2019; Pecini *et al.*, 2019; Zoubrinetzky *et al.*, 2019). Cependant, nous savons maintenant que l'association d'une intervention à la fois sur les déficits cognitifs sous-jacents et sur les processus de lecture est plus efficace qu'une intervention limitée aux processus cognitifs sous-jacents. Des méta-analyses ont montré que les interventions portant sur l'entraînement de la conscience phonémique sont plus efficaces si elles sont associées à une intervention portant sur un entraînement systématique des correspondances phono-graphémiques ou à un entraînement de la lecture répétée (Ehri *et al.*, 2001; Galuschka *et al.*, 2014). Les interventions portant sur l'entraînement des processus cognitifs visuo-attentionnels sont également plus efficaces si elles sont associées à des entraînements de lecture et d'orthographe. Notre programme d'intervention multimodal, en s'appuyant sur ces données probantes, a d'ailleurs participé à fonder les propositions de recommandations de bonnes pratiques de soins du langage écrit (Leloup *et al.*, 2022).

Le deuxième axe de *l'Evidence Based Practice*, qui intègre des preuves cliniques internes fondées sur l'expertise du clinicien, est particulièrement important dans ce programme d'intervention, car tous les investigateurs sont des orthophonistes volontaires sélectionnées par le biais de formation continue pour participer à cette étude. Cependant, l'expertise clinique nécessite également l'auto-évaluation du praticien par la prise en compte de l'épineux problème des biais de jugement, d'interprétation ou des biais cognitifs tels que les biais de confirmation. La mise en place d'un forum dédié à toutes les questions méthodologiques, pratiques et thérapeutiques de l'étude a favorisé une expertise clinique collégiale en maintenant des échanges permanents entre les cliniciennes pour tenter de diminuer ces biais. L'interprétation et le jugement clinique requis pour adapter les entraînements au profil sémiologique (profil cognitif et profil de lecture) de chaque LD ont été ainsi optimisés. En effet, l'association systématique d'un entraînement des processus cognitifs sous-jacents avec un entraînement des processus de lecture, adaptée au profil sémiologique de chaque LD requiert une grande expertise clinique et reste encore difficile à mettre en œuvre pour de nombreux praticiens. Ce programme de remédiation a ainsi facilité cette démarche en imposant une ligne de base pré-intervention pour définir un profil cognitif et un profil de lecture afin de rétablir simultanément des processus cognitifs sous-jacents (visuo-attentionnel, phonologique ou intermodalitaire) et des processus

de lecture (décodage phonologique ou mémoire orthographique) selon les modèles cognitifs de la lecture (Ziegler *et al.*, 2020). Ainsi, cette expertise clinique a favorisé la spécificité des entraînements, un des points clé essentiels de l'efficacité d'une rééducation cognitive (Maillart *et al.*, 2014; Seron & Van der Linden, 2016). Par ailleurs, nous avons constaté qu'il était nécessaire de vérifier très précisément l'application des critères d'inclusion et de non-inclusion lors de l'évaluation pré-intervention (T1) afin d'éviter d'inclure des enfants porteurs d'un trouble développemental du langage oral. Ce diagnostic différentiel entre le trouble spécifique du langage écrit et le trouble développemental du langage oral qui semblait parfois confus pour les cliniciennes, a pu être contrôlé par une triple expertise clinique, celle des orthophonistes investigatrices associées, celles de l'ingénieure d'étude et celle de l'orthophoniste investigatrice principale. La supervision des évaluations et des entraînements par 94 orthophonistes participant à l'étude et possédant des connaissances solides et professionnelles sur la DD, a donc très certainement participé à améliorer l'efficacité de l'intervention, conformément aux conclusions de plusieurs méta-analyses (Galuschka *et al.*, 2014; National Reading Panel, 2000; Scammacca *et al.*, 2007).

Le troisième axe de *l'Evidence Based Practice* qui intègre les préférences des patients dans la prise de décisions en matière de soin, a été mis en œuvre lorsque les enfants et leurs parents ont décidé de participer ou non au protocole d'intervention et lorsque qu'ils pouvaient retirer leur consentement pendant toute la durée de l'expérimentation. Pour faciliter leurs décisions, les enfants et leurs parents ont reçu toutes les informations nécessaires à la compréhension de la DD et des éventuelles attentes et limites du protocole. Par la suite, ces informations ont été répétées pendant toute la durée de l'étude sur différents supports (diaporama, fiches d'informations écrites, informations verbales). Les résultats obtenus aux différents temps de l'étude ont été communiqués très précisément pour soutenir l'engagement actif des enfants et des parents pendant toute la durée de l'intervention. Cette participation a été renforcée en demandant la présence systématique d'un des parents lors des différentes évaluations et lors des séances hebdomadaires. Les enfants et leurs parents ont été également formés pour utiliser de façon autonome les logiciels d'entrainement à l'aide de tutoriels. Ainsi, l'association des principes d'éducation thérapeutique et de décision partagée (Towle *et al.*, 1999) sont essentiels et indispensables à la réussite d'une remédiation cognitive (Seron & Van der Linden, 2016). Ces principes ont permis de maintenir une participation active des parents et des enfants dans leurs décisions et leurs engagements de soin et de réduire la mortalité expérimentale inhérente aux contraintes importantes des entraînements intensifs (5j/sem, 10min/j).

Le maintien de l'engagement a également été renforcé par l'utilisation de nombreux outils numériques. Ces outils numériques facilitent également la spécificité de l'intervention en permettant une adaptation des entraînements au profil sémiologique et à la progression de chaque LD, en accord avec le modèle PNI, *Pediatric Neurocognitive Interventions* (Limond *et al.*, 2014). En effet, ce modèle PNI intègre le rôle du développement et de la maturation cognitive dans la planification de la rééducation, en adaptant les objectifs à l'âge et au développement de l'enfant. Bien perçus par les enfants et les parents, ces outils numériques augmentent l'autonomie, la motivation et l'attention car ils favorisent l'engagement actif du participant de façon attrayante et ludique (De Cara & Plaza, 2010; Harrar Eskinazi *et al.*, 2019). Ils présentent donc de nombreux avantages

et garantissent également les aspects essentiels de la rééducation cognitive comme le feed-back cognitif systématique, la mise en jeu répétée du processus ciblé, le contrôle de la vitesse de présentation, l'apprentissage sans erreurs ou le renforcement positif (Maillart *et al.*, 2014). De plus, la présence constante de l'adulte (parent ou orthophoniste) favorise l'efficacité, en permettant l'étayage et le développement interactif de l'enfant afin de lui permettre d'accéder progressivement à la réussite de l'action en autonomie. Ce principe d'étayage rejoint le concept de *Zone Proximale de Développement* (Vigotsky & Piaget, 1997) et de dynamique temporelle d'apprentissage (Brossard, 2004). L'entraînement *LARMA*, proposé dans ce protocole, est une illustration parfaite de ce concept puisque l'enfant lit d'abord avec l'aide de l'adulte pendant les premières étapes puis lit seul lors des deux dernières étapes.

Nonobstant, le plan expérimental de ce protocole peut présenter certaines limites. La première concerne l'impact des possibles effets retest qui pourraient biaiser l'interprétation des résultats. L'effet retest est contrôlé ici par la présentation de textes différents (DeltaText). Ainsi, le gain d'efficience obtenu à la lecture de textes non signifiants *DeltaText* entre T2 et T3, très supérieur au gain d'efficience obtenu à la lecture des *DeltaText* entre T1 et T2, ne peut pas être attribué à un effet retest. De plus, le gain dû à l'effet retest est généralement plus important à la deuxième passation qu'à la troisième à un intervalle de temps de trois mois (Scharfen *et al.*, 2018) et se stabilise après trois mois (Bartels *et al.*, 2010). Les gains évalués avec *DeltaText* ne peuvent donc pas être biaisés par un effet retest.

La seconde limite concerne la question du groupe contrôle. En effet, la comparaison avec un groupe témoin de LD recevant un entraînement non spécifique (par exemple en mathématiques) est normalement nécessaire pour contrôler la spécificité des effets des entraînements, ainsi qu'un groupe témoin de LD sans entraînement pour contrôler les possibles effets *Hawthorne* et placebo (Berthelot, 2016). Mais, un entraînement non spécifique pendant 16 mois, pouvant être assigné aléatoirement, n'était pas éthiquement envisageable et augmentait le risque de refus de participation à l'étude. De plus, les gains obtenus avec un entraînement non spécifique dans un groupe témoin avec un contrôle « inter-sujet » peuvent être supérieurs ou inférieurs aux gains avec un contrôle « intra-sujet » et ceci peut conduire à une surestimation ou à une sous-estimation de la taille de l'effet (McArthur *et al.*, 2015). Par conséquent, nous avons fait le choix d'un contrôle « intra-sujet » pour évaluer les gains non liés au traitement tout en respectant les exigences éthiques et scientifiques dans un contexte de faisabilité clinique. Autrement dit, nous avons choisi de comparer la pente des gains de la phase 2 (intervention intensive) à la pente des gains de la phase 1 (2 mois sans intervention intensive). Néanmoins, afin de confirmer la spécificité de l'intervention, des mesures supplémentaires pré et post-entraînement ont été systématiquement effectuées au sein de chaque programme d'intervention. Ainsi, nous avons mesuré, sur des temps définis a priori, les compétences ciblées par l'entraînement, les compétences en lecture ou en orthographe pour lesquelles une généralisation est attendue et les compétences non spécifiques à l'entraînement pour lesquelles aucun effet n'est attendu.

Conclusion

En conclusion, l'originalité de ce protocole expérimental est de proposer un programme d'entraînements intensifs adaptés au profil cognitif et au profil de lecture de chaque lecteur dyslexique. Ce programme répond aux exigences scientifiques par le design expérimental de l'essai clinique randomisé et par la méthodologie appliquée et aux exigences cliniques par la prescription individuelle de soin grâce à l'expertise des orthophonistes. Les stratégies de remédiation utilisées visent essentiellement la manipulation et la répétition des informations afin de générer des représentations cognitives élaborées et de restaurer les fonctions déficitaires par le biais d'une réorganisation fonctionnelle et structurelle (Peyroux & Seguin, 2018). En proposant un modèle d'intervention dans le traitement de la DD, ce protocole expérimental renforce les pratiques de soin des thérapeutes et l'efficacité des prises en charge. Nous espérons que cette approche interventionnelle multimodale permettra d'améliorer l'efficacité des remédiations des troubles de la lecture mais aussi de limiter les prises en charge longues.

Une perspective intéressante est d'envisager la possibilité de proposer des entraînements intensifs ciblés et contrôlés à domicile après le premier bilan orthophonique pour favoriser l'accès aux soins dans des délais raisonnables, sans attendre une disponibilité de prise en charge régulière. Les déplacements difficiles à gérer pour les familles, à cause des horaires scolaires et de l'activité professionnelle des parents, pourraient ainsi être limités. Une autre perspective serait de proposer une adaptation de ce type d'intervention multimodale intensive aux enfants à risque de développer un trouble de la lecture ou aux enfants faibles lecteurs avant ou au début de l'apprentissage de la lecture en milieu scolaire.

Abréviations : LD (lecteur dyslexique), DCSJ (déficit cognitif sous-jacent), DRA (dénomination rapide automatisée), VA (visuo-attentionnel), IM (intermodalitaire), PHO (phonologique).

Financements, approbations éthiques et remerciements

Cette étude est financée par une convention industrielle de formation pour la recherche (CIFRE n° 2018/1089) entre l'Association nationale de la recherche et de la technologie (ANRT), le Laboratoire d'Anthropologie et de Psychologie Cliniques, Cognitives et Sociales (LAPCOS) et la société GNOSIA. L'étude est aussi financée par le projet e-Fran LEMON et par les Hôpitaux Pédiatriques de Nice CHU-Lenval. L'essai clinique a reçu l'approbation du Comité de Protection des Personnes Iles de France IV et du Comité d'éthique pour la recherche non interventionnelle de l'Université Côte d'Azur. Sur la base de la Déclaration d'Helsinki et du décret de la loi Jardé relatif aux recherches impliquant la personne humaine (décret n° 2016-1537 du 16 novembre 2016), un formulaire de consentement éclairé écrit est signé par les parents de chaque participant. L'essai clinique a été enregistré sur le site ClinicalTrials.gov sous la référence NCT4028310. Le protocole d'étude a été soumis

à publication dans la revue BMCpediatrics (Harrar Eskinazi *et al.*, soumis pour publication). Les auteurs ne déclarent aucun conflit d'intérêt.

Nous remercions le Dr Dominique Donzeau, attachée de recherche clinique pour son aide dans la mise en place et le bon déroulement logistique de cet essai clinique. Nous remercions Edouard Alavoine, Franck Medina et Lionel Vinceslas pour leur aide dans la gestion des supports informatiques. Nous remercions Sylviane Valdois, Rachel Zoubrinetzky, Nathalie Bedoin, Grégory Collet, Willy Serniclaes et Franck Ramus pour leurs précieux conseils.

Nous remercions tous les parents et tout particulièrement les orthophonistes qui participent à cette étude. Leur implication et leur motivation permettent le bon déroulement de l'essai clinique : Méryl Alberti, Apolline Accary, Domitille Adriaens, Marine Amici-Serrette, Anne Anzuini-Keryvel, Christelle Belkada, Véronique Bonneau-Hiegel, Raphaëlle Bresson, Marine Ciano, Julie Boiton-Colliat, Emilie Coudougnan, Sabrina Courant, Gaëlle Darrot, Agnès De Buttet, Charlotte Desmons, Nathalie De Vaulchier, Louise Duloquin, Martine Etard, Camille Fajon, Charlotte Forst, Lola François, Mélanie Gely, Marie Laure Grand, Sylvie Hammerli-Peter, Fanny Hocquet, Laurence Jacquin, Caroline Jorand, Christine Kalck, Carole Lancuentra, Marine Ladoul, Ludivine Lebel, Marion Le Bozec, Mélissa Lecoq, Amelyne Lecourt, Nathalie Lesaint, Joan Le Scornec, Nadine Lions, Agnes Lonne-Lafoy, Stéphanie Lorenzati, Juliette Mangin, Alice Motte, Isabelle Muller, Stéphanie Nadaud, Stéphanie Nazaryan, Elisabeth Nettersheim, Odile Nguyen, Clara Pastor, Jennifer Pignon, Manon Py, Charlotte Pycke, Claire Saint Gaudin, Catherine Scheubel-Clerjaut, Odile Tromelin, Ludivine Verlot-Mory, Marine Versio.

Références bibliographiques

American Psychiatric Association. (2013). *American Psychiatric Association. Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders : Neurodevelopmental Disorders : DSM-5* (5th edition). American Psychiatric Publishing.

Baneath, B., Boutard, C., & Alberti, C. (2006). *Chronosdictées : Tools for evaluating orthographic performance, with and without time constraints* (Orthoéditions).

Bartels, C., Wegrzyn, M., Wiedl, A., Ackermann, V., & Ehrenreich, H. (2010). Practice effects in healthy adults : A longitudinal study on frequent repetitive cognitive testing. *BMC Neuroscience*, *11*(1), 118. https://doi.org/10.1186/1471-2202-11-118

Bedoin, N., & Medina, F. (2013). *Switchipido, training software for alternating between local and global visual treatments, and for the inhibition of details*. GNOSIA.

Bedoin, N., & Medina, F. (2014). *Sigl : Software for the evaluation of selection and inhibition skills for global and local treatments*. GNOSIA.

Bedoin, N. (2017). Rééquilibrer les analyses visuo-attentionnelles globales et locales pour améliorer la lecture chez des enfants dyslexiques de surface. *ANAE*, *29*(148), 276-294.

Berthelot, J.-M. (2016). Méconnaissance des effets placebo et Hawthorne : Nécessaire ?: Unawareness of placebo and Hawthorne effects: necessary? *Hegel*, *N° 2*(2), 98. https://doi.org/10.4267/2042/60005

Bertoni, S., Franceschini, S., Ronconi, L., Gori, S., & Facoetti, A. (2019). Is excessive visual crowding causally linked to developmental dyslexia? *Neuropsychologia*, *130*, 107-117. https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2019.04.018

Blomert, L. (2011). The neural signature of orthographic–phonological binding in successful and failing reading development. *NeuroImage*, *57*(3), 695-703. https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2010.11.003

Blomert, L., & Willems, G. (2010). Is there a causal link from a phonological awareness deficit to reading failure in children at familial risk for dyslexia? *Dyslexia*, *16*(4), 300-317. https://doi.org/10.1002/dys.405

Boets, B., Op de Beeck, H. P., Vandermosten, M., Scott, S. K., Gillebert, C. R., Mantini, D., Bulthe, J., Sunaert, S., Wouters, J., & Ghesquiere, P. (2013). Intact But Less Accessible Phonetic Representations in Adults with Dyslexia. *Science*, *342*(6163), 1251-1254. https://doi.org/10.1126/science.1244333

Bonin, P., Peereman, R., Malardier, N., Méot, A., & Chalard, M. (2003). A new set of 299 pictures for psycholinguistic studies : French norms for name agreement, image agreement, conceptual familiarity, visual complexity, image variability, age of acquisition, and naming latencies. *Behavior Research Methods, Instruments, & Computers*, *35*(1), 158-167. https://doi.org/10.3758/BF03195507

Brem, S., Bach, S., Kucian, K., Kujala, J. V., Guttorm, T. K., Martin, E., Lyytinen, H., Brandeis, D., & Richardson, U. (2010). Brain sensitivity to print emerges when children learn letter–speech sound correspondences. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, *107*(17), 7939-7944. https://doi.org/10.1073/pnas.0904402107

Breznitz, Z. (1997). Enhancing the Reading of Dyslexic Children by Reading Acceleration and Auditory Masking. *Journal of Educational Psychology*, *89*(1), 103-113.

Brossard, M. (2004). *Vygotski : Lectures et perspectives de recherches en éducation*. (Presses universitaires du Septentrion).

Bus, A. G., & van IJzendoorn, M. H. (1999). Phonological awareness and early reading : A meta-analysis of experimental training studies. *Journal of Educational Psychology*, *91*(3), 403-414. https://doi.org/10.1037/0022-0663.91.3.403

Cancer, A., Bonacina, S., Antonietti, A., Salandi, A., Molteni, M., & Lorusso, M. L. (2020). The Effectiveness of Interventions for Developmental Dyslexia : Rhythmic Reading Training Compared With Hemisphere-Specific Stimulation and Action Video Games. *Frontiers in Psychology*, *11*, 15.

Casini, L., Pech-Georgel, C., & Ziegler, J. C. (2018). It's about time : Revisiting temporal processing deficits in dyslexia. *Developmental Science*, *21*(2), e12530. https://doi.org/10.1111/desc.12530

Cavalli, E., Colé, P., Leloup, G., Poracchia-George, F., Sprenger-Charolles, L., & El Ahmadi, A. (2018). Screening for Dyslexia in French-Speaking University Students : An Evaluation of the Detection Accuracy of the *Alouette* Test. *Journal of Learning Disabilities*, *51*(3), 268-282. https://doi.org/10.1177/0022219417704637

Collet, G., Colin, C., & Sernicales, W. (2017). *RapDys : Software to modify allophonic perception*. GNOSIA. http://www.gnosia.fr/fr/phonologie/45-rapdys.html

Collet, G., Colin, C., & Serniclaes, W. (2017). Remédiation audiophonologique de la dyslexie : (RapDys©), un logiciel visant à réorganiser la perception allophonique des sons de la parole en perception phonémique. *ANAE. Approche neuropsychologique des aprentissages chez l'enfant*, *29*(148), 257-263.

De Cara, B., & Plaza, M. (2010). *Les outils informatisés d'aide à la lecture : Un bilan des recherches*. 7.

Ehri, L. C., Nunes, S. R., Willows, D. M., Schuster, B. V., Yaghoub-Zadeh, Z., & Shanahan, T. (2001). Phonemic Awareness Instruction Helps Children Learn to Read : Evidence From the National Reading Panel's Meta-Analysis. *Reading Research Quarterly*, *36*(3), 250-287. https://doi.org/10.1598/RRQ.36.3.2

Facoetti, A., Lorusso, M. L., Paganoni, P., Umiltà, C., & Gastone Mascetti, G. (2003). The role of visuospatial attention in developmental dyslexia : Evidence from a rehabilitation study. *Cognitive Brain Research*, *15*(2), 154-164. https://doi.org/10.1016/S0926-6410(02)00148-9

Facoetti, A., Trussardi, A., Ruffino, M., Lorusso, M. L., Cattaneo, C., Galli, R., Massimo, M., & Zorzi, M. (2009). Multisensory Spatial Attention Deficits Are Predictive of Phonological Decoding Skills in Developmental Dyslexia. *Journal of cognitive neuroscience*, *22*, 1011-1025. https://doi.org/10.1162/jocn.2009.21232

Fiassa, C., & Nader-Grosbois, N. (2016). *De la perception à l'estime de soi : Concept, évaluation et intervention* (De Boeck Supérieur).

Fostick, L., & Revah, H. (2018). Dyslexia as a multi-deficit disorder : Working memory and auditory temporal processing. *Acta Psychologica*, *183*, 19-28. https://doi.org/10.1016/j.actpsy.2017.12.010

Fournier, M., & Albaret, J.-M. (2013). Étalonnage des blocs de Corsi sur une population d'enfants scolarisés du CP à la 6e. *Développements*, *16-17*(3), 76. https://doi.org/10.3917/devel.016.0076

Franceschini, S., & Bertoni, S. (2019). Improving action video games abilities increases the phonological decoding speed and phonological short-term memory in children with developmental dyslexia. *Neuropsychologia*, *130*, 100-106. https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2018.10.023

Franceschini, S., Bertoni, S., Gianesini, T., Gori, S., & Facoetti, A. (2017). A different vision of dyslexia : Local precedence on global perception. *Scientific Reports*, *7*(1), 17462. https://doi.org/10.1038/s41598-017-17626-1

Franceschini, S., Trevisan, P., Ronconi, L., Bertoni, S., Colmar, S., Double, K., Facoetti, A., & Gori, S. (2017). Action video games improve reading abilities and visual-to-auditory attentional shifting in English-speaking children with dyslexia. *Scientific Reports*, *7*. https://doi.org/10.1038/s41598-017-05826-8

Frey, A., François, C., Chobert, J., Velay, J.-L., Habib, M., & Besson, M. (2019). Music Training Positively Influences the Preattentive Perception of Voice Onset Time in Children with Dyslexia : A Longitudinal Study. *Brain Sciences*, *9*(4), 91. https://doi.org/10.3390/brainsci9040091

Galuschka, K., Ise, E., Krick, K., & Schulte-Körne, G. (2014). Effectiveness of Treatment Approaches for Children and Adolescents with Reading Disabilities : A Meta-Analysis of Randomized Controlled Trials. *PLoS ONE*, *9*(2), e89900. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0089900

Goldstein-Marcusohn, Y., Goldfarb, L., & Shany, M. (2020). Global and Local Visual Processing in Rate/Accuracy Subtypes of Dyslexia. *Frontiers in Psychology*, *11*, 828. https://doi.org/10.3389/fpsyg.2020.00828

Gonzalez, M. del R. O., Garcia Espinel, A. I., & Guzman Rosquete, R. (2002). Remedial Interventions for Children with Reading Disabilities : Speech Perception—An Effective Component in Phonological Training? *Journal of Learning Disabilities*, *35*(4), 334-342. https://doi.org/10.1177/00222194020350040401

Goswami, U. (2011). Temporal sampling framework for developmental dyslexia. *Trends in cognitive sciences*, *15*, 3-10. https://doi.org/10.1016/j.tics.2010.10.001

Hari, R., & Renvall, H. (2001). Impaired processing of rapid stimulus sequences in dyslexia. *Trends in Cognitive Sciences*, *5*(12), 525-532. https://doi.org/10.1016/S1364-6613(00)01801-5

Harrar Eskinazi, K., De Cara, B., Leloup, G., & Faure, S. (2019). Apports des technologies numériques dans l'aide à l'apprentissage de la lecture. In *L'apprentissage de la lecture* (Nathan, p. 307-315).

Harrar Eskinazi, K., De Cara, B., Leloup, G., Nothelier, J., Caci, H., Ziegler, J., & Faure, S. (2021). Developmental dyslexia and methods for remediation (DDMR). Multimodal intervention in French-speaking children aged between 8 and 13 years : Study protocol for a randomized multicenter controlled crossover trial. *BMC Pediatrics*, *Article accepted for publication*.

Harrar Eskinazi, K., Nothelier, J., & Versio, M. (2020). *Naming Speed*.

Heikkilä, R., Aro, M., Närhi, V., Westerholm, J., & Ahonen, T. (2013). Does Training in Syllable Recognition Improve Reading Speed? A Computer-Based Trial With Poor Readers From Second and Third Grade. *Scientific Studies of Reading*, *17*(6), 398-414. https://doi.org/10.1080/10888438.2012.753452

Helloin, M. (2019). Restitution et analyse au questionnaire : Prise en soin des troubles du langage écrit. *L'Orthophoniste*, *392*, 15-23.

Horowitz-Kraus, T. (2016). Improvement of the Error-detection Mechanism in Adults with Dyslexia Following Reading Acceleration Training : Error Detection in Dyslexia. *Dyslexia*, *22*(2), 173-189. https://doi.org/10.1002/dys.1523

Horowitz-Kraus, T., DiFrancesco, M., Kay, B., Wang, Y., & Holland, S. K. (2015). Increased resting-state functional connectivity of visual- and cognitive-control brain networks after training in children with reading difficulties. *NeuroImage: Clinical*, *8*, 619-630. https://doi.org/10.1016/j.nicl.2015.06.010

Jiménez, J. E., Hernández-Valle, I., Ramírez, G., Ortiz, M. del R., Rodrigo, M., Estévez, A., O'Shanahan, I., García, E., & Trabaue, M. de la L. (2007). Computer Speech-Based Remediation for Reading Disabilities : The Size of Spelling-to-Sound Unit in a Transparent Orthography. *The Spanish Journal of Psychology*, *10*(1), 52-67. https://doi.org/10.1017/S1138741600006314

Keïta, L., Bedoin, N., Burack, J. A., & Lepore, F. (2014). Switching between global and local levels : The level repetition effect and its hemispheric asymmetry. *Frontiers in Psychology*, *5*. https://doi.org/10.3389/fpsyg.2014.00252

Kirk, C., & Gillon, G. T. (2009). Integrated Morphological Awareness Intervention as a Tool for Improving Literacy. *Language, Speech, and Hearing Services in Schools*, *40*(3), 341-351. https://doi.org/10.1044/0161-1461(2008/08-0009)

Korinth, S. P., Dimigen, O., Sommer, W., & Breznitz, Z. (2016). Reading training by means of disappearing text : Effects on reading performance and eye movements. *Reading and Writing*, *29*(6), 1245-1268. https://doi.org/10.1007/s11145-016-9635-y

Kudo, M. F., Lussier, C. M., & Swanson, H. L. (2015). Reading disabilities in children : A selective meta-analysis of the cognitive literature. *Research in Developmental Disabilities*, *40*, 51-62. https://doi.org/10.1016/j.ridd.2015.01.002

Kujala, T., Karma, K., Ceponiene, R., Belitz, S., Turkkila, P., Tervaniemi, M., & Naatanen, R. (2001). Plastic neural changes and reading improvement caused by audiovisual training in reading-impaired children. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, *98*(18), 10509-10514. https://doi.org/10.1073/pnas.181589198

Kyle, F., Kujala, J., Richardson, U., Lyytinen, H., & Goswami, U. (2013). Assessing the Effectiveness of Two Theoretically Motivated Computer-assisted Reading Interventions in the UK: GG Rime and GG Phoneme. *Reading Research Quarterly*, *48*(1), 61-76. https://doi.org/doi:10.1002/rrq.038.

Lallier, M., Tainturier, M.-J., Dering, B., Donnadieu, S., Valdois, S., & Thierry, G. (2010). Behavioral and ERP evidence for amodal sluggish attentional shifting in developmental dyslexia. *Neuropsychologia*, *48*(14), 4125-4135. https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2010.09.027

Lang, E., & Villuendas, A. (2011). *Le phonème*. Orthopratic. http://www.orthopratic.com/fr/le-phoneme_r_101.html

Lassault, J., Sprenger-Charolles, L., Albrand, J. P., Alavoine, E., Richardson, U., Lyytinen, H., & Ziegler, J. C. (2020). Positive effects of GraphoGame reading intervention in French : The importance of initial reading level and engagement. *article submitted for publication*.

Lassault, J., Sprenger-Charolles, L., Albrand, J.-P., Alavoine, E., Richardson, U., Lyytinen, H., & Ziegler, J. C. (2022). Testing the Effects of GraphoGame Against a Computer-Assisted Math Intervention in Primary School. *Scientific Studies of Reading*, 1-20. https://doi.org/10.1080/10888438.2022.2052884

Lassault, J., & Ziegler, J. C. (2018). Les outils numériques d'aide à l'apprentissage de la lecture. *Langue française*, *199*(3), 111. https://doi.org/10.3917/lf.199.0111

Launay, L., Maeder, C., Roustit, J., & Touzin, M. (2018). *Evaléo 6-15 : Évaluation du langage écrit et du langage oral*. Orthoéditions.

Lawton, T. (2016). Improving Dorsal Stream Function in Dyslexics by Training Figure/Ground Motion Discrimination Improves Attention, Reading Fluency, and Working Memory. *Frontiers in Human Neuroscience*, *10*. https://doi.org/10.3389/fnhum.2016.00397

Lawton, T., & Shelley-Tremblay, J. (2017). Training on Movement Figure-Ground Discrimination Remediates Low-Level Visual Timing Deficits in the Dorsal Stream, Improving High-Level Cognitive Functioning, Including Attention, Reading Fluency, and Working Memory. *Frontiers in Human Neuroscience*, *11*, 236. https://doi.org/10.3389/fnhum.2017.00236

Lawton, T. (2019). Increasing visual timing by movement discrimination exercises improves reading fluency, attention span, and memory retention in dyslexics. *Neurology and Neurosurgery*, *2*(1). https://doi.org/10.15761/NNS.1000118

Lecocq, P. (1998). *É.co.s.se : A test of syntaxico-semantic comprehension (manual and proofs) : Two volumes*. Presses Univ. Septentrion.

Lefavrais, P. (1967). *Alouette : Reading efficiency test*. Les éditions du centre de psychologie appliquée.

Lefavrais, P. (2005). *Alouette-R: test d'analyse de la vitesse en lecture à partir d'un texte*. Les éditions du centre de psychologie appliquée.

Lefèvre, E., Vinceneux, A., Wattelet, C., Lavoine, C., Flahaut, E., & Leloup, G. (2022). Elor : Entraînment du lexique orthographique. *en cours de soumission*.

Leloup, G., Anders, R., Charlet, V., Eula-Fantozzi, B., Fossoud, C., & Cavalli, E. (2021). Improving reading skills in children with dyslexia : Efficacy studies on a newly proposed remedial intervention—repeated reading with vocal music masking (RVM). *Annals of Dyslexia*, *71*(1), 60-83. https://doi.org/10.1007/s11881-021-00222-4

Leloup, G., Launay, L., & Witco. (2022). *Recommandations de Bonne Pratique d'Évaluation, de Prévention et de Remédiation des troubles du langage écrit chez l'enfant et l'adulte – Méthode « Recommandations par Consensus Formalisé » : Argumentaire scientifique et clinique* (Sous l'égide du Collège Français d'Orthophonie, composé de l'Union Nationale pour le Développement de la recherche et de l'évaluation de l'orthophonie (UNADREO) et la Fédération Nationale des orthophonistes (FNO)). Collège Français d'Orthophonie. https://www.college-francais-orthophonie.fr/les-recommandations-de-bonne-pratique/

Limond, J., Adlam, A.-L. R., & Cormack, M. (2014). A Model for Pediatric Neurocognitive Interventions : Considering the Role of Development and Maturation in Rehabilitation Planning. *The Clinical Neuropsychologist*, *28*(2), 181-198. https://doi.org/10.1080/13854046.2013.873083

Lobier, M. (2008). *Design of a software program for the rehabilitation of visuo-attentional span disorders*.

Lobrot, M. (1967). *ORLEC: battery to measure reading and spelling*. bureau d'études et de recherches.

Lorusso, M. L., Facoetti, A., & Bakker, D. J. (2011). Neuropsychological Treatment of Dyslexia : Does Type of Treatment Matter? *Journal of learning disabilities*, *44*, 136-149. https://doi.org/10.1177/0022219410391186

Lorusso, M. L., Facoetti, A., & Molteni, M. (2004). Hemispheric, attentional, and processing speed factors in the treatment of developmental dyslexia. *Brain and Cognition*, *55*(2), 341-348. https://doi.org/10.1016/j.bandc.2004.02.040

Lorusso, M. L., Facoetti, A., Paganoni, P., Pezzani, M., & Molteni, M. (2006). Effects of visual hemisphere-specific stimulation versus reading-focused training in dyslexic children. *Neuropsychological Rehabilitation*, *16*(2), 194-212. https://doi.org/10.1080/09602010500145620

Lorusso, M. L., Facoetti, A., Toraldo, A., & Molteni, M. (2005). Tachistoscopic treatment of dyslexia changes the distribution of visual–spatial attention. *Brain and Cognition*, *57*(2), 135-142. https://doi.org/10.1016/j.bandc.2004.08.057

Lovett, M. W., Borden, S. L., Lacerenza, L., Frijters, J. C., Steinbach, K. A., & De Palma, M. (2000). *Components of Effective Remediation for Developmental Reading Disabilities : Combining Phonological and Strategy-Based Instruction to Improve Outcomes*. *92*(2), 263-283. https://doi.org/10.1037//0022-0663.92.2.263

Maillart, C., Desmottes, L., Prigent, G., & Leroy, S. (2014). Réflexions autour des principes de rééducation proposés aux enfants dysphasiques. *ANAE - Approche Neuropsychologique des Apprentissages Chez L'enfant*, *131*, 8.

McArthur, G. (2007). Test–retest effects in treatment studies of reading disability : The devil is in the detail. *Dyslexia*, *13*(4), 240-252. https://doi.org/10.1002/dys.355

McArthur, G., Kohnen, S., Jones, K., Eve, P., Banales, E., Larsen, L., & Castles, A. (2015a). Replicability of sight word training and phonics training in poor readers : A randomised controlled trial. *PeerJ*, *3*, e922. https://doi.org/10.7717/peerj.922

McArthur, G., Kohnen, S., Jones, K., Eve, P., Banales, E., Larsen, L., & Castles, A. (2015b). Replicability of sight word training and phonics training in poor readers : A randomised controlled trial. *PeerJ*, *3*, e922. https://doi.org/10.7717/peerj.922

McGrath, L. M., Peterson, R. L., & Pennington, B. F. (2020). The Multiple Deficit Model : Progress, Problems, and Prospects. *Scientific Studies of Reading*, *24*(1), 7-13. https://doi.org/10.1080/10888438.2019.1706180

McTigue, E. M., Solheim, O. J., Zimmer, W. K., & Uppstad, P. H. (2020). Critically Reviewing GraphoGame Across the World : Recommendations and Cautions for Research and Implementation of Computer-Assisted Instruction for Word-Reading Acquisition. *Reading Research Quarterly*, *55*(1), 45-73. https://doi.org/10.1002/rrq.256

Medina, F. (2010). *PhonopidoW: training software for phonological components and phonological buffer in working memory*. GNOSIA.

Melby-Lervåg, M., Lyster, S.-A. H., & Hulme, C. (2012). Phonological skills and their role in learning to read : A meta-analytic review. *Psychological Bulletin*, *138*(2), 322-352. https://doi.org/10.1037/a0026744

Meng, X., Lin, O., Wang, F., Jiang, Y., & Song, Y. (2014). Reading Performance Is Enhanced by Visual Texture Discrimination Training in Chinese-Speaking Children with Developmental Dyslexia. *PLoS ONE*, *9*(9), e108274. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0108274

Menghini, D., Finzi, A., Benassi, M., Bolzani, R., Facoetti, A., Giovagnoli, S., Ruffino, M., & Vicari, S. (2010). Different underlying neurocognitive deficits in developmental dyslexia : A comparative study. *Neuropsychologia*, *48*(4), 863-872. https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2009.11.003

Meyer, L., & Schaadt, G. (2020). Aberrant Prestimulus Oscillations in Developmental Dyslexia Support an Underlying Attention Shifting Deficit. *Cerebral Cortex Communications*, *1*(1), tgaa006. https://doi.org/10.1093/texcom/tgaa006

Murphy, C. F. B., & Schochat, E. (2011). Effect of Nonlinguistic Auditory Training on Phonological and Reading Skills. *Folia Phoniatrica et Logopaedica*, *63*(3), 147-153. https://doi.org/10.1159/000316327

National Reading Panel. (2000). *Report of the National Reading Panel. Teaching children to read : An evidence-based assessment of the scientific research literature on reading and its implications for reading instruction* (NIH Publication No. 00-4769). National Institute of Child Health and Human Development.

Norton, E. S., & Wolf, M. (2012). Rapid Automatized Naming (RAN) and Reading Fluency : Implications for Understanding and Treatment of Reading Disabilities. *Annual Review of Psychology*, *63*(1), 427-452. https://doi.org/10.1146/annurev-psych-120710-100431

O'Brien, G., & Yeatman, J. D. (2021). Bridging sensory and language theories of dyslexia : Toward a multifactorial model. *Developmental Science*, *24*(3). https://doi.org/10.1111/desc.13039

Pecini, C., Spoglianti, S., Bonetti, S., Di Lieto, M. C., Guaran, F., Martinelli, A., Gasperini, F., Cristofani, P., Casalini, C., Mazzotti, S., Salvadorini, R., Bargagna, S., Palladino, P., Cismondo, D., Verga, A., Zorzi, C., Brizzolara, D., Vio, C., & Chilosi, A. M. (2019). Training RAN or reading? A telerehabilitation study on developmental dyslexia. *Dyslexia*, dys.1619. https://doi.org/10.1002/dys.1619

Pennington, B. (2006). From single to multiple deficit models of developmental disorders. *Cognition*, *101*(2), 385-413. https://doi.org/10.1016/j.cognition.2006.04.008

Peyroux, E., & Seguin, C. (2018). Critères cliniques et objectifs rééducatifs. In *Rééducation cognitive chez l'enfant* (Deboeck supérieur, p. 147-180).

Piérart, B., & Grégoire, J. (2004). *Decode and understand : The reading closure test revisited. Belgian calibration of Lobrot's L3*. *39*(2), 87-100.

Ramus, F., & Szenkovits, G. (2008). What Phonological Deficit? *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, *61*(1), 129-141. https://doi.org/10.1080/17470210701508822

Richardson, U., & Lyytinen, H. (2014). The GraphoGame Method : The Theoretical and Methodological Background of the Technology-Enhanced Learning Environment for Learning to Read. *Human Technology: An Interdisciplinary Journal on Humans in ICT Environments*, *10*(1), 39-60. https://doi.org/10.17011/ht/urn.201405281859

Ring, J., & Black, J. L. (2018). The multiple deficit model of dyslexia : What does it mean for identification and intervention? *Annals of Dyslexia*, *68*(2), 104-125. https://doi.org/10.1007/s11881-018-0157-y

Ruiz, J., Lassaut, J., Sprenger-Charolles, L., Richardson, U., Lyytinen, H., & Ziegler, J. C. (2017). *GraphoGame : Un outil numérique pour enfants en difficultés d'apprentissage de la lecture*. 11.

Ryder, J. F., Tunmer, W. E., & Greaney, K. T. (2008). Explicit instruction in phonemic awareness and phonemically based decoding skills as an intervention strategy for struggling readers in whole language classrooms. *Reading and Writing*, *21*(4), 349-369. https://doi.org/10.1007/s11145-007-9080-z

Sackett, D. L., Rosenberg, W. M., Gray, J. A., Haynes, R. B., & Richardson, W. S. (1996). Evidence based medicine : What it is and what it isn't. *BMJ : British Medical Journal*, *312*(7023), 71-72.

Saine, N. L., Lerkkanen, M.-K., Ahonen, T., Tolvanen, A., & Lyytinen, H. (2010). Predicting word-level reading fluency outcomes in three contrastive groups : Remedial and computer-assisted remedial reading intervention, and mainstream instruction. *Learning and Individual Differences*, *20*(5), 402-414. https://doi.org/10.1016/j.lindif.2010.06.004

Saine, N. L., Lerkkanen, M.-K., Ahonen, T., Tolvanen, A., & Lyytinen, H. (2011). Computer-Assisted Remedial Reading Intervention for School Beginners at Risk for Reading Disability : Computer-Assisted Reading Intervention. *Child Development*, *82*(3), 1013-1028. https://doi.org/10.1111/j.1467-8624.2011.01580.x

Saksida, A., Iannuzzi, S., Bogliotti, C., Chaix, Y., Démonet, J.-F., Bricout, L., Billard, C., Nguyen-Morel, M.-A., Le Heuzey, M.-F., Soares-Boucaud, I., George, F., Ziegler, J. C., & Ramus, F. (2016). Phonological skills, visual attention span, and visual stress in developmental dyslexia. *Developmental Psychology*, *52*(10), 1503-1516. https://doi.org/10.1037/dev0000184

Sanchez, E., & Rueda, M. I. (1991). Segmental awareness and dyslexia : Is it possible to learn to segment well and yet continue to read and write poorly? *Reading and Writing*, *3*(1), 11-18. https://doi.org/10.1007/BF00554561

Scammacca, N., Roberts, G., Vaughn, S., Edmonds, M., Wexler, J., Reutebuch, C. K., & Torgesen, J. K. (2007). Interventions for adolescent struggling readers. A Meta-Analysis with Implications for Practice. *Center on Instruction at RMC Research Corporation*, 49.

Scharfen, J., Peters, J. M., & Holling, H. (2018). Retest effects in cognitive ability tests : A meta-analysis. *Intelligence*, *67*, 44-66. https://doi.org/10.1016/j.intell.2018.01.003

Serniclaes, W., Collet, G., & Sprenger-Charolles, L. (2015). Review of neural rehabilitation programs for dyslexia : How can an allophonic system be changed into a phonemic one? *Frontiers in Psychology*, *6*. https://doi.org/10.3389/fpsyg.2015.00190

Seron, X., & Van der Linden, M. (2016). Objectifs et stratégies de la revalidation neuropsychologique. In *Traité de neuropsychologie clinique de l'adulte* (De Boeck Supérieur, Vol. 2).

Shaywitz, S. E., & Shaywitz, B. A. (2005). Dyslexia (Specific Reading Disability). *Biological Psychiatry*, *57*(11), 1301-1309. https://doi.org/10.1016/j.biopsych.2005.01.043

Simos, P. G., Fletcher, J. M., Sarkari, S., Billingsley, R. L., Denton, C., & Papanicolaou, A. C. (2007). Altering the brain circuits for reading through intervention : A magnetic source imaging study. *Neuropsychology*, *21*(4), 485-496. https://doi.org/10.1037/0894-4105.21.4.485

Snellings, P., van der Leij, A., de Jong, P. F., & Blok, H. (2009). Enhancing the Reading Fluency and Comprehension of Children With Reading Disabilities in an Orthographically Transparent Language. *Journal of Learning Disabilities*, *42*(4), 291-305. https://doi.org/10.1177/0022219408331038

Sprenger-Charolles, L., Colé, P., Piquard-Kipffer, A., Pourcin, L., & Leloup, G. (2018). *EVALEC: computerized diagnostic assessment battery for specific reading learning disabilities*. Happyneuron.

Sprenger-Charolles, L., Colé, P., & Serniclaes, W. (2013). *Reading acquisition and developmental dyslexia.* (Psychology Press.).

Stein, J. (2019). The current status of the magnocellular theory of developmental dyslexia. *Neuropsychologia*, *130*, 66-77. https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2018.03.022

Torgesen, J. K., Alexander, A. W., Wagner, R. K., Rashotte, C. A., Voeller, K. K. S., & Conway, T. (2001). *Intensive Remedial Instruction for Children with Severe Reading Disabilities*. 27.

Törmänen, M. R. K., & Takala, M. (2009). Auditory processing in developmental dyslexia : An exploratory study of an auditory and visual matching training program with Swedish children with developmental dyslexia. *Scandinavian Journal of Psychology*, *50*(3), 277-285. https://doi.org/10.1111/j.1467-9450.2009.00708.x

Towle, A., Godolphin, W., Greenhalgh, T., & Gambrill, J. (1999). Framework for teaching and learning informed shared decision making Commentary : Competencies for informed shared decision making Commentary: Proposals based on too many assumptions. *BMJ*, *319*(7212), 766-771. https://doi.org/10.1136/bmj.319.7212.766

Tressoldi, P. E., Lonciari, I., & Vio, C. (2000). Treatment of Specific Developmental Reading Disorders, Derived from Single- and Dual-Route Models. *Journal of Learning Disabilities*, *33*(3), 278-285. https://doi.org/10.1177/002221940003300305

Tulloch, K., & Pammer, K. (2019). Tablet computer games to measure dorsal stream performance in good and poor readers. *Neuropsychologia*, *130*, 92-99. https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2018.07.019

Valdois, S., Bosse, M.-L., & Tainturier, M.-J. (2004). The cognitive deficits responsible for developmental dyslexia : Review of evidence for a selective visual attentional disorder. *Dyslexia*, *10*(4), 339-363. https://doi.org/10.1002/dys.284

Valdois, S., Guinet, E., & Embs, J. L. (2017). *Evadys : Visuo-attentional span diagnostic tool*. Happyneuron.

Valdois, S., Roulin, J.-L., & Line Bosse, M. (2019). Visual attention modulates reading acquisition. *Vision Research*, *165*, 152-161. https://doi.org/10.1016/j.visres.2019.10.011

Valdois, S., Reilhac, C., Ginestet, E., & Line Bosse, M. (2021). Varieties of Cognitive Profiles in Poor Readers : Evidence for a VAS-Impaired Subtype. *Journal of Learning Disabilities*, *54*(3), 221-233. https://doi.org/10.1177/0022219420961332

Vander Stappen, C., & Reybroeck, M. V. (2018). Phonological Awareness and Rapid Automatized Naming Are Independent Phonological Competencies With Specific Impacts on Word Reading and Spelling : An Intervention Study. *Frontiers in Psychology*, *9*, 320. https://doi.org/10.3389/fpsyg.2018.00320

Vandermosten, M., Boets, B., Wouters, J., & Ghesquière, P. (2012). A qualitative and quantitative review of diffusion tensor imaging studies in reading and dyslexia. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, *36*(6), 1532-1552. https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2012.04.002

Veuillet, E., Magnan, A., Ecalle, J., Thai-Van, H., & Collet, L. (2007). Auditory processing disorder in children with reading disabilities : Effect of audiovisual training. *Brain*, *130*(11), 2915-2928. https://doi.org/10.1093/brain/awm235

Vidyasagar, T. R. (2019). Visual attention and neural oscillations in reading and dyslexia : Are they possible targets for remediation? *Neuropsychologia*, *130*, 59-65. https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2019.02.009

Vigotsky, L. S., & Piaget, J. (1997). *Pensée et langage* (3ième ed.).

Wechsler, D. (2014). *Echelle d'intelligence de WechWeschler pour enfants : Wisc V*. ECPA, les Editions du centre de psychologie appliquée.

White, S., Milne, E., Rosen, S., Hansen, P., Swettenham, J., Frith, U., & Ramus, F. (2006). The role of sensorimotor impairments in dyslexia : A multiple case study of dyslexic children. *Developmental Science*, *9*(3), 237-255. https://doi.org/10.1111/j.1467-7687.2006.00483.x

Wolf, M., Bowers, P. G., & Biddle, K. (2000). Naming-Speed Processes, Timing, and Reading : A Conceptual Review. *Journal of Learning Disabilities*, *33*(4), 387-407. https://doi.org/10.1177/002221940003300409

Ziegler, J. C. (2008). Better to lose the anchor than the whole ship. *Trends in Cognitive Sciences*, *12*(7), 244-245. https://doi.org/10.1016/j.tics.2008.04.001

Ziegler, J. C., Bertrand, D., Tóth, D., Csépe, V., Reis, A., Faísca, L., Saine, N., Lyytinen, H., Vaessen, A., & Blomert, L. (2010). Orthographic Depth and Its Impact on Universal Predictors of Reading : A Cross-Language Investigation. *Psychological Science*, *21*(4), 551-559. https://doi.org/10.1177/0956797610363406

Ziegler, J. C., Perry, C., & Zorzi, M. (2020). Learning to Read and Dyslexia : From Theory to Intervention Through Personalized Computational Models. *Current Directions in Psychological Science*, *29*(3), 293-300. https://doi.org/10.1177/0963721420915873

Zoubrinetzky, R., Bielle, F., & Valdois, S. (2014). New Insights on Developmental Dyslexia Subtypes : Heterogeneity of Mixed Reading Profiles. *PLoS ONE*, *9*(6), e99337. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0099337

Zoubrinetzky, R., Collet, G., Serniclaes, W., Nguyen-Morel, M.-A., & Valdois, S. (2016). Relationships between Categorical Perception of Phonemes, Phoneme Awareness, and Visual Attention Span in Developmental Dyslexia. *PLOS ONE*, *11*(3), e0151015. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0151015

Zoubrinetzky, R., Collet, G., Nguyen-Morel, M.-A., Valdois, S., & Serniclaes, W. (2019). Remediation of Allophonic Perception and Visual Attention Span in Developmental Dyslexia : A Joint Assay. *Frontiers in Psychology*, *10*, 1502. https://doi.org/10.3389/fpsyg.2019.01502