

# THÈSE DE DOCTORAT

## Dyslexie développementale et méthodes de remédiation

Conception et évaluation d'un programme d'intervention multimodale et multi-  
composante fondé sur les approches phonologique, visuo-attentionnelle et intermodalitaire

### Documents annexes

**Karine HARRAR-ESKINAZI**

Laboratoire d'Anthropologie et de Psychologie Cliniques, Cognitives et Sociales  
(LAPCOS)

**Présentée en vue de l'obtention  
du grade de docteur en Psychologie  
d'Université Côte d'Azur**

**Dirigée par :** Sylvane Faure

**Co-encadrée par :** Bruno De Cara

**Soutenue le :** 28 juin 2023

**Devant le jury, composé de :**

Séverine Casalis, Professeure des Universités,  
Université de Lille & CNRS

Michel HABIB, Praticien Hospitalier, Aix-  
Marseille Université

Fanny MEUNIER, Directrice de Recherche,  
CNRS, Université Côte d'Azur

Franck RAMUS, Directeur de Recherche,  
CNRS, École Normale Supérieure

Brigitte STANKÉ, Professeure agrégée,  
Université de Montréal

Johannes ZIEGLER, Directeur de Recherche,  
Aix-Marseille Université



## Listes des annexes


Annexe 1 : Article publié BMC Pediatrics, protocole d'étude.....	1
Annexe 2 : Checklist SPIRIT 2013.....	23
Annexe 3 : Fiche parent, programme d'intervention phonologique 1.....	28
Annexe 4 : Fiche parent, programme d'intervention phonologique 2.....	30
Annexe 5 : Fiche parent, programme d'intervention visuo-attentionnelle.....	32
Annexe 6 : Fiche parent, programme d'intervention intermodalaire.....	34
Annexe 7 : Cahier d'observation, Phase 1, Test 1.....	36
Annexe 8 : Cahier d'observation, Phase 2, Groupe 1.....	54
Annexe 9 : Questionnaires enfants et parents.....	86
Annexe 10 : Diplôme de lecture.....	90
Annexe 11 : Cahier de consignes orthophoniste, groupe 1.....	91
Annexe 12 : Financement ANRT.....	115
Annexe 13 : Financement ANR.....	116
Annexe 14 : Approbation éthique CPP.....	119
Annexe 15 : Approbation éthique CERNI.....	120
Annexe 16 : Pré-enregistrement, ClinicalTrials.....	123
Annexe 17 : Promoteur de l'étude, CHU-Nice Lénval.....	128
Annexe 18 : Chapitre d'ouvrage publié Nathan.....	130
Annexe 19 : Article Rééducation orthophonique, étude de cas.....	135
Annexe 20 : Chapitre d'ouvrage, acte de colloque, Unadréo.....	171
Annexe 21 : Article soumis BMC Pediatrics, SCED.....	209
Annexe 22 : Données descriptives standardisées aux Temps 1 et 5.....	251
Annexe 23 : Combinaisons de déficits par sujet aux Temps 1 et 5.....	253
Annexe 24 : Sujets par combinaison de déficits aux Temps 1 et 5.....	260
Annexe 25 : Déficiences et scores en lecture par sujets aux Temps 1, 5 et 6.....	265

## STUDY PROTOCOL

## Open Access



# Multimodal intervention in 8- to 13-year-old French dyslexic readers: Study protocol for a randomized multicenter controlled crossover trial

Karine Louna Harrar-Eskinazi<sup>1,2\*</sup> , Bruno De Cara<sup>1</sup>, Gilles Leloup<sup>2,3</sup>, Julie Nothelier<sup>4</sup>, Hervé Caci<sup>2</sup>, Johannes C. Ziegler<sup>4</sup> and Sylvane Faure<sup>1</sup>

## Abstract

**Background:** Developmental dyslexia, a specific and long-lasting learning disorder that prevents children from becoming efficient and fluent readers, has a severe impact on academic learning and behavior and may compromise professional and social development. Most remediation studies are based on the explicit or implicit assumption that dyslexia results from a single cause related to either impaired phonological or visual-attentional processing or impaired cross-modal integration. Yet, recent studies show that dyslexia is multifactorial and that many dyslexics have underlying deficits in several domains. The originality of the current study is to test a remediation approach that trains skills in all three domains using different training methods that are tailored to an individual's cognitive profile as part of a longitudinal intervention study.

**Methods:** This multicenter randomized crossover study will be conducted in three phases and will involve 120 dyslexic children between the ages of 8 and 13 years. The first phase serves as within-subject baseline period that lasts for 2 months. In this phase, all children undergo weekly speech-language therapy sessions without additional training at home (business-as-usual). During the second phase, all dyslexics receive three types of intensive interventions that last 2 month each: Phonological, visual-attentional, and cross-modal. The order of the first two interventions (phonological and visual-attentional) is swapped in two randomly assigned groups of 60 dyslexics each. This allows one to test the efficacy and additivity of each intervention (against baseline) and find out whether the order of delivery matters. During the third phase, the follow-up period, the intensive interventions are stopped, and all dyslexics will be tested after 2 months. Implementation fidelity will be assessed from the user data of the computerized intervention program and an "intention-to-treat" analysis will be performed on the children who quit the trial before the end.

**Discussion:** The main objective of this study is to assess whether the three types of intensive intervention (phase 2) improve reading skills compared to baseline (i.e., non-intensive intervention, phase 1). The secondary objectives are to evaluate the effectiveness of each intervention and to test the effects of order of delivery on reading intervention

\*Correspondence: [karine.eskinazi@univ-cotedazur.fr](mailto:karine.eskinazi@univ-cotedazur.fr)

<sup>1</sup> Laboratoire d'Anthropologie et de Psychologie Cliniques, Cognitives et Sociales (LAPCOS), Université Côte d'Azur, Campus Saint Jean d'Angély/MSHS Sud-Est, 3 Boulevard François Mitterrand, 06357 Nice, Cedex 4, France  
Full list of author information is available at the end of the article



© The Author(s) 2022. **Open Access** This article is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License, which permits use, sharing, adaptation, distribution and reproduction in any medium or format, as long as you give appropriate credit to the original author(s) and the source, provide a link to the Creative Commons licence, and indicate if changes were made. The images or other third party material in this article are included in the article's Creative Commons licence, unless indicated otherwise in a credit line to the material. If material is not included in the article's Creative Commons licence and your intended use is not permitted by statutory regulation or exceeds the permitted use, you will need to obtain permission directly from the copyright holder. To view a copy of this licence, visit <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>. The Creative Commons Public Domain Dedication waiver (<http://creativecommons.org/publicdomain/zero/1.0/>) applies to the data made available in this article, unless otherwise stated in a credit line to the data.

outcomes. Reading comprehension, spelling performance and reading disorder impact of dyslexic readers are assessed immediately before and after the multimodal intervention and 2 months post-intervention.

**Trial registration:** [ClinicalTrials.gov](https://clinicaltrials.gov), NCT04028310. Registered on July 18, 2019.

**Keywords:** Dyslexia, Multimodal intervention, Underlying cognitive deficits, Randomized crossover clinical trial, Protocol

## Administrative information

A SPIRIT-Checklist with the page numbers corresponding to each item is available in the Additional file 1.

Title {1}	Multimodal intervention in 8-to 13-year-old French: Study protocol for a randomized multicenter controlled crossover trial.
Trial registration {2a and 2b}	<a href="https://clinicaltrials.gov">ClinicalTrials.gov</a> : NCT04028310. Registered on July 18, 2019.
Protocol version {3}	Version identifier is no. ID RCB 2019-A01453–54, 19-HPNCL-02, 07/18/2019
Author details {5a}	Karine, Louna Harrar-Eskinazi, PhD student LAPCOS laboratory, UCA-MSHS, France University Hospital Center, Nice-CHU-Lenval, France <a href="mailto:karine.harrar@etu.univ-cotedazur.fr">karine.harrar@etu.univ-cotedazur.fr</a> Pr Sylvane FAURE LAPCOS laboratory, UCA-MSHS, France <a href="mailto:sylvane.faure@univ-cotedazur.fr">sylvane.faure@univ-cotedazur.fr</a> Dr. Johannes C. Ziegler Director of the Cognitive Psychology Laboratory (UMR 7290) Director of the Institute of Language, Communication and the Brain (ILCB); CNRS and Aix-Marseille University, France <a href="mailto:johannes.ziegler@univ-amu.fr">johannes.ziegler@univ-amu.fr</a> Dr. Bruno De Cara, Lecturer LAPCOS laboratory, UCA-MSHS, France <a href="mailto:bruno.de-cara@univ-cotedazur.fr">bruno.de-cara@univ-cotedazur.fr</a> Dr. Gilles Leloup, PhD University Hospital Center, Nice-CHU-Lenval, France COBTEK laboratory (7276), UCA-INRIA, France <a href="mailto:gileloup@gmail.com">gileloup@gmail.com</a> Dr. Hervé Caci University Hospital Center, Pediatric Hospitals of Nice-CHU-Lenval, France <a href="mailto:caci.h@pediatrie-chulenval-nice.fr">caci.h@pediatrie-chulenval-nice.fr</a> Julie Nothelie, Research Assistant Cognitive Psychology Laboratory LPC; CNRS-Aix Marseille University, France <a href="mailto:julie.nothelie@gmail.com">julie.nothelie@gmail.com</a>

Name and contact information for the trial sponsor {5b}	Trial sponsor: Nice-Lenval University Hospital Center Sponsor's Reference: 19-HPNCL-02 Contact name: Dr. Hervé Caci, Dr. Dominique Donzeau, DRCI Address: 57 Avenue de la Californie, 06200 Nice Telephone: 00334 92 03 08 49; 00334 92 0 34,560 Email: <a href="mailto:caci.h@chu-nice.fr">caci.h@chu-nice.fr</a> ; <a href="mailto:donzeau.d@chu-nice.fr">donzeau.d@chu-nice.fr</a>
Role of sponsor {5c}	The trial sponsor and funders have no influence on the planning, conduct and the design of this trial and will not have any role during its execution, analyses, interpretation of the data, or decision to submit results.

## Background {6a}

Developmental dyslexia is defined as a severe and persistent impairment that affects the capacity to learn to read despite normal intelligence and in the absence of neurological or psychiatric pathology, visual and auditory sensory deficits, or severe socio-educational deficiencies [1]. This neurodevelopmental disorder is characterized by various underlying neurocognitive deficits [2] and results in an underactivation of the reading network hosted in left occipito-temporo-parietal brain areas, most likely due to abnormalities in connectivity between these areas and more frontal and/or parietal language areas [3, 4]. Dyslexic readers encounter great difficulties in learning and automatizing the decoding of printed words [5], which consists in linking the basic units of written language (letters or graphemes) to the basic units of spoken language (sounds or phonemes). Reading fluency often remains difficult for children with dyslexia and requires a higher cognitive effort in comparison to normally developing children [6, 7]. The prevalence of developmental dyslexia is between 5 and 17% depending on cut-off criteria and language [6]. Dyslexia has severe repercussions on all aspects of school learning, self-esteem and professional development, which makes it a major public health issue [8]. Problems with reading, spelling and associated cognitive functions persist into adulthood [9].

For more than a century, many explanatory theories have been put forward for this complex learning disability without a true consensus ever being reached [10]. Currently, the scientific literature increasingly emphasizes the multifactorial nature of developmental dyslexia at the neurobiological [11, 12], cognitive [13–16], behavioral [17, 18] and environmental level [19]. Family studies indicate an uncertain etiology involving a complex interaction between biological, cognitive, behavioral and environmental factors [20]. That is, biological factors influence cognitive factors, which in turn influence behavior, each one being influenced by an individual's environment [21]. Moreover, reading involves underlying multimodal cognitive processes that require the interplay of linguistic, visual, phonological, attentional and executive processes.

Developmental dyslexia is defined in current classifications, such as *The International Classification of Diseases (ICD-11)* and *The Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders (DSM-5)*, mainly as a specific cognitive impairment of written language [1, 22]. These definitions, which focus on reading and spelling disorders, do not take into account underlying cognitive deficits (UCD) when making a diagnosis. Furthermore, the pathological behavioral manifestations in reading and the UCD may be different for each dyslexic reader. Thus, this complex multifactorial interaction leads not only to a nosographic and etiological multimodality but also to a symptomatologic and diagnostic multimodality. Developmental dyslexia is thus conceptualized as a “multifunctional deficit” [11, 23] or “multifaceted, heterogeneous disorder” [2], in accordance with a multifactorial causal hypothesis [24, 25], involving several UCD, themselves underpinned by the dysfunction of a large circuit of interconnected neural networks [26].

Three main theoretical hypotheses currently guide research on therapeutic interventions of developmental dyslexia: The phonological hypothesis, the visual-attentional hypothesis, and the cross-modal hypothesis. According to the phonological hypothesis, a specific alteration of phonological representations or poor access to phonological representations alters the automatization of grapheme-phoneme associations [14, 27]. This phonological processing deficit is believed to alter the ability to identify, store, retrieve and manipulate phonemes, which are necessary for efficient decoding [16]. Three types of tasks assess phonological representations: Phonemic awareness tasks, such as phonemic segmentation, phonological short-term memory tasks, such as non-word repetition [28], and rapid serial naming tasks such as rapid automatized naming [29, 30]. However, rapid automatized naming (RAN) may be considered as “a microcosm of reading” because like reading

task it requires fast multimodal integration and several neurological and cognitive processes: Saccadic eye movements, perceptual recognition, visual attention shifts, working memory, lexical access, and articulatory planning [29]. Furthermore, the relationship between reading and RAN does not remain constant throughout development [31]. Numerous studies and meta-analyses have investigated the effects of phonemic awareness training on reading skills. All of these studies agree that phonemic awareness interventions alone are less effective than phonics instruction that combines phonemic awareness and reading fluency trainings [32–34]. However, all of these interventions have only a moderate short-term effect and a small long-term effect on reading [35]. The effectiveness of phonological short-term memory training on reading skills in dyslexic individuals has not been demonstrated in alphabetic languages but has been demonstrated in a logographic language, Chinese [36]. Finally, the results about the training of RAN have yielded mixed results [37]. For example, De Jong and Vrieling [38] did not find effects, Marinus and colleagues [39] did find some effects but these effects did not generalize to reading. Two very recent studies have shown moderate to strong effects of a rapid automatized naming (RAN) training on reading [40, 41]. In addition, some researchers suggest that this deficit in phonological processing is the consequence of a more fundamental deficit in the perceptual and/or attentional processing of auditory information [42–49]. For example, allophonic perception of speech sounds in subphonemic units can lead to poor discrimination of acoustic differences, a perceptual deficit in phoneme categorization and consequently a deficit in phonological processing. Coherently with this view, one study recently showed the positive effect of phoneme categorization training on reading skills and phonemic awareness [50].

According to the visual-attentional hypothesis, a deficit in the visual processing of grapheme representations also alters the automatization of grapheme-phoneme associations. According to this account, the ability to identify, store and retrieve graphemes is disrupted by a deficit in the perceptual and/or attentional processing of visual information. Three types of deficits have been put forward in support of the visual-attentional hypothesis of dyslexia: Perceptual visual deficits [51], deficits in the temporal and spatial displacement of visual-attention [52–55] and elementary visual-attentional deficits [56]. Perceptual visual deficits are related to a hypothetical impairment of the magnocellular visual system, which preferentially processes information with a low spatial frequency and high temporal frequency. Within this theoretical framework, a visual training program called Direction Discrimination Training (DDT) seems

to increase reading and phonological processing skills [57]. Regarding visual and spatial attention deficits, the VHSS (Visual Hemisphere Specific Stimulation) program [58], whose goal is to reinforce the inhibitory capacities of the visual-spatial attention processes, seems to be more effective in improving speed and precision reading skills, compared to phonological awareness training [59]. This deficit in the spatial displacement of attention, i.e. of the attentional focus, has also inspired certain remedial activities such as the intensive use of action video games, which has been observed to have a positive effect on reading speed, phonological short-term memory, attentional abilities and crowding in Italian- and also in English-speaking dyslexic readers [60–62]. The results of a systematic review [24] show that visual-attentional interventions based on visual perceptual training and action video games significantly improve reading without explicit phonological or spelling instruction. The third type of visual-attentional deficit concerns the processing of elementary visual-attentional processes. For example, a reduction in the visual-attentional span, that is the number of letters processed simultaneously during eye fixation, appears to disturb the identification of letters and could explain a disorder in the identification of written words [63]. The Maeva© training program has been shown to increase the visual-attentional span, but also improves phonemic awareness and reading of irregular words [50]. Also within the conceptual framework of an elementary visual-attentional deficit, an imbalance between global and local modes of analysis of a complex visual scene can also alter letter encoding, visual identification of irregular words and stabilization of orthographic representation [64, 65]. The Switchipido© program [66] aims at focusing visual attention on global or local levels of analysis to improve reading skills [64, 67].

A third hypothesis considers a potential deficit in cross-modal integration of letters and sounds as a possible cause of the deficit in the automatization of word decoding and consequently of reading fluency. In this theoretical framework, letter-sound association is possible but the simultaneous letter-sound integration as a single automatized audio-visual object is slowed down [3, 68]. This specific deficiency in the link between the processing of orthographic representations and the processing of phonological representations has been found in child and adult dyslexic readers [69, 70] but also in young children at risk of developing dyslexia [68]. The automatic multisensory integration of a single audio-visual object, “the graphoneme” [71] initially appears to activate the left posterior temporal cortical network and then the entire left occipito-temporal-parietal interactive network involved in reading [3, 72, 73]. GraphoGame©

[74], a computer-based reading training program, was developed to foster orthography-phonology associations at multiple grain sizes and automatize orthography-phonology integration through the simultaneous and repeated audio-visual presentation of letters, syllables, words, and sentences in a highly playful interface. Developed in Finland the program has been adapted for French [75] and other languages [76–80]. A meta-analysis found positive effects of intervention using *GraphoGame* (GG) if the program was accompanied by a tutor [81]. The French version of GG is broader and more sophisticated than the research versions included in the meta-analysis. A recent validation study of the French version of GG showed effect sizes of around 0.28 for independent practice with the program [82]. Other intervention programs using non-linguistic audio-visual stimuli also show effects on reading skills [83], but the reasons for the deficit in the audio-visual integration of low-level stimuli are still debated [84, 85].

To summarize, independent of the theoretical underpinnings, all intervention programs have attempted to reduce the reading deficit:

- (a) Through interventions on the grapho-phonological and/or orthographic reading processes, by proposing successive training sessions to automatize phonological decoding and lexical recoding [86–88] or by intervening specifically either on the grapho-phonological process or on the orthographic process [89–94];
- (b) Through more specific interventions at the level of an UCD either audio-phonological [95–97], visual [50, 57, 59–61, 98, 99] or audio-visual [83, 100–102];
- (c) Through combined interventions on reading processes and UCD through programs using “phonics instruction” that combine training of phonological cognitive processes and grapho-phonological conversion procedures [103, 104] or through programs that combine training of visual cognitive processes and spelling and reading procedures [59, 105–107].

Previous work has mainly focused on the validation of remediation methods based on three theoretical domains that may explain developmental dyslexia: Phonological theory, visual-attentional theory, and cross-modal theory. Each causal theory generates different hypotheses and multimodal UCD. However, the expression of these UCD is also highly variable depending on the dyslexic reader [108]. Some dyslexic children show the predicted deficit and others do not. Similarly, intervention programs seem to help some readers but not others. Developmental dyslexia may therefore be the consequence of several UCDs

[16] that need to be identified in a first step and treated in a second step in order to construct and automatize optimal grapheme-phoneme associations in a third step [5]. Furthermore, it appears that remediation programs that combine an intervention on both UCD and reading processes may be more effective than programs that intervene only at the level of UCD [33, 34].

The originality of our study protocol is to combine three types of intervention programs that target phonological, visual-attentional and cross-modal UCD using a multimodal remediation approach in a longitudinal study. All participants benefit from the three types of training: Phonological, visual-attentional and cross-modal. For each participant, an initial assessment of the underlying cognitive processes determines a cognitive profile. Similarly, an assessment of reading and spelling skills will determine a reading profile. The cognitive profile and the reading profile of each dyslexic reader defines the specific type of intervention in each domain (e.g., a child can receive 4 different phonological interventions as a function of the profile, see Fig. 1). Thus, each intervention program focuses on both an underlying cognitive process (visual-attentional, phonological or cross-modal) and a reading process (decoding and orthographic processing). Interventions are therefore individualized, systematic, intensive and evidence-based in accordance with DSM-5 guidelines. Furthermore, daily exercises are performed at home on computerized devices in accordance with the general principles of cognitive rehabilitation [109] and the principles of efficiency and generalization of an intervention [88]. Computerized training programs are adapted to each child’s abilities, progression and cognitive functioning. Computerized programs allow home training, ensure reproducible multimodal presentation and increase autonomy, motivation and attention [110].

Each computer-based training program targets a phonological, visual-attentional or cross-modal cognitive process and is systematically associated with reading and writing exercises of words or pseudowords to promote multisensory learning [111, 112]. Carried out in a therapeutic context, this longitudinal prospective study allows for an immediate clinical application.

**Objectives {7}**

**Main objective**

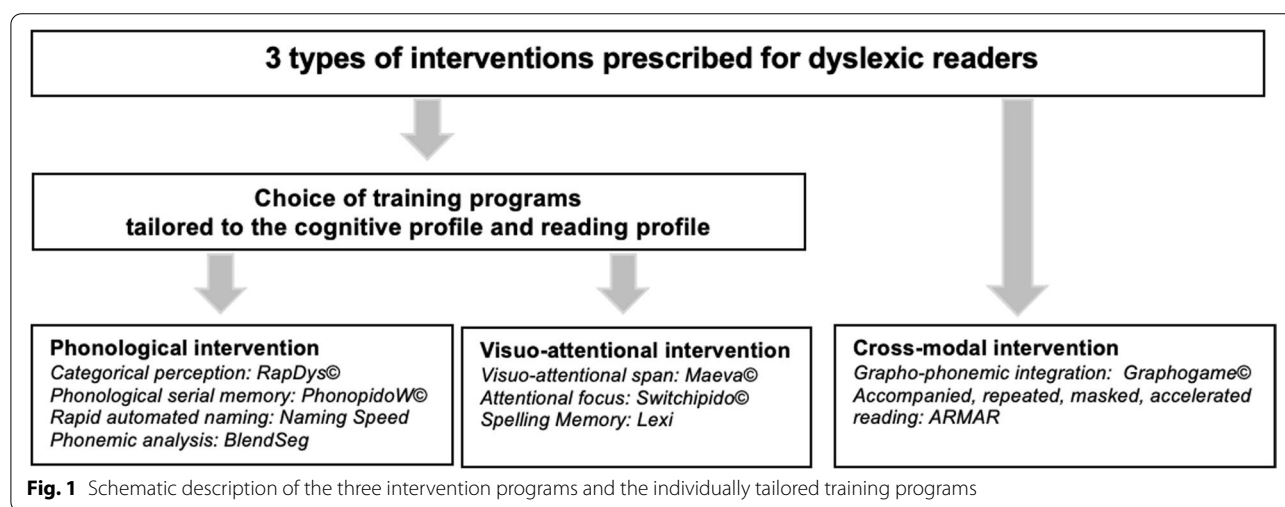
The main objective of this study is to assess whether the combination of three types of intensive interventions (phase 2) improve reading and spelling skills compared to baseline (i.e., non-intensive intervention, phase 1).

**Secondary objectives**

1. Assess the efficiency of each intervention against baseline.
2. Assess the efficiency of each intervention as a function of the severity of the “underlying cognitive deficits”.
3. Assess the effects of intensive intervention (phase 2) compared to baseline (phase 1) on reading interest, academic performance, and self-esteem.
4. Assess the stability of the intervention effects in all of the above measures 2 months after training.

**Trial design {8}**

The trial is a two-arm crossover multicenter randomized controlled trial conducted in France with 76 speech-language therapists as associate investigators. Randomization will be ensured by means of block randomization with a 1/1 allocation. The framework of this trial corresponds to its overall objective which is to test



**Fig. 1** Schematic description of the three intervention programs and the individually tailored training programs



the superiority of a multimodal and intensive training compared with a non-specific and non-intensive training. Indeed, all children who come to seek dyslexia therapy with a speech and language therapist deserve to be helped and it is ethically difficult to justify that we postpone a potentially effective intervention for 16 months (i.e., children would lose more than an entire year, which is a lot during such a critical developmental phase). For these ethical reasons, we have decided to not to include a no-training control group.

The experiment will take place in three phases over 16 months (see Fig. 2):

- Phase 1 (baseline): All dyslexic readers participate in one 30-minute session per week with the speech-

language therapist for 8 weeks without intensive home training. Reading and spelling exercises are performed as part of the speech and language therapy.

- Phase 2 (intervention): All dyslexics receive three types of intensive interventions, phonological (PHO), visual-attentional (VA), and cross-modal (CM), that last 2 month each. The order of the first two interventions (PHO and VA) is swapped in two randomly assigned groups of 60 dyslexics each. All children also participate in one 30-minute session per week with the speech-language therapist. For 15 minutes, the speech-language therapist checks that the at-home training instructions are clearly understood. The rest of the session is focused on reading and spelling exercises.

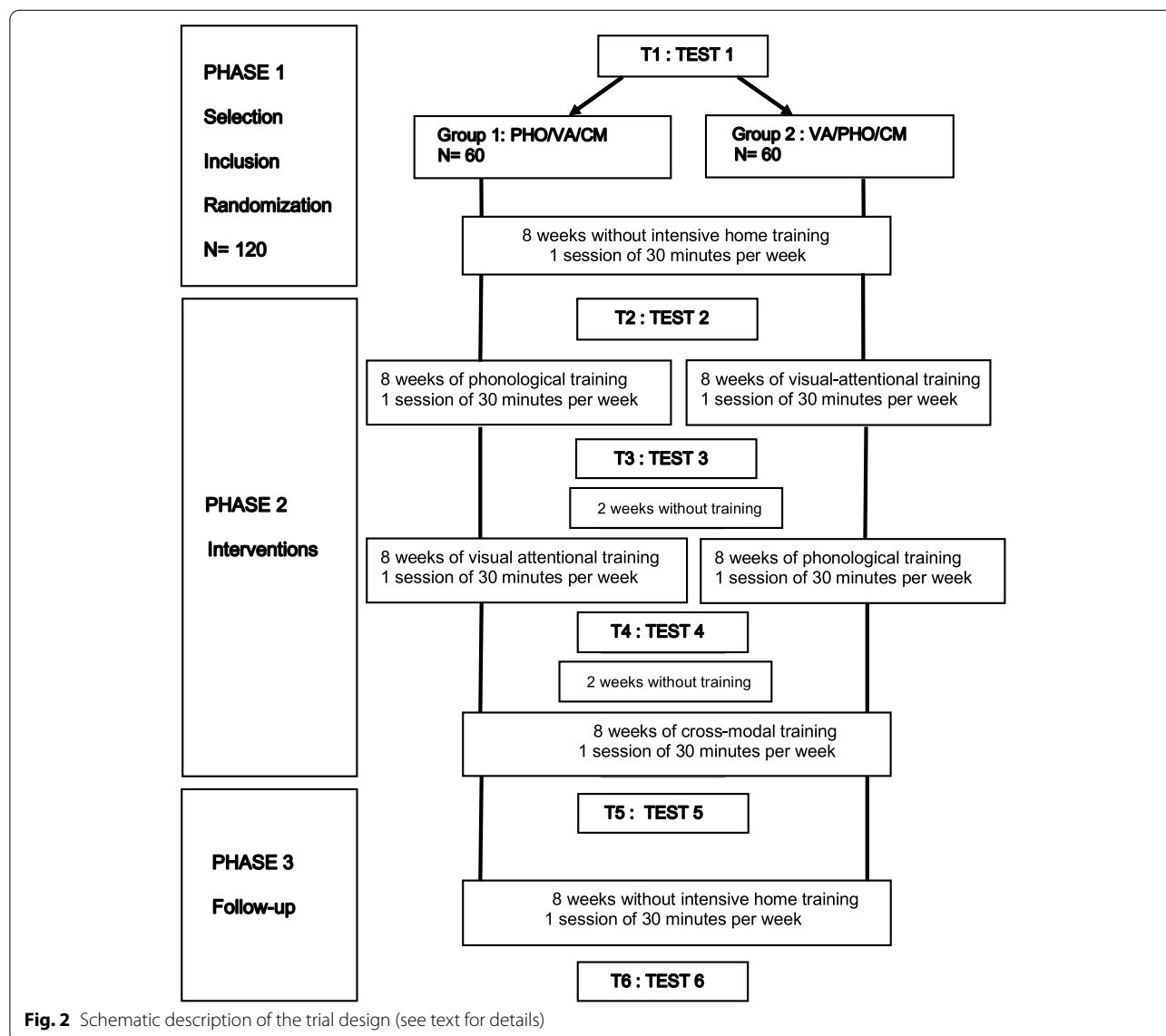


Fig. 2 Schematic description of the trial design (see text for details)

CM training takes place at the end of the protocol for two reasons. The first reason is that it might be necessary to first focus on the phonological and visual-attentional processes per se. PHO and VA training should initially improve orthographic and phonological processes and cross-modal training should subsequently re-establish the link between the processing of orthographic representations and the processing of phonological representations. The second reason is that the full randomization of the order of the three types of training would require a much larger sample and more groups. This would increase the risk of not reaching the needed number of inclusions. The number of participants in each group would then be insufficient to obtain sufficient statistical power.

Each training phase lasts for 8 weeks, 15 minutes per day and 5 days per week. Each child benefits from a program adapted to the specific phonological and visual-attentional deficits identified by the cognitive and language profile assessment. For example, children with phonological deficits may receive training to improve phonological awareness and/or phonological short-term memory and/or rapid automatized naming and/or categorical perception (see more explanations p.18). Children with visual-attentional deficits may receive training to improve global-local analysis and/or visual-attentional span. Training will focus on the most impaired deficits. The CM training is the same for all children.

- Phase 3: All children have one 30-minute session per week with the speech-language therapist over a period of 8 weeks without intensive home training as in Phase 1.

### Main hypothesis

Intensive and specific multimodal training significantly improves reading (fluency, comprehension) and spelling skills compared to a conventional non-intensive and non-specific therapy. These effects of intervention will be tracked after the three training phases (test 5) and 2 months later (test 6).

### Secondary hypotheses

*Hypothesis 1:* Intensive phonological or visual-attentional training is more effective than conventional non-intensive and non-specific therapy

*Hypothesis 2:* Intensive, specific, multimodal training (test 5) significantly improves reading interest, academic performance, and self-esteem compared to conventional non-intensive therapy (test 2).

*Hypothesis 4:* These intervention benefits should last 2 months later (test 6).

*Hypothesis 5:* No significant difference as for the effects on reading skills is expected between phonological versus visual-attentional training (test 3).

## Methods: participants, interventions and outcomes

### Participants

#### Study setting {9}

Study participants are selected and included by associate investigators in their respective centers located in several cities in France. The list of investigators is kept at the Fondation LENVAL Pediatric Hospitals of Nice CHU-Lenval, Delegation for Clinical Research and Innovation (DCRI) of Nice University Hospital Center, and can be requested from the clinical research associate.

### Eligibility criteria {10}

#### Criteria for inclusion

- Age  $\geq 8$  years old and  $\leq 13$  years old.
- Diagnosis of a specific neurodevelopmental reading disorder, according to DSM-5 criteria, with scores  $\leq -1.5$  standard deviation from the mean on leximetric tests: Alouette [113, 114], Evaléo 6–15© [115] or Evalec© [116].
- Phonological deficit: Scores in speed or accuracy lower than 1.5 SD from the mean for phonemic analysis tasks or non-word repetition tasks or automatized quick naming tasks of the Evalec Battery.
- Visual-attentional deficit: Scores in speed or accuracy lower than 1.5 SD from the average for global or partial reporting tasks of the Evadys© test [117] or for attentional focus tasks of the Sigl© test [118].
- All children have both at least one phonological deficit and at least one visual-attentional deficit.
- Family home equipped with a connected computer set up for daily training sessions.
- Informed consent signed by both parents or by a representative of parental authority.

#### Criteria for non-inclusion

- Intellectual retardation, neurological disorders, pervasive developmental disorder (DSM-5).
- Primary sensory deficit.
- Educational deficiencies, that refer to inadequate schooling (e.g., prolonged or repeated absences from school) or inappropriate teaching (e.g., a teacher who does not follow national guidelines for reading instruction).

- Attention-Deficit Hyperactivity Disorder (ADHD), Specific Language Impairment (SLI).
- Prior intensive daily phonological or visual-attentional training.

#### **Exclusion criteria (or study exit criteria)**

Participants are temporarily or permanently excluded from the study if:

- They interrupt daily training for more than a continuous period of 15 days without a valid reason determined at the investigator's discretion.
- They do not participate regularly in daily training, as left to the investigator's appreciation.
- The participants or their parents withdraw their consent.

The interruption may occur after consent has been obtained or after randomization. A child who wishes to withdraw consent may tell his/her parents or the speech-language pathologist who will inform the principal investigator. Parents may also inform the principal investigator directly (contact information is available at the end of the information sheet that goes with the consent form). For, all patients, the speech-language pathologist must send a patient identification form to the principal investigator indicating the date the consent was signed, the date of randomization, the randomization group, and, if applicable, the date of discharge from the trial.

#### **Who will take informed consent? {26a}**

Oral and written information is given to the parents and the child. Consent form signed by both parents or by legal guardians is taken by each investigator at the site of inclusion.

#### **Additional consent provisions for collection and use of participant data and biological specimens {26b}**

- The processing of data complies with the French Data Protection Act No. 78–17 of January 6, 1978 as amended and Regulation (EU) 2016/679 of the European Parliament and of the Council of April 27, 2016 applicable as of May 25, 2018 (General Regulation on Data Protection, RGPD).
- Data is collected and used in accordance with the reference methodology for processing personal data in the context of health research requiring the express or written consent of the person concerned (MR-001) and has been declared to the CNIL (deliberation no. 2018–153 of May 3, 2018).

## **Interventions**

### **Explanation for the choice of comparators {6b}**

#### **Main evaluation criteria**

Reading efficiency is measured at inclusion (Test 1), at the end of phase 1 without intensive training (Test 2), at the end of the three training periods of phase 2 (Test 5) and after phase 3, i.e., 2 months after the training has stopped (Test 6) by five reading tests:

- Alouette©, a widely used standardized French reading test, measures speed and accuracy when reading a meaningless text and provides a reading age [113] and both speed and accuracy scores [114].
- DeltaText© measures speed and accuracy of meaningless texts matched in number of words, length and complexity [119].
- Mouette-Pingouin© measures the speed and accuracy of word identification of meaningful texts matched in length and complexity to control for a test/re-test effect using two texts controlled for word number and word frequency [115].
- Eval2M© measures the speed and accuracy of identification of words presented in columns [115].
- Evalec© measures the respective speed and accuracy of identification of regular words, irregular words and pseudowords [116].

#### **Secondary evaluation criteria**

Related to the secondary objectives:

- Reading efficiency after the phonology training and after visual-attentional training will be measured by the five reading tests in Test 3 for the two groups (G1: PHO/VA/CM, G2: VA/PHO/CM).
- Reading efficiency after the two phonological and visual-attentional training periods conducted in a different chronological order in each group, will be measured by the five reading tests in T4 for the two groups.
- Spelling skills will be measured by Chronosdictées© [120] which proposes two versions with sentences matched in length, lexical frequency and phonetic complexity.
- Reading comprehension will be measured by the closure test ORLEC L3© [121, 122].
- Reading disorder impact (reading interest, academic performance and self-esteem) will be measured by two questionnaires completed by each child and his or her parents, in which they express their degree of agreement or disagreement.

#### **Intervention description {11a}**

Each intervention lasts 8 weeks, 15 minutes a day, 5 days a week and combines training for an underlying cognitive

deficit (UCD) with training of a reading process. Phonological and visual-attentional UCD trainings are associated with word reading and spelling tasks. Cross-modal training is associated with text reading tasks. Within the phonological and the visual-attentional training periods, the precise nature of the training exercises is determined by the individual profile according to the initial evaluation related to Test 1. Cross-modal training is the same for all participants but is adapted to the reading level of each child.

#### **Description of phonological training**

Training can focus on three underlying phonological cognitive processes: Categorical perception (CP), phonological serial memory (PSM) and rapid automatized naming (RAN). Training only targets the participant's most deficient phonological processes according to phonological tests in Test 1 and to baselines measured at the beginning of each training (CP, PSM, RAN). Thus, training for each phonological UCD varies as a function of the nature and intensity of each child's disorder. For example, training may target CP and phonics instruction in the first month and focus on PSM and phonics instruction in the second month for children without RAN deficit. Phonological cognitive deficits training (CP and/or PSM and/or RAN) is always associated with phonics instruction training.

**Categorical perception training: RapDys®** The intervention is implemented on a computerized device using RapDys® software [123]. It aims at modifying an allophonic mode of perception, i.e., an over-discrimination of infraphonemic acoustic differences, into a categorical or phonemic mode of perception. The child learns to discriminate and/or identify increasingly fine acoustic differences between two different phonemes. The Voice Onset Time (VOT) changes from allophonic peaks at  $\pm 75$  ms VOT to phonemic peaks at  $\pm 5$  ms VOT.

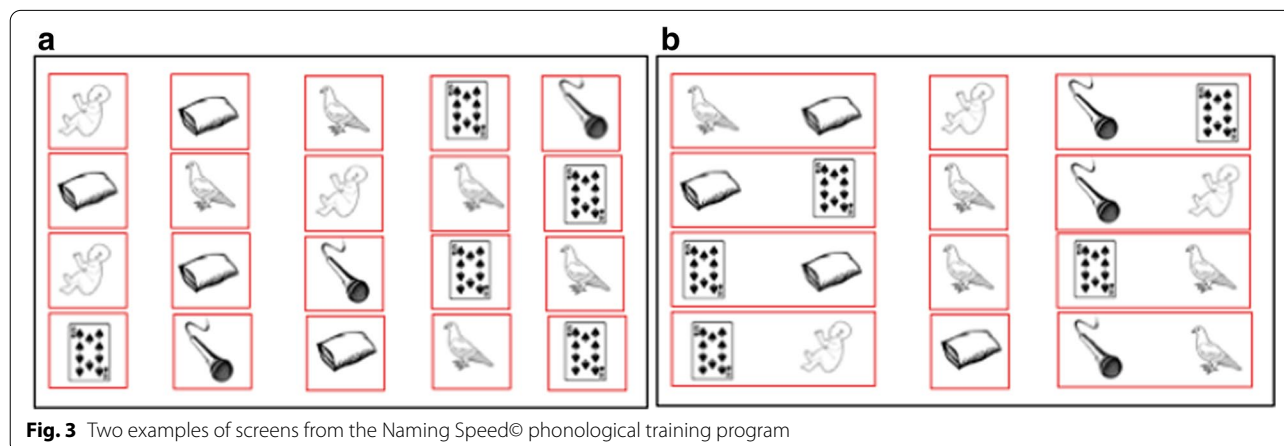
The child's allophonic discrimination skills are assessed by a discrimination task and a syllable identification task (/də/ and /tə/) provided by the software. Depending on the child's initial performance and response to training, the software progressively reduces the acoustic distance between two phonemes around the phonemic voicing boundary. Training consists in presenting the syllables /də/ and /tə/ on a VOT continuum whose values vary between  $-75$  and  $+75$  ms. The frequency transitions F1, F2, and F3 are 200, 2200, and 3100 Hz respectively, and the equilibrium position is 500, 1500, and 2500 Hz respectively. The frequency F0 is constant at 120 Hz. Each syllable of the continuum lasts 200 ms. When the child obtains a score of correct responses in discrimination or

syllable identification that stabilizes above 75%, the next step is implemented.

**Phonological serial memory training: PhonopidoW®** When the child's score on the non-word repetition subtest indicates deficient performance of phonological short-term memory [116], training with PhonopidoW® software [124] is proposed. This intervention consists in exercises that require discriminating one sound among a sequence of several sounds, comparing or composing sequences of sounds. Contrary to the categorical perception task, the trained phonemes do not present any frequency variations. The phonological proximity between the sounds and the phonological memory load can be parameterized. Each syllable heard is simultaneously associated with a written presentation of the phoneme. Thus, this software also aims at strengthening the grapho-phonological conversion process. The clinician can remotely recommend the specific exercises to be performed.

**Rapid automatized naming training: naming speed®** If the score of the RAN subtest is pathological [116], the digital Naming Speed program inspired by the Italian Run the RAN program [40] is proposed to the child. This program was created specifically for this study since there is no equivalent in French. This computerized intervention trains children to name more rapidly non-alphanumeric visual stimuli and consequently trains the different cognitive processes involved in reading such as left-to-right visual scanning, visual processing complexity, visual attention, lexical access and phonological planning. Five images of black and white objects from the LEAD lexicon database [125] are presented on the screen and randomly repeated on horizontal lines in matrices of 20 to 60 stimuli (see Fig. 3). The child names the images, in the reading direction, keeping the naming speed provided automatically by a red cursor around the image to be named. As the training progresses, the naming speed is increased from a single image to 2, 3, 4 and 5 images to be named simultaneously. The required naming speed increases as the red cursor duration per stimulus decreases from 200 ms to 50 ms. The distance and lexical frequency of the stimuli progressively decrease at the same time as the phonological complexity and the number of stimuli increase. The training is completed when the child reaches the naming speed expected for his or her age, according to the French standards of the Evalec® [116] and La BALE tests [126].

**Phonics instruction training: BlendSeg** First, phoneme segmentation and blending skills are orally trained [127]. The task of phoneme blending into 10 words or



**Fig. 3** Two examples of screens from the Naming Speed© phonological training program

pseudowords requires the child to blend orally several phonemes (e.g., /k/a/t/: *cat*). The segmentation task is the reverse activity: 10 words or pseudowords are spoken and then segmented into phonemes by the child (e.g., *dog*: /d/o/g/). Second, the blended and segmented words and pseudowords are then read and written by the child. After copying them, the child is asked to write down the words she or he remembers.

#### **Description of visual-attentional training**

Similarly to phonological training, only the deficient processes identified in test 1 of Evadys© [117] and Sigl© [118] tests are trained. Visual-attentional cognitive deficits training (visual-attentional span and/or global/local analysis) is always associated with spelling memory training. The duration of the training of each visual-attentional process varies according to the nature and intensity of the disorders. For example, training may target visual-attentional span (Maeva©) and spelling memory (Lexi©) in the first month and global/local analysis (Switchipido©) and spelling memory (Lexi©) in the second month for children with two deficits.

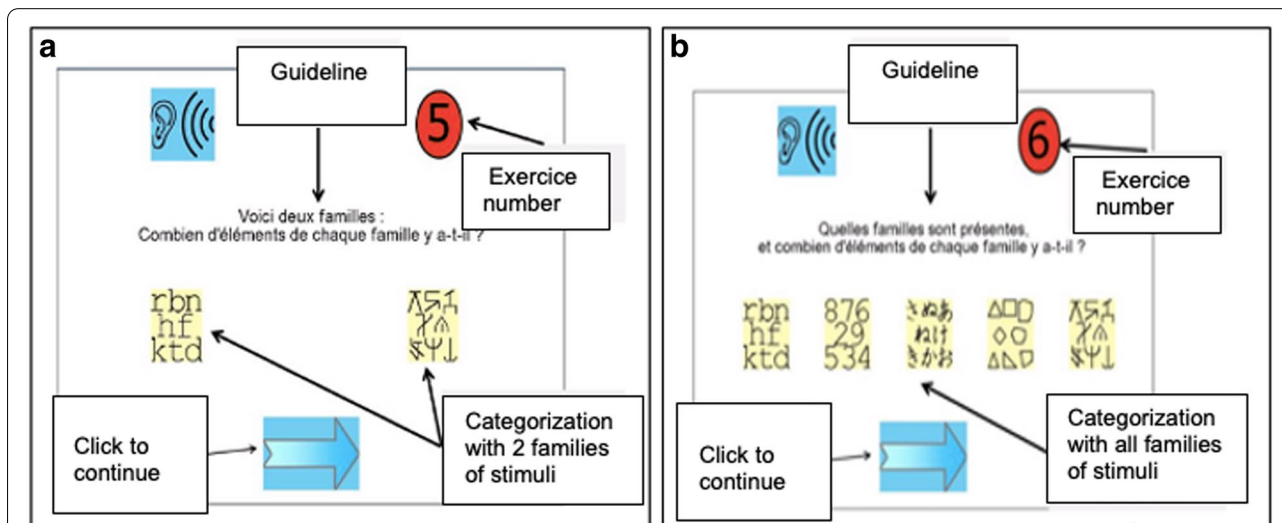
**Visual-attentional span training: Maeva©** This program [128] is designed to increase the visual-attentional span, i.e. the number of visual elements to be processed simultaneously during ocular fixation. In these exercises, a sequence of two to seven visual stimuli including letters, pseudo-letters, numbers, geometric shapes or Japanese characters is briefly (420 to 120 ms) presented on the screen. When the sequence disappears, the child must perform a categorization task following six different instructions of increasing difficulty (e.g., Fig. 4). An algorithm adapts the difficulty of the exercise in real time, taking into account the child's previous responses to keep the child's success rate around 75%.

**Global vs. local analysis training: Switchipido©** This program, also computerized, is based on the Switchipido© software [66] which stimulates the visual-attentional switch between global and local levels of information processing. The display of hierarchical stimuli (large stimuli made of small drawings) allows a visual focus on the global shape and mobilizes the visual focus shift between the global and local levels (e.g., Fig. 5). The aim of these exercises is to reinforce the mechanisms of voluntary inhibition of details and the spontaneity in the global processing of complex visual stimuli.

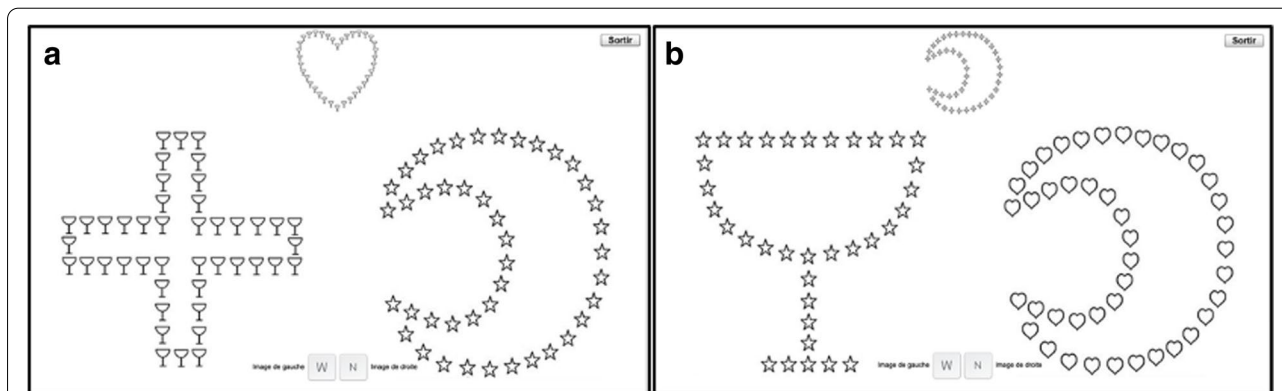
**Spelling memory training: Lexi©** This program, which is based on the principle of a mnemonic encoding/storage/retrieval process [129] consists of a "flash" reading of 20 semantically known words. After being read aloud by the child, the written words are presented again for a longer but limited time so that the child can copy them manually. After copying them, the child is asked to write down the words she or he remembers. The word lists are created by the speech-language therapist and adapted to each child according to his or her school level, spelling level and spelling regularity. In the phonological training, blending and segmentation is trained orally with 20 words or pseudowords. The same words are then read and written. In the visual-attentional training, the 20 words are also read and written. So, the amount of reading and spelling is similar in both training conditions.

#### **Description of cross-modal process training**

The phonological and visual-attentional training methods described above are based on either the auditory or non-simultaneous visual presentation of linguistic or non-linguistic units.



**Fig. 4** Two examples of the Maeva© visual-attentional training program: (a) categorization with two families of stimuli, (b) categorization with all families of stimuli



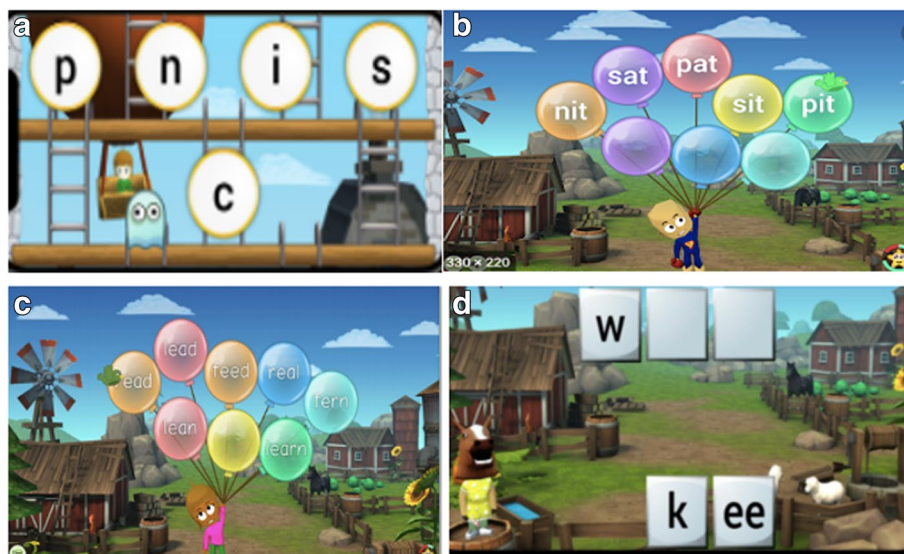
**Fig. 5** Two examples of the Switchipido© visual-attentional training program: (a) focus on the global level, (b) focus shift between the local and global level

Cross-modal training is based on the simultaneous and repeated bimodal audio-visual presentation of linguistic units.

*Grapho-phonemic integration training: Grapho-Game©* The objective of this program is to reinforce the coupling of the orthographic code with the phonological code by reinforcing the specific cross-modal (i.e., audio-visual) link between letters and sounds. Grapho-Game© software [74] is an audio-visual training program that simultaneously presents auditory and written stimuli for linguistic units of different sizes (phonemes, syllables, rhymes, words and sentences). This software, designed as a serious game, offers the child a game progression that becomes more and more complex. After listening to an

oral stimulus, the child must click on the corresponding written presentation chosen from among several written stimuli (see Fig. 6). Twenty eight sequences are proposed, and each sequence offers 6 to 12 levels. If the success rate is less than 85%, the child must repeat the level.

*Reading fluency training: Accompanied, Repeated, Masked, Accelerated Reading (ARMAR)* This training consists in stimulating a child’s reading fluency and interest for reading [130, 131]. Each day, the child chooses a text from a book adapted to his/her reading level and must read the text in 6 steps. (1) The child reads the text aloud for 2 minutes. The parent notes the number of errors. (2) The parent reads the same text aloud at normal speed while the child follows the text



**Fig. 6** Four examples of the GraphoGame© cross modal training program. The child hears and chooses one of the proposed options: (a) the phoneme /c/, (b) the syllable /sat/, (c) the word “real”, (d) the child hears the word “week” and must put the letters in the right order

that is read with a cursor (binary audio-visual processing). (3) Parent and child read aloud at the same time (accompanied reading) and the child follows the text with the cursor. (4) The child reads alone and again follows the text read aloud with the cursor; the parent corrects the wrong words or reads the words that are not read fast enough (repeated reading). (5) The child reads the text aloud alone, as quickly as possible, while listening to music of his or her choice with headphones (auditory masking). (6) The child reads the text aloud alone, as quickly as possible, without masked hearing. The parent notes the reading speed and the number of errors. The next day, a different text is read following the same steps.

#### Criteria for discontinuing or modifying allocated interventions {11b}

The criteria for discontinuing or modifying allocated interventions are: (a) a serious adverse event (disease or pandemic) or environmental event (relocation), (b) withdrawal of consent, (c) cessation of daily training for more than 15 days without valid reason and subject to the judgment of the investigator, or an irregularity in daily training subject to the judgment of the investigator. Post-intervention measures for children that drop out from the intervention will be taken to perform an intention-to-treat analysis.

#### Strategies to improve adherence to interventions {11c}

The recordings of the sessions carried out at home on the digital platforms of the various software programs that make up this protocol allow for precise control of the date, duration, frequency and scores of each training session. Weekly face-to-face visits with the speech-language therapist serve to longitudinally control compliance with the intervention. Protocol monitoring sheets indicating the number of sessions per week are filled out by the parents after each training session (see “parent sheets” in Additional files 2, 3, 4, 5).

#### Relevant concomitant care permitted or prohibited during the trial {11d}

Weekly orthoptic and/or psychological care are not prohibited. Participation in another program of intensive care for a learning disability is a criterion for exclusion.

#### Provisions for post-trial care {30}

This protocol is part of an ongoing speech and language therapy treatment. Its objective is to propose an intervention model that can be used in the treatment of a written word identification disorder. This type of evidence-based intervention is therefore a benefit for the patient who will be able to continue his or her care with the therapist who, in turn, will have strengthened his or her care practices after participating in this study.

**Outcomes {12}**

The results of the study will be published 16 months after the last inclusion. Inclusions continue until September 2021.

**Participant timeline {13}**

The schedule of enrolments, interventions and evaluations is presented in Table 1.

**Sample size {14}**

In a pilot study on 20 patients with dyslexia, we determined that the effect size on reading efficiency between

classical rehabilitation (baseline) and intensive rehabilitation was Cohen  $d=0.867$ . Given that the literature on interventions for children and adolescents with reading disabilities gives effect sizes of 0.322 for phonological interventions (see [34]), expected effects on reading skills of a multimodal phonological, visual-attentional and cross-modal intervention should be greater. However, we preferred to be conservative and reduced the expected effect size to Cohen’s  $d=0.700$ . Using G\*Power 3.1.9.6, we found  $n=55$  per group. With an estimated drop-out rate of 10%, we will therefore include 120 participants.

**Table 1** Participant timeline

STUDY PERIOD	Enrolment	Allocation	Post-allocation				Close-out
TIMEPOINT	T 1	0	T 2	T 3	T 4	T 5	T 6
<b>ENROLMENT</b>							
Eligibility screen	X						
Informed consent	X						
Allocation		X					
<b>INTERVENTIONS</b>							
Group 1 (PHO/VA/CM)				↔			
Group 2 (VA/PHO/CM)				↔			
<b>ASSESSMENTS</b>							
<b>Baseline variables</b> Reading, spelling skills Phonological and visual-attentional skills Reading disorder impact	X		X				
<b>Outcome variables</b> Reading skills Phonological and visual-attentional skills				X	X	X	X
Reading comprehension Spelling skills Reading disorder impact						X	X



**Recruitment {15}**

The study is multicenter: 76 associate investigators have been recruited in France through the *Centre Référent des Troubles des Apprentissages* (CERTA) at the Nice-Lenval University Hospital Center and through professional training organizations. Each associate investigator may include a number of participants not defined in advance. If indeed associate investigators (i.e., speech and language therapists) include more than one patient, we will add the multi-level structure to the statistical data analyses. All the investigators recruited are state-qualified speech-language therapists and have expert practice in using these assessment and training methods.

**Assignment of interventions: allocation and blinding****Allocation****Sequence generation {16a}**

Randomization is performed centrally at the Delegation for Clinical Research and Innovation of Nice (DRCI) of the Nice University Hospital Center by e-mail. Randomization is not stratified on the participating centers; the recruitment is competitive.

**Concealment mechanism {16b}**

Randomization lists are produced using Query Advisor® v 7.0 software.

**Implementation {16c}**

The DRCI assigns participants to interventions. The participant's treatment group and inclusion number are then relayed to the investigator.

**Blinding****Who will be blinded {17a}**

Not applicable.

**Procedure for unblinding if needed {17b}**

The clinical trial is open-label randomized since the intervention programs must be known by the investigators and the participants before the beginning of the experiment to ensure that the training runs smoothly.

**Data collection and management****Plans for assessment and collection of outcomes {18a}**

The assessment plan and all the data collected are entered in three Case Report Forms (CRFs) available online: The CRF Test 1 indicates the initial assessment plan and allows for baseline data collection. Group 1 and Group 2 CRFs indicate the assessment plans for each arm and allow for the collection of data in T2, T3, T4, T5 and T6 (see Additional files 6 and 7). Data quality is optimized by computerized assessments for all tests except for two leximetry tests (Alouette© and DeltaText©), a reading comprehension test (Orlec© L3), a spelling test (Chronosdictées©) and a self-esteem

**Table 2** An overview on the assessment batteries

Cognitive Processes		Measures	Labels
<b>Reading and spelling assessments</b>	Reading aloud	Meaningless texts reading	Alouette© /DeltaText©
		Meaningful texts reading	Evaléo©
	Reading comprehension	2 min word reading	Evaléo©: Eval2M
		Regular, irregular, pseudo-words reading	Evalec©
<b>Underlying cognitive processes assessments</b>	Spelling	Multiple choice statements	Orlec 3©
		Phonetic, lexical and grammatical spelling	Chronosdictées©
	Phonological process	Phonological analysis	Evalec©
		Phonological short-term memory	Evalec©
Rapid automatized naming		Evalec©	
Visual-attentional process	Categorical perception	RapDys©	
	Visual-attentional span	Evadys©	
	Global/local analysis	Sigl©	
<b>Complementary assessments</b>	Span memory	Digit span	Evaléo©
		Visual-spatial span	Corsi©
	Reading disability impact	Reading motivation, academic performance and self-esteem	Likert scales
		Oral language	Vocabulary and syntactic comprehension
Matrix Reasoning	Fluent and visual-spatial intelligence	Wisc 5©	

questionnaire. All the tests selected are referenced and scientifically validated (see Table 2).

### Word identification assessment

**Meaningless texts** *Alouette*© [113, 114]: This test (265 words) which is considered the gold standard of lexicometry tests assesses speed and accuracy when reading a meaningless text. This test provides a reading age [113], a speed score, a precision score, a precision index and a speed index [114]. The text includes trick questions for readers who tend to massively use contextual anticipations (“*poisson*” instead of “*poison*” after “*lac*”) or identification behaviors (items that are visually or phonologically close, such as “*amie / annie*” or “*gai / geai*”). The text is surrounded by drawings that induce contextual errors (drawing of a “*écureuil*” near the word “*écueil*”). Time limit for reading is 3 minutes.

**DeltaText**© [119, 123]: Four different meaningless texts whose words ( $n=201$  words) are balanced in length, lexical frequency, and syllabic and phonemic complexity are proposed to limit a possible test/re-test effect. All words are regular to allow reading even if the spelling lexicon is insufficient. Time limit for reading is 3 minutes. The number of errors and the reading time are recorded.

**Meaningful texts** *Evaléo*©, *Mouette/Pingouin* [115]: These two meaningful texts ( $n=450$  words) are balanced in word and sentence length, lexical frequency and syllabic and phonemic complexity in order to limit a re-test effect. Reading time and accuracy are recorded. Time limit for reading is 3 minutes.

**Identification of written words** *Evaléo*©, *Eval2M* [115]: This test ( $n=263$  words) assesses the percentage of words read correctly in a limited time of 2 minutes. Words are presented in 10 columns and according to length and frequency.

**Evalec**© [116]: This test assesses reading of regular words, irregular words and pseudo-words. This computerized test presents the words to be identified one by one on the screen. The particularity of this test is to use voice detection to measure the time needed to correctly read the words. The lexical or sublexical reading processes are assessed by calculating the latency time in ms when correctly reading items and the percentage of errors when reading regular words ( $n=36$ ), pseudo-words ( $n=36$ ) and irregular words ( $n=36$ ). The length effect is assessed by comparing the accuracy and speed measures for short

and long irregular words ( $n=20$ ) with those for short and long pseudowords ( $n=20$ ).

### Reading comprehension assessment

The *ORLEC L3*© [121, 122] assesses word decoding speed and sentence comprehension. This closure test presents sentences to be completed ( $n=36$ ) with a word selected among 5 proposed words. The raw score corresponds to the number of correct items completed in 5 minutes.

### Spelling assessment

*Chronodictées*© [120] assesses lexical, morphosyntactic and phonetic spelling. Two dictations, A and B, of sentences are used for each grade level in elementary and middle school. The results are expressed in number of errors: 3 scores for the number of phonetic, lexical and grammatical errors, 2 scores for segmentation errors and omissions of words and a score for the total number of errors.

### Assessment of underlying cognitive processes

**Categorical perception assessment** Allophonic discrimination skills are assessed by syllable identification and discrimination tasks (/də/ and /tə/) using *RapDys*© software [123]. The tasks consist in discriminating and identifying increasingly fine acoustic differences between two different phonemes. The Voice Onset Time (VOT) changes from allophonic peaks at  $\pm 75$  ms VOT to phonemic peaks at  $\pm 5$  ms VOT.

**Phonological processes assessment** For the following tests, *Evalec*© software calculates a score for precision and for speed [116].

- The pseudoword repetition task assesses phonological short-term memory and is composed of pseudowords ( $n=12$ ) with a simple syllabic structure and pseudowords ( $n=12$ ) with a complex syllabic structure, both with 3 to 6 syllables.
- The task of deleting the first syllable of trisyllabic pseudowords ( $n=10$ ) assesses the phonological analysis (e.g., povidu/vidu). The two tasks of deleting the first phoneme of monosyllabic pseudowords ( $n=24$ ) assess the phonemic analysis (e.g., puf/uf and pra/ra).
- The color-naming task assesses rapid automatized naming. A matrix of color images ( $n=54$ ) and a matrix of written color names ( $n=54$ ) are presented in 9 lines of 6 colors in random order. Three color names have a CVC syllabic structure (*rouge*,

*jaune, vert*) and three have a CCV syllabic structure (*bleu, blanc, gris*).

**Visual-attentional processes assessment** Visual-attentional span is measured by global and partial letter report tasks with Evadys© software [117]. In the Global Report condition, the participant must name a sequence of five consonants presented for 200 ms. In the Partial Report condition, a vertical bar appears and indicates the position of the letter to be named among the five letters presented for 200 ms. The letter sequences are formed so as not to activate any memorized lexical knowledge and so as to minimize crowding. Beforehand, an isolated letter identification task is presented in order to control for single letter processing speed. The software calculates a score based on the number of successful sequences and a letter span.

Sigl© software [118] assesses the ability to focus attention on a global or local mode of analysis of visual information. The stimuli are drawings of hierarchical objects presented for 175 ms for which a global or local level is selected as per the instruction of a target. The software calculates the difference in performance between Control and Interference conditions to assess the local and global interference in response time and percentage of errors. To calculate the asymmetry of the interference, the local interference effect is subtracted from the global interference effect and this difference is typically positive.

#### **Span memory assessment**

Assessment of the digit span with Evaléo© software [115]: Repetition of a series of 2 to 7 digits in forward (short-term memory) and backward (working memory) order assesses verbal memory. The number of digits correctly repeated determines the digit span.

Assessment of the visual-spatial span [132]: The Corsi block test consists in reproducing, in the same or reverse order, the sequence in which the clinician points to different cubes. The number of cubes in the sequence gradually increases, thus determining the visual-spatial span.

#### **Assessment of reading disability impact**

Changes in reading disability, reading motivation, academic performance and self-esteem are measured by two questionnaires. These questionnaires consist of several statements for which the respondent expresses his or her degree of agreement or disagreement. Two Likert scales are constructed, one for the child, one for the parents, and are proposed before and after training (for more details, see Additional file 8).

#### **Optional assessment**

If the participant did not have an oral language assessment prior to inclusion, three measures will be taken to assess vocabulary expression, lexical syntactic comprehension. Naming Vocabulary test [115] assesses the lexical stock of known words produced and naming time. The picture/word association [115] assesses the lexical stock. The picture/sentence association [133] assesses syntax understanding in sentences.

If the participant has not had an assessment of intellectual efficiency, the *Matrix Reasoning* test from the Wechsler Intelligence Scale for Children, Wisc-5 [134], is administered to determine an index of fluid and visual-spatial intelligence [135].

#### **Plans to promote participant retention and complete follow-up {18b}**

The principles of therapeutic education and shared decision making are used to maintain the children's participation during the 16 months. Participants and their parents receive all the information necessary to understand developmental dyslexia and the protocol of care offered to them. This information is presented and repeated throughout the duration of the study on different media (slide show and fact sheets). Most interventions at home are standardized and computerized. The role of the parents is making sure that the children respect the daily sessions, supporting them by being present during the numerical training and carrying out the verbal trainings such as BlendSeg or ARMAR. The children and their parents are also trained in using the software on their own by means of tutorials. The outcomes obtained during the different phases of the study are communicated very precisely and explained to the parents and children. The child can decide to leave the study at any time. The data collected until the withdrawal of consent or the end of participation is kept and analyzed as specified in the information leaflet given to the parents.

#### **Data management {19}**

For each assessment (tests 1 to 6), data are collected in raw scores (number or percentage of errors and completion time in seconds), percentiles or standard deviations. These data are reported on the CRF by each associate investigator, and are checked and centralized on an Excel spreadsheet by the coordinating investigator. In accordance with the Good Clinical Practices of Decree No. 64 of November 30, 2006 (JORF No. 277), at the end of the trial, all documents relating to the protocol are archived for a minimum of 15 years by the principal investigator in a locked room with sufficient guarantees of protection against fire, water damage, light or any malicious acts. Given that all interventions use at least two computerized training programs, treatment fidelity and performance

during training will be assessed by analyzing the log files and user data.

#### **Confidentiality {27}**

For the duration of the study, information and data will be collected and archived anonymously by a numeric code randomly assigned to each participant.

Experimental data, collected directly on computer, will be transferred (and deleted from the computer used for the study) to a network secured by an identifier and a password, whose access is limited to the study authors. Experimental data collected in paper format will be entered directly into the observation workbook and will be considered as source data.

#### **Plans for collection, laboratory evaluation and storage of biological specimens for genetic or molecular analysis in this trial/future use {33}**

Not applicable, no samples collected.

#### **Statistical methods**

##### **Statistical methods for primary and secondary outcomes {20a}**

The statistical analysis will first include a descriptive analysis of the study population and the parameters studied, globally and by training group, with an assessment of absolute and relative frequencies (and their 95% confidence intervals) for categorical variables, and an assessment of means and standard deviations, medians and interquartiles for quantitative variables. A flowchart will present the number of eligible participants, the number of participants randomized into each group and the number of participants included in the final analysis. The characteristics of participants lost to follow-up during the study will be described. As recommended in the Consort recommendations, participant characteristics will be compared between the two groups at inclusion from a clinical and statistical perspective. Before each analysis is carried out, the conditions of application of the tests used will be verified. The different tests will be considered significant at the 5% threshold (first species risk).

##### **Statistical analysis**

1. To assess the gains for each dependent variable (reading, spelling and reading comprehension scores) in each group (1 and 2) and for the total sample, we will calculate the means difference and confidence intervals between T1 and T2 (Phase 1 without training), between T2 and T4 (Phase 2 after 16 weeks of training), between T4 and T5 (Phase 2 after 24 weeks of training), and between T5 and T6 (Phase 3 after 8 weeks without training).

2. The gains between T1 and T2 will be compared with the gains between T2 and T4, between T4 and T5, and between T5 and T6 to determine whether the T2T4, T4T5, and T5T6 differences represent a significantly greater gain compared to the no training phase (T1T2).

To measure the effect of each type of training, we will calculate the effect size, *Cohen's d* or  $\eta^2$ , from the gains of each dependent variable. Cohen's *d* scores of 0.3, 0.5 and 0.8 are considered to represent small, medium and large effect sizes, respectively.

3. To determine whether the order of PHO/VA versus VA/PHO training leads to different effects, we will perform a repeated Anova with cross-over between groups to compare the gains between T2 and T4 of each group, controlling for gains between T2 and T1 without training. This analysis will also allow us to determine if there is a significant difference between the effects of 8 weeks of phonological training and 8 weeks of visual-attentional training between T2 and T3.
4. Exploratory factor analysis will verify that all the items in the questionnaires (pre-test and post-test Likert scale) or, failing that, some of them can be combined into a score. If necessary, the composite scores will be analyzed as continuous variables. If not, graphical representations in the form of histograms will be used to visualize the variations, and  $\chi^2$  tests will be carried out.

##### **Interim analyses {21b}**

The baseline scores obtained monthly during Phase 2 will also be analyzed according to the same statistical strategy presented earlier in 20a.

##### **Methods for additional analyses (e.g. subgroup analyses) {20b}**

Any additional subgroup analysis will depend on the sample sizes of the subgroups analyzed. However, multiple case studies will be considered if necessary.

##### **Methods in analysis to handle protocol non-adherence and any statistical methods to handle missing data {20c}**

Missing data will be replaced by multiple imputed values.

##### **Plans to give access to the full protocol, participant level-data and statistical code {31c}**

Additional data will be available online after recruitment completes.

## Oversight and monitoring

### Composition of the coordinating center and trial steering committee {5d}

Coordination of the clinical trial is guaranteed by the Delegation for Clinical Research and Innovation of Nice University Hospital (DRCI) of the Nice University Hospital Center. Principal Investigator (KHE): Design and conduct of DDMR, preparation of protocol, investigators brochure and Case Report Forms. Scientific Committee (SF, BDC, GL, JZ): Agreement of final protocol, university ethics committee applications, publication of the study reports review. Management Committee (HC, DD): National ethics committee applications, data verification, randomization. Data Manager (JN): Data collection and data entry.

### Composition of the data monitoring committee, its role and reporting structure {21a}

Monitoring of the clinical trial is guaranteed by the Laboratory of Anthropology and Clinical, Cognitive and Social Psychology (LAPCOS) and the Delegation for Clinical Research and Innovation of Nice University Hospital (DRCI) of the Nice University Hospital Center.

### Adverse event reporting and harms {22}

This trial intervention does not imply any adverse event or harms.

### Frequency and plans for auditing trial conduct {23}

The principal investigator is in constant communication with all the associate investigators in the online workgroup.

### Plans for communicating important protocol amendments to relevant parties (e.g. trial participants, ethical committees) {25}

The regional ethics committee (*Comité de Protection des Personnes Ile de France IV*) has approved the trial DDMR protocol (ID no. RCB 2019-A01453–54). The study has been registered in the [ClinicalTrials.gov](https://clinicaltrials.gov) protocol registration system (NCT 04028310). Important protocol modifications will be submitted to the ethical committee CPP IDF VI for validation. Any modifications will be applied and added to the protocol. Modifications will be communicated in a new consent form to trial participants. The new protocol will be transmitted to investigators for application.

### Dissemination plans {31a}

Trial results will be communicated in publications.

### Trial status

Recruitment of participants started in September 2019 and will end in September 2021.

## Abbreviations

DDMR: developmental dyslexia and method of remediation; ANOVA: analysis of variance; UCD: underlying cognitive deficits; SD: standard deviation; CP: categorical perception; PSM: phonological serial memory; RAN: rapid automatized naming; CRF: Case Report Form; DRCI: Delegation for Clinical Research and Innovation of Nice.

## Supplementary Information

The online version contains supplementary material available at <https://doi.org/10.1186/s12887-022-03701-8>.

**Additional file 1.** SPIRIT-Checklist (page numbers correspond to each item).

**Additional file 2.** Parent sheet, phonological training: Rappdys, Phonopidow (guidelines and protocol monitoring).

**Additional file 3.** Parent sheet, Phonological training: Rapid Automatized Naming (guidelines and protocol monitoring).

**Additional file 4.** Parent sheet, visuo-attentional training (guidelines and protocol monitoring).

**Additional file 5.** Parent sheet, cross-modal training (guidelines and protocol monitoring).

**Additional file 6.** Case Report Form Test 1 (Assessment and data entry).

**Additional file 7.** Case Report Form Group 1 (Assessment and data entry).

**Additional file 8.** Likert scale-child-parent (Assessment of reading disability impact).

## Acknowledgements

Special thanks go to investigators associated with inclusion, assessment of skills, data collection and protocol compliance.

**South site:** Julie Nothelier, Marine Serrette, Nadine Lions, Odile Nguyen, Jennifer Pignon, Stéphanie Lorenzati, Marine Versio, Stéphanie Nazaryan, Marie Laure Grand, Agnes Lonne-Lafoy, Caroline Jorand, Julie Colliat-Dangus, Auréa Servonnet, Charlotte Forst, Charlotte Desmons, Marine Ladoul, Domitille Adriaens, Lola François, Clara Pastor, Mélissa Lecoq, Hocquet Fanny, Carole Lancuentra, Marine Ciano, Camille Fajon, Manon Py, Marion Le Bozek, Fanny Hocquet, Nathalie Lesaint, Apolline Accary, Méryl Alberti, Sabrina Courant, Gaëlle Darrot.

**North site:** Ludivine Lebel, Ludivine Verlot-Mory, Juliette Mangin, Stéphanie Nadaud, Alice Motte, Véronique Bonneau-Hiegel, Louise Duloquin, Anne Anzuini-Keryvel, Agnès De Buttet, Raphaëlle Bresson, Claire Saint Gaudin, Sylvie Hammerli-Peter, Martine Etard, Emilie Coudougnan, Isabelle Muller, Elisabeth Nettersheim, Laurence Jacquin, Joan Le Scornec, Catherine Scheubel-Clerjaut, Nathalie de Vaulchier, Christine Kalck, Mélissa Lecoq, Christelle Belkada, Charlotte Picke, Nathalie Lesaint, Odile Tromelin, Mélanie Gely, Odile Tromelin.

We would like to thank Dr. Dominique Donzeau (DRCI of the Pediatric Hospitals of Nice-CHU-Lenval), clinical research associate, for her help and valuable advice in setting up and ensuring the proper logistical conduct of this clinical trial. We would like to thank Edouard Alavoine (Cognitive Psychology Laboratory, CNRS-Aix-Marseille University), Franck Medina and the Gnosia team for their help in a management of the computer supports. The authors would also like to acknowledge the parents involved in this intervention and Yvonne van der Does (Côte d'Azur University) for her help in translating this manuscript. Finally, we would like to warmly thank Nathalie Bedoin, Rachel Zoubirinsky, Sylviane Valdois, Grégory Collet, Willy Serniclaes and Franck Ramus for their research work which inspired us and their very wise advice.

## Authors' contributions {31b}

KHE has designed the study and is responsible for conduct of the study. SF, BDC and GL are supervising KHE's doctoral thesis. JZ has contributed to manuscript. GL leads the recruitment process for associate investigators and for participants in the study. JN participates in data collection. SF and HC developed the analytic strategy and will oversee data analyses. All of the authors have reviewed and approved the manuscript.

**Funding {4}**

This study was funded by Ministry of Higher Education, Research and Innovation and the National Association for Research and Technology (ANRT) through a doctoral grant awarded to the first author. This grant is an Industrial Agreement of Training through Research, reference number CIFRE no. 2018/1089. This work was also sponsored by the Fondation Lénal - Hôpitaux Pédiatriques de Nice CHU- Lénal (Lénal Foundation - University Hospitals for Children in Nice) for regulatory and ethic submission. This research is also funded by an *Investments for the Future* (PIA) grant from the French Ministry (eFRAN: Espaces de formation, de recherche et d'animation numérique) awarded to JZ. The funders of the research had no role, neither in the design of the study, nor in writing the study protocol. The funders of the research will not have a role in collection, analysis, and interpretation of data.

**Availability of data and materials {29}**

This manuscript does not contain any data at this stage. The datasets generated and/or analyzed during the current study will be available in supplementary information files or through a permanent weblink to datasets.

**Declarations****Ethics approval and consent to participate {24}**

This study received ethics approval from two independent expert committees. First ethics approval was provided by the French National Committee for the Protection of Persons (CPP); Ile de France IV, IRB 00003835, reference number 2019/50, ID-RCB 2019-A01453-54. Second ethics approval was provided by the local Ethics Committee for Non-Interventional Research at Côte d'Azur University (CERNI); reference number 2019-7. Based on the Declaration of Helsinki and the Jardé law decree on research involving the human person (Decree No. 2016-1537 of November 16, 2016), informed written consent form will be signed by both parents or by legal guardians.

**Consent for publication {32}**

This manuscript does not contain any individual person's data in any form.

**Competing interests {28}**

The authors declare that they have no competing interests.

**Author details**

<sup>1</sup>Laboratoire d'Anthropologie et de Psychologie Cliniques, Cognitives et Sociales (LAPCOS), Université Côte d'Azur, Campus Saint Jean d'Angély/MSHS Sud-Est, 3 Boulevard François Mitterrand, 06357 Nice, Cedex 4, France. <sup>2</sup>Centre Hospitalier Universitaire, Nice-CHU-Lénal, Nice, France. <sup>3</sup>Université Côte d'Azur, CoBtek, Nice, France. <sup>4</sup>Aix-Marseille Univ, CNRS, LPC, Marseille, France.

Received: 23 February 2021 Accepted: 24 October 2022

Published online: 28 December 2022

**References**

- American Psychiatric Association. Diagnostic and statistical manual of mental disorders: neurodevelopmental disorders: DSM-5. 5th ed. Arlington: American Psychiatric Publishing; 2013.
- Menghini D, Finzi A, Benassi M, Bolzani R, Facoetti A, Giovagnoli S, et al. Different underlying neurocognitive deficits in developmental dyslexia: a comparative study. *Neuropsychologia*. 2010;48(4):863–72.
- Blomert L. The neural signature of orthographic–phonological binding in successful and failing reading development. *NeuroImage*. 2011;57(3):695–703.
- Vandermosten M, Boets B, Poelmans H, Sunaert S, Wouters J, Ghesquiere P. A tractography study in dyslexia: neuroanatomic correlates of orthographic, phonological and speech processing. *Brain*. 2012;135(3):935–48.
- Lachmann T, van Leeuwen C. Reading as functional coordination: not recycling but a novel synthesis. *Front Psychol*. 2014;5 [cited 2020 Jun 27]. Available from: <http://journal.frontiersin.org/article/10.3389/fpsyg.2014.01046/abstract>.
- Shaywitz SE, Shaywitz BA. Dyslexia (specific Reading disability). *Biol Psychiatry*. 2005;57(11):1301–9.
- Sprenger-Charolles L, Colé P, Serniclaes W. Reading acquisition and developmental dyslexia: Psychology Press; 2013.
- Beddington J, Cooper CL, Field J, Goswami U, Huppert FA, Jenkins R, et al. The mental wealth of nations. *Nature*. 2008;455(7216):1057–60.
- de Beer J, Engels J, Heerkens Y, van der Klink J. Factors influencing work participation of adults with developmental dyslexia: a systematic review. *BMC Public Health*. 2014;14(1):77.
- Kudo MF, Lussier CM, Swanson HL. Reading disabilities in children: a selective meta-analysis of the cognitive literature. *Res Dev Disabil*. 2015;40:51–62.
- Pennington B. From single to multiple deficit models of developmental disorders. *Cognition*. 2006;101(2):385–413.
- Paulesu E, Danelli L, Berlinger M. Reading the dyslexic brain: multiple dysfunctional routes revealed by a new meta-analysis of PET and fMRI activation studies. *Front Hum Neurosci*. 2014;8:1–20.
- Ramus F, Ahissar M. Developmental dyslexia: the difficulties of interpreting poor performance, and the importance of normal performance. *Cogn Neuropsychol*. 2012;29(1–2):104–22.
- Ramus F, Szenkovits G. What phonological deficit? *Q J Exp Psychol*. 2008;61(1):129–41.
- Ziegler JC, Castel C, Pech-Georgel C, George F, Alario FX, Perry C. Developmental dyslexia and the dual route model of reading: simulating individual differences and subtypes; 2008. p. 28.
- Ziegler JC, Perry C, Zorzi M. Learning to read and dyslexia: from theory to intervention through personalized computational models. *Curr Dir Psychol Sci*. 2020;29(3):293–300. <https://doi.org/10.1117/096372142091587>.
- Haft SL, Myers CA, Hoefl F. Socio-emotional and cognitive resilience in children with reading disabilities. *Curr Opin Behav Sci*. 2016;10:133–41.
- McArthur GM, Filardi N, Francis DA, Boyes ME, Badcock NA. Self-concept in poor readers: a systematic review and meta-analysis. *PeerJ*. 2020;8:e8772.
- Fluss J, Bertrand D, Ziegler J, Billard C. Troubles d'apprentissage de la lecture: rôle des facteurs cognitifs, comportementaux et socio-économiques; 2009. (De Boeck Supérieur)
- Carrion-Castillo A, Franke B, Fisher SE. Molecular genetics of dyslexia: an overview: molecular genetics of dyslexia: an overview. *Dyslexia*. 2013;19(4):214–40.
- Frith U, Frith C. The biological basis of social interaction. *Curr Dir Psychol Sci*. 2001;10(5):151–5.
- World Health Organization. International classification of diseases. 10th edition; 2015.
- van Bergen E, van der Leij A, de Jong PF. The intergenerational multiple deficit model and the case of dyslexia. *Front Hum Neurosci*. 2014;8 [cited 2020 Oct 12]. Available from: <http://journal.frontiersin.org/article/10.3389/fnhum.2014.00346/abstract>.
- Peters JL, De Losa L, Bavin EL, Crewther SG. Efficacy of dynamic visuo-attentional interventions for reading in dyslexic and neurotypical children: a systematic review. *Neurosci Biobehav Rev*. 2019;100:58–76.
- Zoubrinetzky R, Bielle F, Valdois S. New insights on developmental dyslexia subtypes: heterogeneity of mixed Reading profiles. *Kroesbergen E, editor. PLoS One*. 2014;9(6):e99337.
- Kershner JR. Network dynamics in dyslexia: review and implications for remediation. *Res Dev Disabil*. 2016;59:24–34.
- Boets B, Op de Beeck HP, Vandermosten M, Scott SK, Gillebert CR, Mantini D, et al. Intact but less accessible phonetic representations in adults with dyslexia. *Science*. 2013;342(6163):1251–4.
- Melby-Lervåg M, Lyster SAH, Hulme C. Phonological skills and their role in learning to read: a meta-analytic review. *Psychol Bull*. 2012;138(2):322–52.
- Norton ES, Wolf M. Rapid automatized naming (RAN) and Reading fluency: implications for understanding and treatment of Reading disabilities. *Annu Rev Psychol*. 2012;63(1):427–52.
- Wolf M, Bowers PG, Biddle K. Naming-speed processes, timing, and Reading: a conceptual review. *J Learn Disabil*. 2000;33(4):387–407.
- Protopapas A, Altani A, Georgiou GK. Development of serial processing in reading and rapid naming. *J Exp Child Psychol*. 2013;116(4):914–29.
- Bus AG, van Ijzendoorn MH. Phonological awareness and early reading: a meta-analysis of experimental training studies. *J Educ Psychol*. 1999;91(3):403–14.

33. Ehri LC, Nunes SR, Willows DM, Schuster BV, Yaghoub-Zadeh Z, Shanahan T. Phonemic awareness instruction helps children learn to read: evidence from the National Reading Panel's meta-analysis. *Read Res Q*. 2001;36(3):250–87.
34. Galuschka K, Ise E, Krick K, Schulte-Körne G. Effectiveness of treatment approaches for children and adolescents with Reading disabilities: a meta-analysis of randomized controlled trials. Lidzba K, editor. *PLoS One*. 2014;9(2):e89900.
35. Suggate SP. A meta-analysis of the long-term effects of phonemic awareness, phonics, fluency, and Reading comprehension interventions. *J Learn Disabil*. 2016;49(1):77–96.
36. Yang J, Peng J, Zhang D, Zheng L, Mo L. Specific effects of working memory training on the reading skills of Chinese children with developmental dyslexia. Weng X, editor. *PLoS One*. 2017;12(11):e0186114.
37. Kirby JR, Georgiou GK, Martinussen R, Parrila R, Bowers P, Landerl K. Naming speed and Reading: from prediction to instruction. *Read Res Q*. 2010;45(3):341–62.
38. de Jong PF, Vrieliink LO. Rapid automatic naming: easy to measure, hard to improve (quickly). *Ann Dyslexia*. 2004;54(1):65–88.
39. Marinus E, de Jong P, van der Leij A. Increasing word-Reading speed in poor readers: no additional benefits of explicit letter-cluster training. *Sci Stud Read*. 2012;16(2):166–85.
40. Pecini C, Spoglianti S, Bonetti S, Di Lieto MC, Guaran F, Martinelli A, et al. Training RAN or reading? A telerehabilitation study on developmental dyslexia. *Dyslexia*. 2019;25(3):318–31.
41. Vander Stappen C, Reybroeck MV. Phonological awareness and rapid automatized naming are independent phonological competencies with specific impacts on word Reading and spelling: an intervention study. *Front Psychol*. 2018;9:320.
42. Casini L, Pech-Georgel C, Ziegler JC. It's about time: revisiting temporal processing deficits in dyslexia. *Dev Sci*. 2018;21(2):e12530.
43. Facoetti A, Trussardi A, Ruffino M, Lorusso ML, Cattaneo C, Galli R, et al. Multisensory spatial attention deficits are predictive of phonological decoding skills in developmental dyslexia. *J Cogn Neurosci*. 2009;22:1011–25.
44. Fostick L, Revah H. Dyslexia as a multi-deficit disorder: working memory and auditory temporal processing. *Acta Psychol*. 2018;183:19–28.
45. Goswami U. Temporal sampling framework for developmental dyslexia. *Trends Cogn Sci*. 2011;15:3–10.
46. Hari R, Renvall H. Impaired processing of rapid stimulus sequences in dyslexia. *Trends Cogn Sci*. 2001;5(12):525–32.
47. Lallier M, Tainturier MJ, Dering B, Donnadieu S, Valdois S, Thierry G. Behavioral and ERP evidence for amodal sluggish attentional shifting in developmental dyslexia. *Neuropsychologia*. 2010;48(14):4125–35.
48. Meyer L, Schaadt G. Aberrant Prestimulus oscillations in developmental dyslexia support an underlying attention shifting deficit. *Cereb Cortex Commun*. 2020;1(1):tgaa006.
49. Serniclaes W, Collet G, Sprenger-Charolles L. Review of neural rehabilitation programs for dyslexia: how can an allophonic system be changed into a phonemic one? *Front Psychol*. 2015;6 [cited 2020 Apr 17]. Available from: <http://journal.frontiersin.org/Article/10.3389/fpsyg.2015.00190/abstract>.
50. Zoubinetsky R, Collet G, Nguyen-Morel MA, Valdois S, Serniclaes W. Remediation of allophonic perception and visual attention span in developmental dyslexia: a joint assay. *Front Psychol*. 2019;10:1502.
51. Lawton T. Increasing visual timing by movement discrimination exercises improves reading fluency, attention span, and memory retention in dyslexics. *Neurol Neurosurg*. 2019;2(1) [cited 2020 Apr 17]. Available from: <https://www.oatext.com/increasing-visual-timing-by-movement-discrimination-exercises-improves-reading-fluency-attention-span-and-memory-retention-in-dyslexics.php>.
52. Bertoni S, Franceschini S, Ronconi L, Gori S, Facoetti A. Is excessive visual crowding causally linked to developmental dyslexia? *Neuropsychologia*. 2019;130:107–17.
53. Stein J. The current status of the magnocellular theory of developmental dyslexia. *Neuropsychologia*. 2019;130:66–77.
54. Tullioch K, Pammer K. Tablet computer games to measure dorsal stream performance in good and poor readers. *Neuropsychologia*. 2019;130:92–9.
55. Vidyasagar TR. Visual attention and neural oscillations in reading and dyslexia: are they possible targets for remediation? *Neuropsychologia*. 2019;130:59–65.
56. Valdois S, Roulin JL, Line BM. Visual attention modulates reading acquisition. *Vis Res*. 2019;165:152–61.
57. Lawton T. Improving dorsal stream function in dyslexics by training figure/ground motion discrimination improves attention, Reading fluency, and working memory. *Front Hum Neurosci*. 2016;10 [cited 2020 Oct 14]. Available from: <http://journal.frontiersin.org/Article/10.3389/fnhum.2016.00397/abstract>.
58. Bakker D. Treatment of developmental dyslexia: a review. *Pediatr Rehabil*. 2006;9:3–13.
59. Facoetti A, Lorusso ML, Paganoni P, Umiltà C, Gastone MG. The role of visuospatial attention in developmental dyslexia: evidence from a rehabilitation study. *Cogn Brain Res*. 2003;15(2):154–64.
60. Franceschini S, Trevisan P, Ronconi L, Bertoni S, Colmar S, Double K, et al. Action video games improve reading abilities and visual-to-auditory attentional shifting in English-speaking children with dyslexia. *Sci Rep*. 2017;7(1):1–12.
61. Franceschini S, Bertoni S. Improving action video games abilities increases the phonological decoding speed and phonological short-term memory in children with developmental dyslexia. *Neuropsychologia*. 2019;130:100–6.
62. Łuniewska M, Chyl K, Dębska A, Kacprzak A, Plewko J, Szczerbiński M, et al. Neither action nor phonological video games make dyslexic children read better. *Sci Rep*. 2018;8(1):549.
63. Valdois S, Bosse ML, Tainturier MJ. The cognitive deficits responsible for developmental dyslexia: review of evidence for a selective visual attentional disorder. *Dyslexia*. 2004;10(4):339–63.
64. Franceschini S, Bertoni S, Giancesini T, Gori S, Facoetti A. A different vision of dyslexia: local precedence on global perception. *Sci Rep*. 2017;7(1):1–10.
65. Keita L. Approche développementale et neuropsychologique de processus visuo-attentionnels: traitements global et local selon la catégorie. *Lumière Lyon 2*; 2007. p. 372.
66. Bedoin N, Medina F. Switchipido, training software for alternating between local and global visual treatments, and for the inhibition of details. *Nîmes: GNOSIA*; 2013.
67. Viterbo G, Katzir T, Goldfarb L. Accelerating reading via local priming. *Acta Psychol*. 2020;205:103056.
68. Blomert L, Willems G. Is there a causal link from a phonological awareness deficit to reading failure in children at familial risk for dyslexia? *Dyslexia*. 2010;16(4):300–17.
69. Blau V, van Atteveldt N, Ekkebus M, Goebel R, Blomert L. Reduced neural integration of letters and speech sounds links phonological and Reading deficits in adult dyslexia. *Curr Biol*. 2009;19(6):503–8.
70. Blau V, Reithler J, van Atteveldt N, Seitz J, Gerretsen P, Goebel R, et al. Deviant processing of letters and speech sounds as proximate cause of reading failure: a functional magnetic resonance imaging study of dyslexic children. *Brain*. 2010;133(3):868–79.
71. Kayser C, Logothetis NK. Do early sensory cortices integrate cross-modal information? *Brain Struct Funct*. 2007;212(2):121–32.
72. van Atteveldt N, Formisano E, Goebel R, Blomert L. Integration of letters and speech sounds in the human brain. *Neuron*. 2004;43(2):271–82.
73. van Atteveldt NM, Formisano E, Blomert L, Goebel R. The effect of temporal asynchrony on the multisensory integration of letters and speech sounds. *Cereb Cortex*. 2006;17(4):962–74.
74. Richardson U, Lyytinen H. The GraphoGame method: the theoretical and methodological background of the technology-enhanced learning environment for learning to read. *Hum Technol Interdiscip J Hum ICT Environ*. 2014;10(1):39–60.
75. Lassault J, Ziegler JC. Les outils numériques d'aide à l'apprentissage de la lecture. *Lang Fr*. 2018;199(3):111.
76. Brem S, Bach S, Kucian K, Kujala JV, Guttorm TK, Martin E, et al. Brain sensitivity to print emerges when children learn letter–speech sound correspondences. *Proc Natl Acad Sci*. 2010;107(17):7939–44.
77. Kyle F, Kujala J, Richardson U, Lyytinen H, Goswami U. Assessing the effectiveness of two theoretically motivated computer-assisted Reading interventions in the UK: GG rime and GG phoneme. *Read Res Q*. 2013;48(1):61–76.

78. Ruiz J, Lassaut J, Sprenger-Charolles L, Richardson U, Lyytinen H, Ziegler JC. GraphoGame: un outil numérique pour enfants en difficultés d'apprentissage de la lecture, vol. 11; 2017.
79. Saine NL, Lerkkanen MK, Ahonen T, Tolvanen A, Lyytinen H. Predicting word-level reading fluency outcomes in three contrastive groups: remedial and computer-assisted remedial reading intervention, and mainstream instruction. *Learn Individ Differ*. 2010;20(5):402–14.
80. Saine NL, Lerkkanen MK, Ahonen T, Tolvanen A, Lyytinen H. Computer-assisted remedial Reading intervention for school beginners at risk for Reading disability: computer-assisted Reading intervention. *Child Dev*. 2011;82(3):1013–28.
81. McTigue EM, Solheim OJ, Zimmer WK, Uppstad PH. Critically reviewing GraphoGame across the world: recommendations and cautions for research and implementation of computer-assisted instruction for word-Reading acquisition. *Read Res Q*. 2020;55(1):45–73.
82. Lassaut J, Sprenger-Charolles L, Albrand JP, Alavoine E, Richardson U, Lyytinen H, et al. Testing the effects of GraphoGame against a computer-assisted math intervention in primary school. *Sci Stud Read*. 2022;26(6):449–68.
83. Kujala T, Karma K, Ceponiene R, Belitz S, Turkkila P, Tervaniemi M, et al. Plastic neural changes and reading improvement caused by audiovisual training in reading-impaired children. *Proc Natl Acad Sci*. 2001;98(18):10509–14.
84. Harrar V, Tammam J, Pérez-Bellido A, Pitt A, Stein J, Spence C. Multisensory integration and attention in developmental dyslexia. *Curr Biol*. 2014;24(5):531–5.
85. Kronschnabel J, Brem S, Maurer U, Brandeis D. The level of audiovisual print–speech integration deficits in dyslexia. *Neuropsychologia*. 2014;62:245–61.
86. McArthur G, Castles A, Kohlen S, Larsen L, Jones K, Anandakumar T, et al. Sight word and phonics training in children with dyslexia. *J Learn Disabil*. 2015;48(4):391–407.
87. Simos PG, Fletcher JM, Sarkari S, Billingsley RL, Denton C, Papanicolaou AC. Altering the brain circuits for reading through intervention: a magnetic source imaging study. *Neuropsychology*. 2007;21(4):485–96.
88. Tressoldi PE, Lonciari I, Vio C. Treatment of specific developmental Reading disorders, derived from single- and dual-route models. *J Learn Disabil*. 2000;33(3):278–85.
89. Heikkilä R, Aro M, Närhi V, Westerholm J, Ahonen T. Does Training in Syllable Recognition Improve Reading Speed? A Computer-Based Trial With Poor Readers From Second and Third Grade. *Sci Stud Read*. 2013;17(6):398–414.
90. Horowitz-Kraus T. Improvement of the error-detection mechanism in adults with dyslexia following Reading acceleration training: error detection in dyslexia. *Dyslexia*. 2016;22(2):173–89.
91. Horowitz-Kraus T, DiFrancesco M, Kay B, Wang Y, Holland SK. Increased resting-state functional connectivity of visual- and cognitive-control brain networks after training in children with reading difficulties. *NeuroImage Clin*. 2015;8:619–30.
92. Kirk C, Gillon GT. Integrated morphological awareness intervention as a tool for improving literacy. *Lang Speech Hear Serv Sch*. 2009;40(3):341–51.
93. Korinth SP, Dimigen O, Sommer W, Breznitz Z. Reading training by means of disappearing text: effects on reading performance and eye movements. *Read Writ*. 2016;29(6):1245–68.
94. Snellings P, van der Leij A, de Jong PF, Blok H. Enhancing the Reading fluency and comprehension of children with Reading disabilities in an orthographically transparent language. *J Learn Disabil*. 2009;42(4):291–305.
95. Torgesen JK, Alexander AW, Wagner RK, Rashotte CA, Voeller KKS, Conway T. Intensive remedial instruction for children with severe Reading disabilities, vol. 27; 2001.
96. Gonzalez M d RO, Garcia Espinel AI, Guzman Rosquete R. Remedial interventions for children with Reading disabilities: speech perception—an effective component in phonological training? *J Learn Disabil*. 2002;35(4):334–42.
97. Sanchez E, Rueda MI. Segmental awareness and dyslexia: is it possible to learn to segment well and yet continue to read and write poorly? *Read Writ*. 1991;3(1):11–8.
98. Lawton T, Shelley-Tremblay J. 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. *Front Hum Neurosci*. 2017;11:236.
99. Meng X, Lin O, Wang F, Jiang Y, Song Y. Reading performance is enhanced by visual texture discrimination training in Chinese-speaking children with developmental dyslexia. Rao H, editor. *PLoS One*. 2014;9(9):e108274.
100. Murphy CFB, Schochat E. Effect of nonlinguistic auditory training on phonological and Reading skills. *Folia Phoniatr Logop*. 2011;63(3):147–53.
101. Törmänen MRK, Takala M. Auditory processing in developmental dyslexia: an exploratory study of an auditory and visual matching training program with Swedish children with developmental dyslexia. *Scand J Psychol*. 2009;50(3):277–85.
102. Veuillet E, Magnan A, Escalle J, Thai-Van H, Collet L. Auditory processing disorder in children with reading disabilities: effect of audiovisual training. *Brain*. 2007;130(11):2915–28.
103. Jiménez JE, Hernández-Valle I, Ramírez G, Ortiz M d R, Rodrigo M, Estévez A, et al. Computer speech-based remediation for Reading disabilities: the size of spelling-to-sound unit in a transparent orthography. *Span J Psychol*. 2007;10(1):52–67.
104. Ryder JF, Tunmer WE, Greaney KT. Explicit instruction in phonemic awareness and phonemically based decoding skills as an intervention strategy for struggling readers in whole language classrooms. *Read Writ*. 2008;21(4):349–69.
105. Lorusso ML, Facoetti A, Toraldo A, Molteni M. Tachistoscopic treatment of dyslexia changes the distribution of visual–spatial attention. *Brain Cogn*. 2005;57(2):135–42.
106. Lorusso ML, Facoetti A, Paganoni P, Pezzani M, Molteni M. Effects of visual hemisphere-specific stimulation versus reading-focused training in dyslexic children. *Neuropsychol Rehabil*. 2006;16(2):194–212.
107. Lorusso ML, Facoetti A, Bakker DJ. Neuropsychological treatment of dyslexia: does type of treatment matter? *J Learn Disabil*. 2011;44:136–49.
108. Ziegler JC, Perry C, Zorzi M. Modeling the variability of developmental dyslexia. In: Perfetti C, Pugh K, Verhoeven L, editors. *Developmental dyslexia across languages and writing systems*. Cambridge: Cambridge University Press; 2019. p. 350–71.
109. Peyroux E, Seguin C. Critères cliniques et objectifs rééducatifs. In: *Rééducation cognitive chez l'enfant Deboeck supérieur*; 2018. p. 147–80.
110. De Cara B, Plaza M. Les outils informatisés d'aide à la lecture: un bilan des recherches. *ANAE - Approche Neuropsychol Apprentiss Chez Enfant*. 2010;108(107):184–90.
111. Bara F, Gentaz É, Colé P. Les effets des entraînements phonologiques et multisensoriels destinés à favoriser l'apprentissage de la lecture chez les jeunes enfants. *Enfance*. 2004;56(4):387.
112. Bosse ML, Chaves N, Valdois S. Lexical orthography acquisition: is handwriting better than spelling aloud? *Front Psychol*. 2014;5 [cited 2020 Nov 10]. Available from: <http://journal.frontiersin.org/article/10.3389/fpsyg.2014.00056/abstract>.
113. Lefavrais P. *Alouette: reading efficiency test*. Paris: Les éditions du centre de psychologie appliquée; 1967.
114. Lefavrais P. *Alouette-R: test d'analyse de la vitesse en lecture à partir d'un texte*. Paris: Les éditions du centre de psychologie appliquée; 2005.
115. Launay L, Maeder C, Roustit J, Touzin M. Evaléo 6–15: évaluation du langage écrit et du langage oral. Isbergues: Orthoéditions; 2018.
116. Sprenger-Charolles L, Colé P, Piquard-Kipffer A, Pourcin L, Leloup G. EVA-LEC: computerized diagnostic assessment battery for specific reading learning disabilities. Lyon: Happyneuron; 2018.
117. Valdois S, Guinet E, Embs JL. *Evadys: visuo-attentional span diagnostic tool*. Lyon: Happyneuron; 2017.
118. Bedoin N, Medina F. Sigl: software for the evaluation of selection and inhibition skills for global and local treatments. Nîmes: GNOSIA; 2014.
119. Bedoin N. Rééquilibrer les analyses visuo-attentionnelles globales et locales pour améliorer la lecture chez des enfants dyslexiques de surface. *ANAE*. 2017;29(148):276–94.
120. Baneath B, Boutard C, Alberti C. *Chronosdictées: tools for evaluating orthographic performance, with and without time constraints*. Isbergues: Orthoéditions; 2006.



121. Piérart B, Grégoire J. Decode and understand: the reading closure test revisited. *Belgian Calibr Lobrot's L3*. 2004;39(2):87–100.
122. Lobrot M. ORLEC: battery to measure reading and spelling: Beaumont/Oise, bureau d'études et de recherches; 1967.
123. Collet G, Colin C, Serniclaes W. Remédiation audiophonologique de la dyslexie: (RapDys®), un logiciel visant à réorganiser la perception allophonique des sons de la parole en perception phonémique. *Approche Neuropsychol Apprentissages Chez Enfant*. 2017;29(148):257–63.
124. Medina F. PhonopidoW: training software for phonological components and phonological buffer in working memory. Nîmes: GNOSIA; 2010.
125. Bonin P, Peereman R, Malardier N, Méot A, Chalard M. 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. *Behav Res Methods Instrum Comput*. 2003;35(1):158–67.
126. Jacquier-Roux M, Lequette C, Pouget G, Valdois S, Zorman M. BALE: analytical battery of written language. *Lab Psychol Neurocog CNRS*. 2010; Available from: [www.cognisciences.com/](http://www.cognisciences.com/).
127. Lang E, Villuendas A. Le phonème. *Orthopratic*. 2011; Available from: [http://www.orthopratic.com/fr/le-phoneme\\_r\\_101.html](http://www.orthopratic.com/fr/le-phoneme_r_101.html).
128. Lobier M. Design of a software program for the rehabilitation of visuo-attentional span disorders: Université Grenoble Alpes; 2008.
129. Lebel L, Gamot L, Leloup G. Protocole expérimental d'entraînement du lexique orthographique chez des enfants tout-venant scolarisés en CE2. *Université de Lille 2*; 2018. p. 1–32.
130. Breznitz Z. Enhancing the Reading of dyslexic children by Reading acceleration and auditory masking. *J Educ Psychol*. 1997;89(1):103–13.
131. Leloup G, Anders R, Charlet V, Eula-Fantozzi B, Fossoud C, Cavalli E. Improving reading skills in children with dyslexia: efficacy studies on a newly proposed remedial intervention—repeated reading with vocal music masking (RVM). *Ann Dyslexia*. 2021;71(1):60–83.
132. Fournier M, Albaret JM. Étalonnage des blocs de Corsi Sur Une population d'enfants scolarisés du CP à la 6e. *Développements*. 2013;16–17(3):76.
133. Lecocq P. *É.co.s.se: a test of syntaxico-semantic comprehension (manual and proofs): two volumes*. Presses Univ Septentrion; 1998.
134. Wechsler D. *Echelle d'intelligence de Wechsler pour enfants: Wisc V. ECPA, les éditions du Centre de psychologie appliquée*; 2014.
135. Carroll JB. *Human cognitive abilities: a survey of factor studies*: Camb Univ Press; 1993.

### Publisher's Note

Springer Nature remains neutral with regard to jurisdictional claims in published maps and institutional affiliations.

Ready to submit your research? Choose BMC and benefit from:

- fast, convenient online submission
- thorough peer review by experienced researchers in your field
- rapid publication on acceptance
- support for research data, including large and complex data types
- gold Open Access which fosters wider collaboration and increased citations
- maximum visibility for your research: over 100M website views per year

At BMC, research is always in progress.

Learn more [biomedcentral.com/submissions](https://biomedcentral.com/submissions)



SPIRIT 2013 Checklist: Recommended items to address in a clinical trial protocol and related documents\*

Section/item	Item No	Description
<b>Administrative information</b>		
Title	1	Descriptive title identifying the study design, population, interventions, and, if applicable, trial acronym..... <a href="#">pages 1 &amp; 2</a>
Trial registration	2a	Trial identifier and registry name. If not yet registered, name of intended registry..... <a href="#">page 2</a>
	2b	All items from the World Health Organization Trial Registration Data Set..... <a href="#">page 2</a>
Protocol version	3	Date and version identifier..... <a href="#">page 2</a>
Funding	4	Sources and types of financial, material, and other support..... <a href="#">page 30</a>
Roles and responsibilities	5a	Names, affiliations, and roles of protocol contributors..... <a href="#">page 2</a>
	5b	Name and contact information for the trial sponsor..... <a href="#">page 3</a>
	5c	Role of study sponsor and funders, if any, in study design; collection, management, analysis, and interpretation of data; writing of the report; and the decision to submit the report for publication, including whether they will have ultimate authority over any of these activities..... <a href="#">page 3</a>
	5d	Composition, roles, and responsibilities of the coordinating centre, steering committee, endpoint adjudication committee, data management team, and other individuals or groups overseeing the trial, if applicable (see Item 21a for data monitoring committee)..... <a href="#">page 29</a>
<b>Introduction</b>		
Background and rationale	6a	Description of research question and justification for undertaking the trial, including summary of relevant studies examining benefits and harms for each intervention..... <a href="#">page 3</a>
	6b	Explanation for choice of comparators..... <a href="#">page 13</a>
Objectives	7	Specific objectives or hypotheses..... <a href="#">page 9</a>

Trial design	8	Description of trial design including type of trial (eg, parallel group, crossover, factorial, single group), allocation ratio, and framework (eg, superiority, equivalence, noninferiority, exploratory)..... <a href="#">page 9</a>
--------------	---	---

**Methods: Participants, interventions, and outcomes**

Study setting	9	Description of study settings (eg, community clinic, academic hospital) and list of countries where data will be collected. Reference to where list of study sites can be obtained..... <a href="#">page 11</a>
Eligibility criteria	10	Inclusion and exclusion criteria for participants. If applicable, eligibility criteria for study centres and individuals who will perform the interventions (eg, surgeons, psychotherapists)..... <a href="#">page 11</a>
Interventions	11a	Interventions for each group with sufficient detail to allow replication, including how and when they will be administered..... <a href="#">page 14</a>
	11b	Criteria for discontinuing or modifying allocated interventions for a given trial participant (eg, drug dose change in response to harms, participant request, or improving/worsening disease)..... <a href="#">page 19</a>
	11c	Strategies to improve adherence to intervention protocols, and any procedures for monitoring adherence (eg, drug tablet return, laboratory tests)..... <a href="#">page 19</a>
	11d	Relevant concomitant care and interventions that are permitted or prohibited during the trial..... <a href="#">page 19</a>
Outcomes	12	Primary, secondary, and other outcomes, including the specific measurement variable (eg, systolic blood pressure), analysis metric (eg, change from baseline, final value, time to event), method of aggregation (eg, median, proportion), and time point for each outcome. Explanation of the clinical relevance of chosen efficacy and harm outcomes is strongly recommended..... <a href="#">page 20</a>
Participant timeline	13	Time schedule of enrolment, interventions (including any run-ins and washouts), assessments, and visits for participants. A schematic diagram is highly recommended (see Figure)..... <a href="#">page 20</a>
Sample size	14	Estimated number of participants needed to achieve study objectives and how it was determined, including clinical and statistical assumptions supporting any sample size calculations..... <a href="#">page 20</a>
Recruitment	15	Strategies for achieving adequate participant enrolment to reach target sample size..... <a href="#">page 21</a>

**Methods: Assignment of interventions (for controlled trials)**

Allocation:

Sequence generation	16a	Method of generating the allocation sequence (eg, computer-generated random numbers), and list of any factors for stratification. To reduce predictability of a random sequence, details of any planned restriction (eg, blocking) should be provided in a separate document that is unavailable to those who enrol participants or assign interventions..... <a href="#">page 21</a>
Allocation concealment mechanism	16b	Mechanism of implementing the allocation sequence (eg, central telephone; sequentially numbered, opaque, sealed envelopes), describing any steps to conceal the sequence until interventions are assigned..... <a href="#">page 21</a>
Implementation	16c	Who will generate the allocation sequence, who will enrol participants, and who will assign participants to interventions..... <a href="#">page 21</a>
Blinding (masking)	17a	Who will be blinded after assignment to interventions (eg, trial participants, care providers, outcome assessors, data analysts), and how..... <a href="#">page 22</a>
	17b	If blinded, circumstances under which unblinding is permissible, and procedure for revealing a participant's allocated intervention during the trial..... <a href="#">page 22</a>

**Methods: Data collection, management, and analysis**

Data collection methods	18a	Plans for assessment and collection of outcome, baseline, and other trial data, including any related processes to promote data quality (eg, duplicate measurements, training of assessors) and a description of study instruments (eg, questionnaires, laboratory tests) along with their reliability and validity, if known. Reference to where data collection forms can be found, if not in the protocol..... <a href="#">page 22</a>
	18b	Plans to promote participant retention and complete follow-up, including list of any outcome data to be collected for participants who discontinue or deviate from intervention protocols..... <a href="#">page 26</a>
Data management	19	Plans for data entry, coding, security, and storage, including any related processes to promote data quality (eg, double data entry; range checks for data values). Reference to where details of data management procedures can be found, if not in the protocol..... <a href="#">page 26</a>
Statistical methods	20a	Statistical methods for analysing primary and secondary outcomes. Reference to where other details of the statistical analysis plan can be found, if not in the protocol..... <a href="#">page 27</a>
	20b	Methods for any additional analyses (eg, subgroup and adjusted analyses)..... <a href="#">page 28</a>
	20c	Definition of analysis population relating to protocol non-adherence (eg, as randomised analysis), and any statistical methods to handle missing data (eg, multiple imputation)..... <a href="#">page 28</a>

## Methods: Monitoring

Data monitoring	21a	Composition of data monitoring committee (DMC); summary of its role and reporting structure; statement of whether it is independent from the sponsor and competing interests; and reference to where further details about its charter can be found, if not in the protocol. Alternatively, an explanation of why a DMC is not needed..... <a href="#">page 29</a>
	21b	Description of any interim analyses and stopping guidelines, including who will have access to these interim results and make the final decision to terminate the trial..... <a href="#">page 28</a>
Harms	22	Plans for collecting, assessing, reporting, and managing solicited and spontaneously reported adverse events and other unintended effects of trial interventions or trial conduct..... <a href="#">page 29</a>
Auditing	23	Frequency and procedures for auditing trial conduct, if any, and whether the process will be independent from investigators and the sponsor..... <a href="#">page 29</a>

## Ethics and dissemination

Research ethics approval	24	Plans for seeking research ethics committee/institutional review board (REC/IRB) approval..... <a href="#">page 30</a>
Protocol amendments	25	Plans for communicating important protocol modifications (eg, changes to eligibility criteria, outcomes, analyses) to relevant parties (eg, investigators, REC/IRBs, trial participants, trial registries, journals, regulators)..... <a href="#">page 29</a>
Consent or assent	26a	Who will obtain informed consent or assent from potential trial participants or authorised surrogates, and how (see Item 32)..... <a href="#">page 12</a>
	26b	Additional consent provisions for collection and use of participant data and biological specimens in ancillary studies, if applicable..... <a href="#">page 12</a>
Confidentiality	27	How personal information about potential and enrolled participants will be collected, shared, and maintained in order to protect confidentiality before, during, and after the trial..... <a href="#">page 26</a>
Declaration of interests	28	Financial and other competing interests for principal investigators for the overall trial and each study site..... <a href="#">page 30</a>
Access to data	29	Statement of who will have access to the final trial dataset, and disclosure of contractual agreements that limit such access for investigators..... <a href="#">page 30</a>
Ancillary and post-trial care	30	Provisions, if any, for ancillary and post-trial care, and for compensation to those who suffer harm from trial participation..... <a href="#">page 19</a>

Dissemination policy	31a	Plans for investigators and sponsor to communicate trial results to participants, healthcare professionals, the public, and other relevant groups (eg, via publication, reporting in results databases, or other data sharing arrangements), including any publication restrictions.....	<a href="#">page 29</a>
	31b	Authorship eligibility guidelines and any intended use of professional writers.....	<a href="#">page 31</a>
	31c	Plans, if any, for granting public access to the full protocol, participant-level dataset, and statistical code.....	<a href="#">page 28</a>

## Appendices

Informed consent materials	32	Model consent form and other related documentation given to participants and authorised surrogates.....	<a href="#">page 30</a>
Biological specimens	33	Plans for collection, laboratory evaluation, and storage of biological specimens for genetic or molecular analysis in the current trial and for future use in ancillary studies, if applicable.....	<a href="#">page 27</a>

---

\*It is strongly recommended that this checklist be read in conjunction with the SPIRIT 2013 Explanation & Elaboration for important clarification on the items. Amendments to the protocol should be tracked and dated. The SPIRIT checklist is copyrighted by the SPIRIT Group under the Creative Commons "[Attribution-NonCommercial-NoDerivs 3.0 Unported](#)" license.



## Parent sheet, phonological training: Rapdys, Phonopidow

DDMR Study, 19-HPNCL-02

- Regularly remind your child why he or she needs to do the exercises.
  - The speech therapist will tell you which exercises are appropriate for your child's age and difficulties. All you have to do is follow this progression.
- Remember that regular practice guarantees effectiveness. So don't replace 2 days (15 min each) with 1 day (30 minutes).***

### 1. Rapdys / Blending: 15 min per day



**What for? When we perceive sounds better, we analyze them better and therefore read and write better.**



**When? For one month, 5 days a week for 15 minutes:**

- 10 minutes of RapDys training with headphones.
- 5 minutes of phoneme blending.

**NB: In Rapdys, the child must complete full sessions with a 70% score to move on to the next level. At the end of the session, a message appears: "Send data to the server."**



Phoneme blending training is done orally with an adult:

- The child combines the phonemes of 10 words.
- Reads the 10 words (3 times).
- Writes the 10 words (delayed copy or dictation).



**Follow-up calendar:**

- Mark with an X when training is done.
- Write 0 if the training has not been done.

	Day 1	Day 2	Day 3	Day 4	Day 5
Week 1					
Week 2					
Week 3					
Week 4					

### 2. Phonopidow / Segmentation: 15 min/day



**What for? When we remember the sounds better, we analyze them better and therefore read and write better.**



When? For one month, **5 days/week** for 15 minutes:

- 10 minutes of training with Phonopidow.
- 5 minutes of word segmentation.

**NB: The progression and type of exercise will be specified by your speech therapist.**



Phoneme segmentation training is done orally with an adult:

- The child divides 10 words into phonemes.
- Reads the 10 words (3 times).
- Writes the 10 words (delayed copy or dictation).



Follow-up calendar:

- Mark with an X when training is done.
- Write 0 if the training has not been done.

	Day 1	Day 2	Day 3	Day 4	Day 5
Week 1					
Week 2					
Week 3					
Week 4					

At the end of the training (2 months), bring the completed card back to your speech therapist.



Comments:

- Did your child willingly complete the exercises: yes, no
- What exercises did he or she like?
- What exercises did he or she dislike?
- What problems did you encounter and with what software?
- Other remarks:

First Name :

Name :

Date :





## Parent Sheet, Phonological training: RAN or Rapid Automatized Naming

DDMR Study, 19-HPNCL-02

Regularly remind your child why he or she needs to do the exercises. The speech therapist will tell you which exercises are appropriate for your child's age and difficulties. All you have to do is follow this progression.  
*Remember that regular practice guarantees effectiveness. So don't replace 2 days (15 min each) with 1 day (30 minutes)*

### RAN - segmentation: 15 min per day, 5 days per week



**What for?** By quickly naming pictures in a row from left to right, we train the same mechanisms that are involved in reading, i.e. visual scanning, visual attention, rapid access to a word's phonological representation (how it is pronounced) and semantics (what it means).



**When?** For one month, **5 days/week** for **15 minutes/day**:

- 10 minutes of RAN training.
- 5 minutes of phoneme segmentation.



RAN training is done with a PowerPoint file. Simply name the pictures as soon as the red square appears:

- If the task is successfully completed (no mistakes and time respected), you can move on to the next slide.
- If the task is not successfully completed (errors or inability to complete it within the allotted time), repeat the slide until full success is achieved.
- Note errors in the table below (write the number of errors and the time taken).
- If unable to succeed, move on to the next exercise.

Phoneme segmentation training is done orally with an adult:

- Divide 10 words into segments.
- Read the 10 words (3 times).
- Write the 10 words (delayed copy or dictation).



**Follow-up calendar:**

- Mark with an X when training is done.
- Write 0 if the training has not been done.
- Add the number of errors and the time if the task is not successfully completed

	Day 1	Day 2	Day 3	Day 4	Day 5
Week 1					
Week 2					
Week 3					
Week 4					



Remarks:

- Did your child willingly complete the exercises: yes, no?
- What exercises did he or she like?
- What exercises did he or she dislike?
- What problems did you encounter and with what software?
- Other remarks:

First name:

Last name:

Date:



## Parent sheet, visuo-attentional training

DDMR Study, 19-HPNCL-02

- Regularly remind your child why he or she needs to do the exercises.
  - The speech therapist will tell you which exercises are appropriate for your child's age and difficulties. All you have to do is follow this progression.
- Remember that regular practice guarantees effectiveness. So don't replace 2 days (15 min each) with 1 day (30 minutes).*

### 1. Maeva /Lexical Access: 15 min/day



**What for? When we see more letters at the same time, we analyze them better and therefore read faster and write better.**



**When? For one month, 5 days/week for 15 minutes/day:**

- 10 minutes of training with Maeva.
- 5 minutes of spelling memory training (Lexical Access in PowerPoint).



Spelling memory training is done with an adult:

- The child reads the words: if the child makes a mistake, the parent should read the word correctly aloud.
- Explain the meaning of unknown words.
- The child writes the words while the slides scroll at normal speed.
- Tell the child to write at his own pace, even if he or she can't write all the words.
- At the end, go back to each slide and check that the word is written and that it is correct.
- If there is an error, the child writes the word after looking only once at the screen: the child looks at the word and writes it completely without looking at the screen again.

**NB: Repeat the same list of words for 3 consecutive days and then change list when there are no more errors (words and progression have to be adapted to the child's difficulties).**



**Follow-up calendar:**

- Mark with an X when the training is done and successfully completed.
- Otherwise put the number of words correctly written in the box.
- Put 0 if the training has not been done.

	Day 1	Day 2	Day 3	Day 4	Day 5
Week 1					
Week 2					
Week 3					
Week 4					

## 2. Switchipido /Lexical Access: 15 min per day



**What for? When we pay more attention to words and letters, we see them faster and therefore read faster and write better**



**When? For one month, 5 days a week for 15 minutes:**

- 10 minutes of training with Switchipido.
- 5 minutes of spelling memory in the same way as the first month



Type d'exercice	Configuration
<input type="radio"/> Panneau Global <input checked="" type="radio"/> Triplet Global <input type="radio"/> Panneau Alternance <input type="radio"/> Triplet Simple <input type="radio"/> Triplet complexe	Durée de l'exercice 10 min Nombre de blocs 5 Nombre d'items par bloc 20 Temps entre les blocs 0.75 min Intervalle entre les items 1 sec <input type="checkbox"/> stop sur erreur
<input type="button" value="Créer"/> <input type="button" value="Retour"/>	

Duration of exercise: 10 min  
Number of blocks: maximum

Example of progression:  
Week 1: Global Panel and Triplet Global  
Week 2: Alternate Panel  
Week 3: Simple Triplet  
Week 4: Triplet Complex



Follow-up calendar:

- Check with an X when the training is done and successfully completed.
- Otherwise enter the number of words correctly written in the box.
- Write 0 if the training has not been done.

	Day 1	Day 2	Day 3	Day 4	Day 5
Week 1					
Week 2					
Week 3					
Week 4					

At the end of the training (2 months), bring the completed card back to your speech therapist.



Remarks:

- Did you child willingly complete the exercises: yes, no?
- What exercises did he or she like?
- What exercises did he or she dislike?
- What problems did you encounter and with what software?
- Other remarks:

First name:

Last name:

Date:



## Parent sheet, cross-modal training

DDMR Study, 19-HPNCL-02

- Regularly remind your child why he or she needs to do the exercises.
  - The speech therapist will tell you which exercises are appropriate for your child's age and difficulties. All you have to do is follow this progression.
- Remember that regular practice guarantees effectiveness. So don't replace 2 days (15 min each) with 1 day (30 minutes).***

### Grapholearn and ARMAR: 15 min/day, 5 days/week



**What for? When we identify sounds and letters at the same time, we read and write faster.**



When? For 2 months, **5 days a week for 15 minutes:**

- 10 minutes of Grapholearn training (level prescribed by the speech therapist).
- 5 minutes of ARMAR training.



How?

1. **Grapholearn (GL) training** is done on the computer. Start at the level prescribed by the speech therapist. Progress is determined by the program.
2. **ARMAR training** (accompanied, repeated, masked, and accelerated reading) training is done with an adult:

The child chooses a book that he or she wants to read or is reading and which he or she likes (no comics).

The child reads a text aloud for 2 minutes. The parent notes the number of errors in the table below (follow-up calendar).

The parent makes sure that the text is properly understood (by asking questions, responding to them if necessary and explaining unknown words).

5 minutes a day at home, 5 days/week

- 1) The parent reads the chosen text aloud at normal speed and with intonation while the child follows the written text with a pen, under the parent's supervision (binary audio-visual processing).
- 2) The parent and the child read aloud at the same time (accompanied reading) and the child follows the text with a pen (binary audio-visual processing).
- 3) The child reads alone with a pen and the parent corrects the wrong words or reads words that are not read quickly enough.
- 4) The child reads aloud alone while listening to the music of his or her choice with a headset. This auditory masking increases reading fluidity by inhibiting the phonological pathway.
- 5) The child reads the text alone without masked hearing as quickly as possible. The parent notes the time and number of errors.

If the child wishes to continue reading the book silently, he or she can do so, but it is not an obligation.

The next day, the same exercise is repeated following the same protocol. The child reads the text for 2 minutes starting from where he or she stopped the day before. The parent notes the number of

errors, makes sure the text is properly understood and continues with the five steps described above.



Follow-up calendar:

- Write the number of errors at the end of each session in the corresponding box (GL - ARMAR)

	Day 1	Day 2	Day 3	Day 4	Day 5
Week 1					
Week 2					
Week 3					
Week 4					
	Day 1	Day 2	Day 3	Day 4	Day 5
Week 1					
Week 2					
Week 3					
Week 4					

At the end of the training (2 months), bring the completed card back to your speech therapist.



Comments:

- Did your child willingly complete the exercises: yes or no?
- What exercises did he or she like?
- What exercises did he or she dislike?
- What problems did you encounter and with what software?
- Other remarks:

First name:

Last name:

Date:

**Case Report Form (CRF)**

**Phase 1- Test 1**

**Selection and Inclusion**

**Developmental dyslexia and method of remediation (DDMR)  
Multimodal intervention in French-speaking children aged 8 to 13 years:  
study protocol for a randomized multicentre controlled cross-over trial**

**DDMR**

**Internal Code: ID No. RCB 2019-A01453-54 – No. 19-HPNCL-02**

**Case Report Form (CRF)**

**Phase 1 - Test 1: Selection and Inclusion**

**Center no.:** |\_|\_|

**Patient no. (or patient code):** |\_|\_|

**Patient initials:** |\_| - |\_|  
(1<sup>st</sup> letter of last name – 1<sup>st</sup> letter of first name)

**Sponsor:**

**Fondation LENVAL Hôpitaux Pédiatriques de Nice**  
CHU-Lenval

57, Avenue de la Californie - 06200 Nice

☎ : 04 92 03 03 92    ☎ : 04 92 03 03 44

@ : [fondation@lenval.com](mailto:fondation@lenval.com)

**Coordinating Investigator:**

**Karine Harrar Eskinazi**

CERTA- Nice-CHU-Lenval

54 avenue de La Californie, 06200 Nice

☎ : 04 92 03 92 00    ☎ : 04 92 03 00 00

@ : [karine.eskinazi@univ-cotedazur.fr](mailto:karine.eskinazi@univ-cotedazur.fr)

**Thesis director:**

**Pr Sylvane FAURE**

Laboratoire LAPCOS, UCA – MSHS - SE

24, avenue des Diabls Bleus, 06357 NICE Cedex

☎ : +33 4 89 15 23 72

@ : [sylvane.faure@univ-cotedazur.fr](mailto:sylvane.faure@univ-cotedazur.fr)

**Thesis co-director:**

**Dr Bruno De Cara, MCF**

Laboratoire LAPCOS, UCA – MSHS - SE

24, avenue des Diabls Bleus, 06357 NICE Cedex

☎ : +33 4 89 15 23 72

@ : [bruno.de-cara@univ-cotedazur.fr](mailto:bruno.de-cara@univ-cotedazur.fr)



<b>Internal code</b>	<b>Patient number</b>	<b>PHASE 1 - Selection and inclusion TEST 1</b>
19-HPNCL-02	□□□/□□□/□□□□□	

## INSTRUCTIONS TO COMPLETE THE CASE REPORT FORM

### **1-GENERALITIES:**

- Write in the designated space.
- Write in capitals.
- Use a black ballpoint pen.
- Do not use abbreviations.
- Complete the header on each page.

### **2-BOXES:**

Open boxes (|\_|\_|\_|\_|): enter only one character per box.

Closed boxes: check the corresponding answer

- **Numeric values:**

- Align the numerical values to the right

- Do not leave boxes empty, enter zero. E.g.: Incorrect: |\_2\_|\_1\_|\_|\_|

Correct: |\_0\_|\_2\_|\_1\_|

- **Dates:** write dates in the day/month/year format (dd/mm/yyyy).

### **3-ERRORS:**

In the event of an error, cross out the erroneous information with a single line so that it remains visible. Note the correction next to it, report, and date. Do not use correction fluid.

### **4-END OF STUDY:**

When the patient's participation ends, whether at the end of the study or prematurely, complete the end-of-study sheet.

- **The end-of-study date:**

It is the date of the last information collected as part of the study. No review related to the study, administration of the treatment under study, or data collection will be carried out after that date. The end-of-study date may be the date of the last visit or the date of the last information collected as part of the visit.

- **Early exit:**

If the patient leaves the study before the end of the study, please specify the reason for this premature exit. If in doubt do not hesitate to contact the sponsor CRA (Clinical Research Associate) or the coordinating investigator.

Premature exit by the patient: the patient may decide at any time to interrupt his or her participation in the study (refusal to continue / withdrawal of consent). All the data collected until the exit will be collected and analyzed (Jardé Law – Article L.1121-1-1du CSP, 18<sup>th</sup> November 2016 version).

### **5-CONTACT:**

If any problems arise when filling out the CRF, please contact the sponsor (contact details mentioned on page 1).

### **6-Specific conventions for filling out the CRF:**

- The data is collected in the tables included in this CRF in raw scores, Z scores and percentiles according to the instructions provided in the manuals for each test.
- For children with “high intellectual potential” the reading age must be compared with the age of development and not with the actual age.
- For Alouette©, two calibrations are used: the first calibration for the reading age and the second calibration dating from 2005.
- For DeltaText and Likert scales, there are no Z scores.
- Training is adapted to the cognitive profile of each child. For example, the child that does not have a visuo-attentional span disorder will complete 2 months of training with Switchipido© and will not practice with Maeva©. Therefore, the pre- and post-training baseline tables for Maeva© will not be used.

<b>Internal code</b>	<b>Patient number</b>	<b>PHASE 1 - Selection and inclusion TEST 1</b>
19-HPNCL-02	□□/□□/□□□□	

**Experimental procedure**

PHASES		Visits	Details and duration of the assement or intervention	
<b>P h a s e  1</b>	<b>TEST 1</b>	V 1 to V4	Information, consent, selection <b>Baseline assessment</b>	4 hr
	<b>No intensive training 2 months</b>	V 5 to V 12	Speech therapy sessions (STS): 30 min/week	STS: 4 hr
	<b>TEST 2</b>	V 13- V 14	<b>Post-control assessment</b>	2 hr
<b>P h a s e  2</b>	<b>INTENSIVE TRAINING 1 2 months</b>	V 15	Pre-training 1A baseline assessment	30 min
		V 16 to V 19	Home training (HT): 5 days/week-15 min/day Speech therapy sessions (STS): 30 min/week	HT: 5 hr STS: 2 hr
		V 20	Post-training 1A baseline assessment	15 min
		V 21	Pre-training 1B baseline assessment	30 min
		V 22 to V 25	Home training (HT): 5 days/week-15 min/day Speech therapy sessions (STS): 30 min/week	HT: 5 hr STS: 2 hr
		V 26	Post-training 1B baseline assessment	10 min
	<b>TEST 3</b>	V 26	<b>Post-training assessment 1</b>	50 min
<b>Break</b>	V 27, V 28	15 days without home training	1 hr	
<b>P h a s e  2</b>	<b>INTENSIVE TRAINING 2 2 months</b>	V 29	Pre-training 2A baseline assessment	30 min
		V 30 to V 33	Home training (HT): 5 days/week-15 min/day Speech therapy sessions (STS): 30 min/week	HT: 5 hr STS: 2 hr
		V 34	Post-training 2A baseline assessment	15 min
		V 35	Pre-training 2B baseline assessment	30 min
		V 36 to V 39	Home training (HT): 5 days/week-15 min/day Speech therapy sessions (STS): 30 min/week	HT: 5 hr STS: 2 hr
		V 40	Post-training 2B baseline assessment	10 min
	<b>TEST 4</b>	V 40	<b>Post-training assessment 2</b>	50 min
<b>Break</b>	V 41, V 42	15 days without home training	1 hr	
<b>P h a s e  2</b>	<b>INTENSIVE TRAINING 3 2 months</b>	V 43	Pre-training 3 baseline assessment	30 min
		V 44 to V 51	Home training (HT): 5 days/week-15 min/day Speech therapy sessions (STS): 30 min/week	HT: 10 hr STS: 4 hr
	<b>TEST 5</b>	V 52	Post-training 3 baseline assessment	10 min
<b>P h a s e  3</b>	<b>No intensive training 2 months</b>	V 53-54	Stop home training Speech therapy sessions (STS): 30 min/week	STS: 4 hr
	<b>TEST 6</b>	V 65	<b>Follow-up assessment</b>	15 min
<b>Total</b>		65 weeks	16 months	49 hr 20 min

<b>Internal code</b>	<b>Patient number</b>	<b>PHASE 1 - Selection and inclusion TEST 1</b>
19-HPNCL-02	□□/□□/□□□□	

**SELECTION VISIT- PHASE 1-Test 1-V 1**

V1: first visit: 1 hour

**Date :** □□/□□/□□□□ (DD/MM/YYYY)

**CONSENT COLLECTION**

Mother and  Father

on □□/□□/□□□□ on □□/□□/□□□□  
*DD/MM/YYYY DD/MM/YYYY*

Or

The holder of parental authority on □□/□□/□□□□ (DD/MM/YYYY)

Note in the patient's source file the patient's participation in the study and the patient's consent.

In the absence of one of the parents, a prior oral agreement of the absent parent must be obtained and notified in the patient's medical file.

Contact information and written consent of the absent parent should be collected as soon as possible.

If one of the parents has not signed the consent form, the investigator must provide evidence in the child's source file of having tried to contact the parent.

Investigator's name: \_\_\_\_\_

Signature:

**DEMOGRAPHICS**

Born on: □□/□□/□□□□ (DD/MM/YYYY) Age: □□ years □□ months

Sex:  Male  Female Grade: □□□□

**HISTORY**

- Reason for speech therapy: Reading difficulties  Spelling difficulties

School difficulties

Other.....

- Illnesses:  Yes  No If yes which ones? (allergies, frequent ear infections, cranial trauma, seizures, neurological or genetic disorders, other)

.....  
.....

<b>Internal code</b>	<b>Patient number</b>	<b>PHASE 1 - Selection and inclusion TEST 1</b>
19-HPNCL-02	□□□/□□□/□□□□□	

- Drug treatment:  Yes  No      If yes, which ones? (treatment for behavioral disorders or hyperactivity) .....
- Medical history:  Yes  No      If yes, describe (allergies, frequent ear infections, cranial trauma, epileptic seizures, neurological or genetic disorders, other)  
.....  
.....
- Eye examination:  Yes  No    Hearing test:  Yes  No
- Laterality for writing: Right hand       Left hand
- Native Language: French   
Other.....
- Mother's language .....      Father's language.....

- Family history:

	Age	Types of difficulties	Degrees	Profession
Mother				
Father				
Sibling				
Sibling				
Sibling				
Other				

**SELECTION VISIT- PHASE 1 - V 1**

**ASSOCIATED DISORDERS**

---

Has the patient undergone or is the patient currently undergoing any other treatment or assessment (speech therapy, neuropsychology, clinical psychology, orthoptia, occupational therapy, psychomotricity, other)

- Yes       No

↳ If so, please complete the sheet of concurrent treatments at the end of the CRF

**DEVELOPMENT**

---

Pathological pregnancy  Yes  No

If so, why? (medication, medical problems, infectious episodes, toxic products, other)  
.....

Internal code	Patient number	PHASE 1 - Selection and inclusion TEST 1
19-HPNCL-02	□□/□□/□□□□	

Pathological birth  Yes  No

If so, why? (term, caesarean section, forceps, apgar, intensive care, other)

.....

Disorders during childhood  Yes  No

If so, which ones (sleep disturbance, eating, cleanliness, incessant crying, other)

.....

- Sitting age:
- Walking age:
- Age of first words:
- Age of first sentences:

Impaired global motor skills  Yes  No

If so, which ones (running, jumping, cycling, other)

.....

Impaired fine motor skills  Yes  No

If so, which ones (tie laces, fasten buttons, cut, embed, use cutlery, write, other)

.....

Impaired building skills  Yes  No

If so, which ones (puzzles, LEGO©, models, other)

.....

Language skill disorders  Yes  No

If so, which ones (vocabulary, sentences, narrative, other)

.....

Oral comprehension disorder  Yes  No

If so, in what context (simple language, elaborate language, school, home, multiple instructions)

.....

Impaired attentional abilities  Yes  No

If so, in what context (sustained activity, film, game, school, homework, other)

.....

### SCHOOL SITUATION

---

- In kindergarten, difficulties in carrying out activities  Yes  No
- Difficulties in learning to read  Yes  No
- Difficulties in learning to spell  Yes  No
- Difficulties in learning to write  Yes  No
- Difficulties in learning mathematics  Yes  No
- Current persistence of reading difficulties  Yes  No
- Difficulties in understanding written instructions  Yes  No
- Current persistence of spelling difficulties  Yes  No
- Current persistence of difficulties in mathematics  Yes  No

<b>Internal code</b>	<b>Patient number</b>	<b>PHASE 1 - Selection and inclusion TEST 1</b>
19-HPNCL-02	□□□/□□□/□□□□□	

- Recommendation to repeat the school year Yes  No
- Repeated school year, which one ..... Yes  No
- Gifted student, in which areas..... Yes  No
- Remedial assistance Yes  No
- Help with homework Yes  No
- Time devoted to homework in the evening

.....  
- Additional comments  
.....  
.....

**SELECTION TESTS, READING AND SPELLING**

*For the administration of the tests, refer to the instruction manual*

- Reading meaningless text (Alouette©)
- Spelling (Chronosdictées©, version A)

**SELECTION CRITERIA**

<b>SELECTION CRITERIA</b>	<b>Yes</b>	<b>No</b>
Age ≥ 8 and ≤ 13	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Diagnosis of dyslexia or difficulty in reading and/or spelling	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Absence of perceptual, neurological or behavioral disorders	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
No oral language problems	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Native language: French or early school in French	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
No attentional problems	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
No rehabilitation is underway	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Home equipped with a computer connected to internet for daily training	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Informed consent signed by both parents or the representative of the parental authority	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Social Security affiliation or beneficiary	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

*If one or more "NO" boxes are checked the patient is not selected for the study*

<b>Internal code</b>	<b>Patient number</b>	<b>PHASE 1 - Selection and inclusion TEST 1</b>
19-HPNCL-02	□□/□□/□□□□	

**DATA COLLECTION-V 1**

	Tests		Data	Raw scores	Rate + or -	Z scores (SD or percentiles)	Time (min)	
	<b>P H A S E  1</b>	Anamnesia	Survey (CRF p.5 to 7)	"Don't enter anything here"				15
Reading meaningless text		Alouette©	Number of errors	_ _		_ _ . _ _	3	
			Number of words read	_ _ _		_ _ . _ _		
			Number of correct words	_ _ _		_ _ . _ _		
			Time in seconds	_ _ _		_ _ . _ _		
			Accuracy index	_ _ _		_ _ . _ _		
			Speed index	_ _ _		_ _ . _ _		
			Reading age	_ _  years  _ _  months				
<b>T E S T  1</b>		Spelling test	Chronosdictées© Version A	Number of phonetic errors	_ _		_ _ . _ _	10
				Number of lexical errors	_ _		_ _ . _ _	
	Number of grammatical errors			_ _		_ _ . _ _		
	Number of omissions			_ _		_ _ . _ _		
	Number of segmentation errors			_ _		_ _ . _ _		
	Total number of errors			_ _		_ _ . _ _		
<b>V 1</b>	Selection	Table CRF p. 8	"Don't enter anything here"				5	
	Information	CRF	"Don't enter anything here"				20	
	Consent	CRF	"Don't enter anything here"				5	
	Total time (min)						58	

<b>Internal code</b>	<b>Patient number</b>	<b>PHASE 1 - Selection and inclusion TEST 1</b>
19-HPNCL-02	□□/□□/□□□□	

**INCLUSION VISIT - PHASE 1- TEST 1- V 2 to V 4**

*To administer and determine the order of tests, refer to the manual sent to you that specifies the order to be followed.*

**INCLUSION VISIT V 2**

V2: second visit: 1 hour

Date : □□/□□/□□□□ (DD/MM/YYYY)

- Reading aloud a meaningful text, La Mouette (Evaléo© 6-15)
- Phonological analysis, non-word repetition and rapid automatized naming (Evalec©)
- Visuo-attentional span (Evadys©)
- Oral comprehension (ECOSSE©) - only if oral language has not been tested or if there is still any doubt about a possible “specific language impairment”



<b>Internal code</b>	<b>Patient number</b>	<b>PHASE 1 - Selection and inclusion TEST 1</b>
19-HPNCL-02	□□/□□/□□□□	

	Tests		Data	Raw scores	Rate + or -	Z scores (SD or percentiles)	Time min	
	<b>P</b>	Reading meaningful text EVALEO©	"Mouette"	Number of words read	□□□□		□□	2
Number of correct words				□□□□		□□		
% correct/read				□□□□.□□		□□		
Degradation index				□□□□		□□		
<b>h</b>	Phonological awareness EVALEC©	Syllabe suppression	Accuracy ( % errors )	□□□□.□□□		□□□.□□□	8	
			Time in seconds	□□□□.□□□		□□□.□□□		
		Phoneme suppression CVC	Accuracy ( % errors )	□□□□.□□□		□□□.□□□		
			Time in seconds	□□□□.□□□		□□□.□□□		
	Phoneme suppression CCV	Accuracy ( % errors )	□□□□.□□□		□□□.□□□			
		Time in seconds	□□□□.□□□		□□□.□□□			
	<b>1</b>	Non-word repetition	Span	□□		□□□.□□□		5
			Time in seconds	□□□□.□□□		□□□.□□□		
Rapid automatized naming		Color recognition, %	□□□□.□□□		□□□.□□□	2		
		Color recognition, time in seconds	□□□□.□□□		□□□.□□□			
	Reading names, %	□□□□.□□□		□□□.□□□				
	Reading names, time in seconds	□□□□.□□□		□□□.□□□				
<b>2</b>	Letter threshold	Threshold in ms	□□□□		□□□.□□□	20		
		Global Report GR	GR Score	□□□□			□□□.□□□	
	GR Span		□□.□□□		□□□.□□□			
	Partial Report PR	PR Score	□□□		□□□.□□□			
		PR Span	□□.□□□		□□□.□□□			
Visuo- attentional span EVADYS©								
<b>V</b>	Oral comprehension	ECOSSE©	Number of errors	□□□		□□□	15	
			Total time (min)					

<b>Internal code</b>	<b>Patient number</b>	<b>PHASE 1 - Selection and inclusion TEST 1</b>
19-HPNCL-02	□□/□□/□□□□	

### **INCLUSION VISIT V 3**

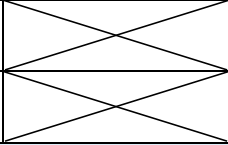
---

V3: third visit: 1 hour

Date: □□□/□□□/□□□□□□ (DD/MM/YYYY)

- Local/global analysis (SIGL©)
- Reading aloud regular, irregular words, and non-words (Evalect©)
- Matrix Reasoning (Wisc V©) - only if the neuropsychological check-up has not been performed or if it is not planned
- Perception of the evolution of the disorder, 2 questionnaires for parents and children (Likert scale)

<b>Internal code</b>	<b>Patient number</b>	<b>PHASE 1 - Selection and inclusion TEST 1</b>
19-HPNCL-02	□□/□□/□□□□	

	Tests		Data	Raw Scores	Rate + or -	Z scores (SD or percentiles)	Time min
	<b>P h a s e  1</b>	Global/local analysis SIGL© "Drawings"	Response time (RT)	Local RT (ms)	_ _ _ _ .  _ _ _		_ _ _ .  _ _ _
Global RT (ms)				_ _ _ _ .  _ _ _		_ _ _ .  _ _ _	
Interference asymmetry RT (ms)				_ _ _ _ .  _ _ _		_ _ _ .  _ _ _	
Error Rate (ER)			Local ER (%)	_ _ _ _ .  _ _ _		_ _ _ .  _ _ _	
			Global ER (%)	_ _ _ _ .  _ _ _		_ _ _ .  _ _ _	
			Interference asymmetry ER (%)	_ _ _ _ .  _ _ _		_ _ _ .  _ _ _	
<b>T E S T  1  V 3</b>		Regular words (RW)	Accuracy ( % errors )	_ _ _ _ .  _ _ _		_ _ _ .  _ _ _	15
			Time in ms	_ _ _ _		_ _ _ .  _ _ _	
		Irregular words (IW)	Accuracy ( % errors )	_ _ _ _ .  _ _ _		_ _ _ .  _ _ _	
			Time in ms	_ _ _ _		_ _ _ .  _ _ _	
		Non-words (NW)	Accuracy ( % errors )	_ _ _ _ .  _ _ _		_ _ _ .  _ _ _	
			Time in ms	_ _ _ _		_ _ _ .  _ _ _	
	Short IW	Accuracy ( % errors )	_ _ _ _ .  _ _ _		_ _ _ .  _ _ _		
		Time in ms	_ _ _ _		_ _ _ .  _ _ _		
	Long IW	Accuracy ( % errors )	_ _ _ _ .  _ _ _		_ _ _ .  _ _ _		
		Time in ms	_ _ _ _		_ _ _ .  _ _ _		
	Short NW	Accuracy ( % errors )	_ _ _ _ .  _ _ _		_ _ _ .  _ _ _		
		Time in ms	_ _ _ _		_ _ _ .  _ _ _		
Long NW	Accuracy ( % errors )	_ _ _ _ .  _ _ _		_ _ _ .  _ _ _			
	Time in ms	_ _ _ _		_ _ _ .  _ _ _			
Wisc 5©	Matrix Reasoning	Correct items /32	_ _		_ _	10	
Surveys-Likert scale	Child pre-test	Total points	_ _			5	
	Parents pre-test	Total points	_ _				
<b>Total time (min)</b>							<b>55</b>

<b>Internal code</b>	<b>Patient number</b>	<b>PHASE 1 - Selection and inclusion TEST 1</b>
19-HPNCL-02	□□/□□/□□□□	

#### **V4 INCLUSION VISIT**

---

V4: fourth visit: 1 hour

*Date* : □□□/□□□/□□□□□□ (*DD/MM/YYYY*)

- Short-term verbal memory and working memory, digit span (Evaléo©)
- Vocabulary (Evaléo©) - only if oral language has not been tested
- Visuo-spatial span (Corsi©)
- Reading comprehension (Orlec© L3)
- 2 minutes reading words, Eval2M (Evaléo©)
- Reading aloud a meaningless text (Deltatext© 1)

<b>Internal code</b>	<b>Patient number</b>	<b>PHASE 1 - Selection and inclusion TEST 1</b>
19-HPNCL-02	□□/□□/□□□□	

P H A S E  1    T E S T  1  V 4	Tests		Data	Raw Scores	Rate + or -	Z scores (SD or percentiles)	Time min
	Digit span	EVALEO©	Score forward span	_		_	8
			Forward span	_		_	
			Score backward span	_		_	
			Backward span	_		_	
	Vocabulary EVALEO©	Picture Naming	Accuracy (correct iERms)	_		_	15
			Total time, in seconds	_       .		_	
		Picture Designation	Accuracy (correct iERms)	_		_	
	Visuo-spatial span	Corsi©	Forward span	_		_     .  _	8
			Backward span	_		_     .  _	
WritERn comprehension	Orlec, L3©	Accuracy (correct items)	_		_     .  _	5	
		Correct items (%)	_       .  _		_     .  _		
Reading meaningless text	Deltatext© 1	Number of words read	_		<del> _     .  _    </del>	3	
		Number of errors	_		<del> _     .  _    </del>		
		Time in seconds	_		<del> _     .  _    </del>		
Words readi in 2 min	Eval 2M©	Number of words read	_		_	2	
		Number of correct words	_		_		
		% correct/read	_       .  _		_		
Total time (min)							40

<b>Internal code</b>	<b>Patient number</b>	<b>PHASE 1 - Selection and inclusion TEST 1</b>
19-HPNCL-02	□□/□□/□□□□	

**INCLUSION AND NON-INCLUSION CRITERIA**

<b>INCLUSION CRITERIA</b>	<b>Yes</b>	<b>No</b>
Age greater than or equal to 8 years and less than or equal to 13 years.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Diagnosis of dyslexia validated by performance lower than 1.5 standard deviation from the average developmental age on the Alouette© test and the reading tasks of irregular words and non-words (Evalec©)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Performance lower or equal to -1.5 standard deviation from the average in at least one phonological task (Evalec©) and at least one visuo-attentional task (Sigl©, Evadys©)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Home equipped with a computer connected to internet for daily training	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Informed consent signed by one of the parents or the representative of the parental authority	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Social Security affiliate or beneficiary	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

*If one or more "NO" boxes are checked the patient is not included in the study*

<b>NON-INCLUSION CRITERIA</b>	<b>Yes</b>	<b>No</b>
Intellectual delay or neurological disorders or global developmental disorder	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Primary sensory deficit	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Educational deficiencies	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Attention Deficit Disorder with or without Hyperactivity (ADHD)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Specific oral language impairment	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Previous daily phonological or visuo-attentional training	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

*If one or more "YES" boxes are checked the patient is not included in the study*

Is the patient included in the study? Yes  No

If not, why: .....

Comments: .....

<b>Internal code</b>	<b>Patient number</b>	<b>PHASE 1 - Selection and inclusion TEST 1</b>
19-HPNCL-02	□□□/□□□/□□□□□	

## **RANDOMIZATION**

At the end of the inclusion visits, send your randomization sheet to: [karine.eskinazi@wanadoo.fr](mailto:karine.eskinazi@wanadoo.fr)

The coordinating investigator will tell you whether participants are assigned to group 1 or group 2 and will send you the appropriate CRFs following the study.

- Group 1: PHONO 1 - VA 2- IM 3
- Group 2: VA 1- PHONO 2- IM 3

The participant is not informed of his or her attribution to group 1 or 2 and will follow the instructions given by the associate investigative speech therapist regarding the conduct of the study.

*Rating:* Treatment group: 1  2

**Randomization No.:**

**Center No. :**

<b>Internal code</b>	<b>Patient number</b>
19-HPNCL-02	____/____/____

**PHASE 1 - Selection and inclusion  
TEST 1**

	Treatments		DIAGNOSIS	Start (DD/MM/YYYY)	End Note "Ongoing" if the treatment is not finished at the end of the study End Date (JJ/MM/AAAA)		
	TYPES	CHECK-UP DATES (DD/MM/YYYY)				Rehabilitation	
						Yes	No
1	.....	____/____/____	.....	____/____/____	____/____/____	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2	.....	____/____/____	.....	____/____/____	____/____/____	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3	.....	____/____/____	.....	____/____/____	____/____/____	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4	.....	____/____/____	.....	____/____/____	____/____/____	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5	.....	____/____/____	.....	____/____/____	____/____/____	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6	.....	____/____/____	.....	____/____/____	____/____/____	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

*Thank you for postponing all treatment received except treatment provided in the study*



**Case Report Form (CRF)**

**Group 1: PHONO 1 / VA 2 / C M 3 training**

**Developmental dyslexia and methods of remediation (DDMR).  
Multimodal intervention in French-speaking children aged 8 to 13 years:  
study protocol for a randomized multicenter controlled crossover trial**

**DDMR**

**Internal Code: ID No. RCB 2019-A01453-54 – No. 19-HPNCL-02**

**Case Report Form (CRF)**

**GROUP 1: PHONO 1 / VA 2 / IM 3 training**

Center no.: |\_|\_|

Patient no. (or patient code): |\_|\_|

Patient initials: |\_| - |\_|  
(1<sup>st</sup> letter of last name – 1<sup>st</sup> letter of first name)

**Sponsor:**

**Fondation LENVAL Hôpitaux Pédiatriques de Nice**  
CHU-Lenval  
57, Avenue de la Californie – 06200 Nice  
☎ : 04 92 03 03 92    📠 : 04 92 03 03 44  
@ : [fondation@lenval.com](mailto:fondation@lenval.com)

**Coordinating Investigator:**

**Karine Harrar Eskinazi**  
CERTA- Nice-CHU-Lenval  
54 avenue de La Californie, 06200 Nice  
☎ : 04 92 03 92 00    📠 : 04 92 03 00 00  
@ : [karine.eskinazi@univ-cotedazur.fr](mailto:karine.eskinazi@univ-cotedazur.fr)

**Thesis director:**

**Pr Sylvane FAURE**  
Laboratoire LAPCOS, UCA – MSHS – SE  
24, avenue des Diabes Bleus, 06357 NICE Cedex  
☎ : +33 4 89 15 23 72  
@ : [sylvane.faure@univ-cotedazur.fr](mailto:sylvane.faure@univ-cotedazur.fr)

**Thesis co-director:**

**Dr Bruno De Cara, MCF**  
Laboratoire LAPCOS, UCA – MSHS – SE  
24, avenue des Diabes Bleus, 06357 NICE Cedex  
☎ : +33 4 89 15 23 72  
@ : [bruno.de-cara@univ-cotedazur.fr](mailto:bruno.de-cara@univ-cotedazur.fr)

<b>Internal Code</b>	<b>Patient Number</b>	<b>Group 1</b> <b>PHONO1/VA2/IM3 training</b>
19-HPNCL-02	_ _ _  /  _ _ _  /  _ _ _ _ _	

## INSTRUCTIONS TO COMPLETE THE CASE REPORT FORM

### **1-GENERALITIES:**

- Write in the designated space.
- Write in capitals.
- Use a black ballpoint pen.
- Do not use abbreviations.
- Complete the header on each page.

### **2-BOXES:**

Open boxes (|\_|\_|\_|\_|): enter only one character per box.

Closed boxes: check the corresponding answer

- **Numeric values:**

- Align the numerical values to the right

- Do not leave boxes empty, enter zero. E.g.: Incorrect: |\_2\_|\_1\_|\_|\_|

Correct: |\_0\_|\_2\_|\_1\_|

- **Dates:** write dates in the day/month/year format (dd/mm/yyyy).

### **3-ERRORS:**

In the event of an error, cross out the erroneous information with a single line so that it remains visible. Note the correction next to it, report, and date. Do not use correction fluid.

### **4-END OF STUDY:**

When the patient's participation ends, whether at the end of the study or prematurely, complete the end-of-study sheet.

- **The end-of-study date:**

It is the date of the last information collected as part of the study. No review related to the study, administration of the treatment under study, or data collection will be carried out after that date. The end-of-study date may be the date of the last visit or the date of the last information collected as part of the visit.

- **Early exit:**

If the patient leaves the study before the end of the study, please specify the reason for this premature exit. If in doubt do not hesitate to contact the sponsor CRA (Clinical Research Associate) or the coordinating investigator. Premature exit by the patient: the patient may decide at any time to interrupt his or her participation in the study (refusal to continue / withdrawal of consent). All the data collected until the exit will be collected and analyzed (Jardé Law – Article L.1121-1-of the CSP, November 18, 2016 version).

### **5-CONTACT:**

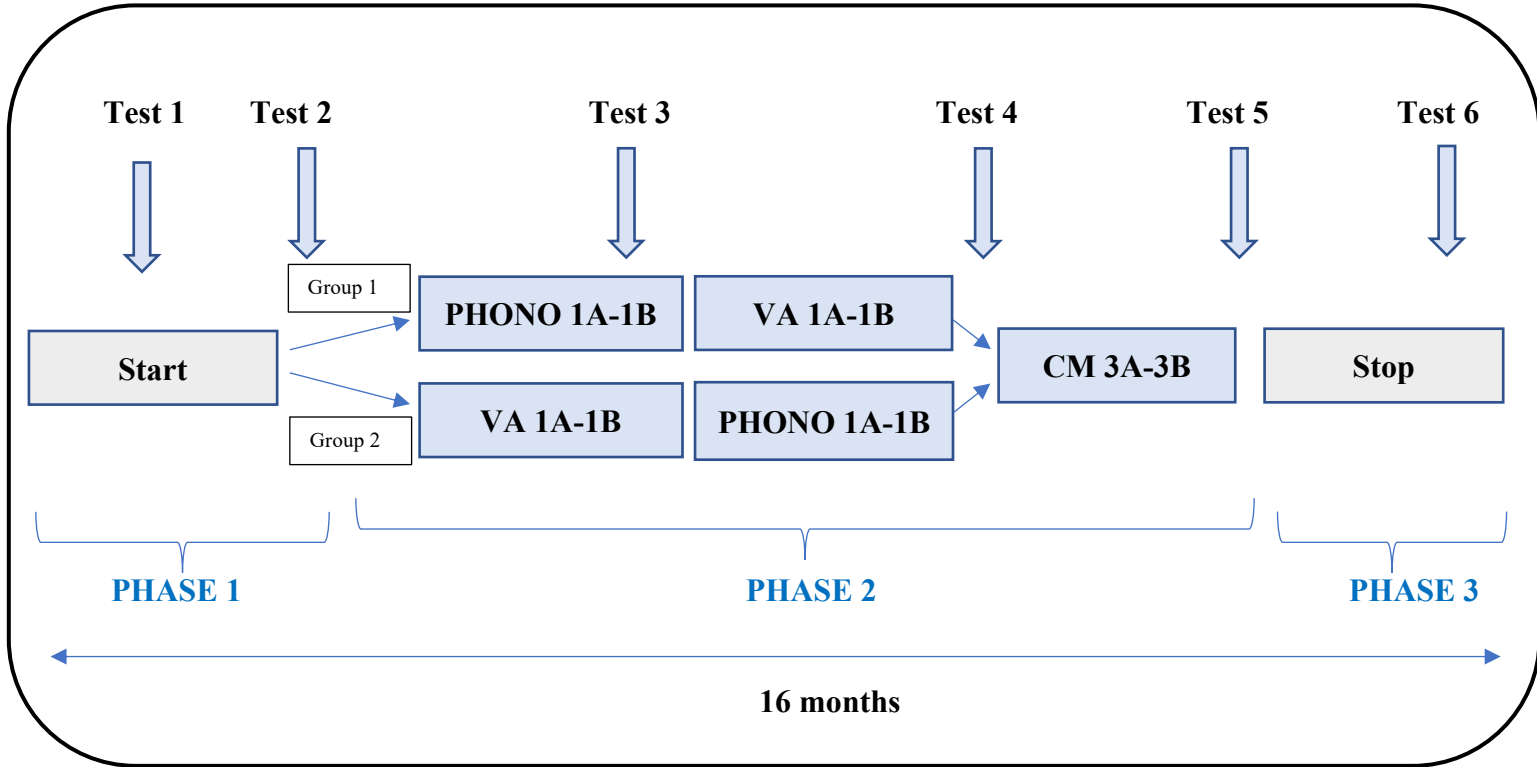
If any problems arise when filling out the CRF, please contact the sponsor (contact details mentioned on page 1).

### **6-Specific conventions for filling out the CRF:**

- The data is collected in the tables included in this CRF in raw scores, Z scores and percentiles according to the instructions provided in the manuals for each test.
- For children with "high intellectual potential" the reading age must be compared with the age of development and not with the actual age.
- For Alouette©, two calibrations are used: the first calibration for the reading age and the second calibration dating from 2005.
- For DeltaText and Likert scales, there are no Z scores.
- Training is adapted to the cognitive profile of each child. For example, the child that does not have a visuo-attentional span disorder will complete 2 months of training with Switchipido© and will not practice with Maeva©. Therefore, the pre- and post-training baseline tables for Maeva© will not be used.

<b>Internal Code</b>	<b>Patient Number</b>	<b>Group 1</b> <b>PHONO1/VA2/IM3 training</b>
19-HPNCL-02	_ _ / _ _ / _ _ _ _	

**Timeline and experimental procedure**



*PHONO: phonological; VA: visuo-attentional; CM: cross-modal*

<b>Internal Code</b>	<b>Patient Number</b>	<b>Group 1</b> <b>PHONO1/VA2/IM3 training</b>
19-HPNCL-02	_ _ / _ _ / _ _ _ _	

PHASES		Visits	Details and duration of the assement or intervention	
<b>P</b> <b>h</b> <b>a</b> <b>s</b> <b>e</b>  <b>1</b>	<b>TEST 1</b>	V 1 to V4	Information, consent, selection <b>Baseline assessment</b>	4 hr
	<b>No intensive training 2 months</b>	V 5 to V 12	Speech therapy sessions (STS): 30 min/week	STS: 4 hr
	<b>TEST 2</b>	V 13- V 14	<b>Post-control assessment</b>	2 hr
<b>P</b> <b>h</b> <b>a</b> <b>s</b> <b>e</b>  <b>2</b>	<b>INTENSIVE TRAINING 1 2 months</b>	V 15	Pre-training 1A baseline assessment	30 min
		V 16 to V 19	Home training (HT): 5 days/week-15 min/day Speech therapy sessions (STS): 30 min/week	HT: 5 hr STS: 2 hr
		V 20	Post-training 1A baseline assessment	15 min
		V 21	Pre-training 1B baseline assessment	30 min
		V 22 to V 25	Home training (HT): 5 days/week-15 min/day Speech therapy sessions (STS): 30 min/week	HT: 5 hr STS: 2 hr
		V 26	Post-training 1B baseline assessment	10 min
	<b>TEST 3</b>	V 26	<b>Post-training assessment 1</b>	50 min
<b>Break</b>	V 27, V 28	15 days without home training	1 hr	
<b>P</b> <b>h</b> <b>a</b> <b>s</b> <b>e</b>  <b>2</b>	<b>INTENSIVE TRAINING 2 2 months</b>	V 29	Pre-training 2A baseline assessment	30 min
		V 30 to V 33	Home training (HT): 5 days/week-15 min/day Speech therapy sessions (STS): 30 min/week	HT: 5 hr STS: 2 hr
		V 34	Post-training 2A baseline assessment	15 min
		V 35	Pre-training 2B baseline assessment	30 min
		V 36 to V 39	Home training (HT): 5 days/week-15 min/day Speech therapy sessions (STS): 30 min/week	HT: 5 hr STS: 2 hr
		V 40	Post-training 2B baseline assessment	10 min
	<b>TEST 4</b>	V 40	<b>Post-training assessment 2</b>	50 min
<b>Break</b>	V 41, V 42	15 days without home training	1 hr	
<b>P</b> <b>h</b> <b>a</b> <b>s</b> <b>e</b>  <b>2</b>	<b>INTENSIVE TRAINING 3 2 months</b>	V 43	Pre-training 3 baseline assessment	30 min
		V 44 to V 51	Home training (HT): 5 days/week-15 min/day Speech therapy sessions (STS): 30 min/week	HT: 10 hr STS: 4 hr
		V 52	Post-training 3 baseline assessment	10 min
	<b>TEST 5</b>	V 53-54	<b>Post-training assessment 3</b>	2 hr
<b>P</b> <b>h</b> <b>a</b> <b>s</b> <b>e</b>  <b>3</b>	<b>No intensive training 2 months</b>	V 56 to V 64	Stop home training Speech therapy sessions (STS): 30 min/week	STS: 4 hr
	<b>TEST 6</b>	V 65	<b>Follow-up assessment</b>	15 min
<b>Total</b>		65 weeks	16 months	49 hr 20 min

Internal Code	Patient Number	Group 1 Training PHONO1/VA2/IM3
19-HPNCL-02	_ _ / _ _ / _ _ _ _	

**PHASE 1 – TEST 2 – V 5 to V 14**

**SPEECH THERAPY SESSIONS (V 5 TO V 12)**

For two months, the children are seen once a week for 30 minutes at the speech therapist’s office, by the therapist who carried out the assessment. During these sessions, reading and spelling exercises are performed to compensate for the disorders. There is no daily home training during this phase.

	DATES (DD/MM/YYYY)	Reading	Spelling
V5	_ _ / _ _ / _ _ _ _	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
V6	_ _ / _ _ / _ _ _ _	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
V7	_ _ / _ _ / _ _ _ _	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
V8	_ _ / _ _ / _ _ _ _	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
V9	_ _ / _ _ / _ _ _ _	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
V10	_ _ / _ _ / _ _ _ _	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
V11	_ _ / _ _ / _ _ _ _	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
V12	_ _ / _ _ / _ _ _ _	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

**POST-CONTROL ASSESSMENT – V 13 – TEST 2 (PART 1)**

*For the administration and order of the tests, refer to the “testing manuals”. Tests must be administered in a random order to be different for each participant.*

Date: |\_|\_|/|\_|\_|/|\_|\_|\_|\_| (DD/MM/YYYY)

- Reading meaningless text (Alouette©)
- Spelling (Chronosdictées© **version B**)
- Reading meaningful text: **Pingouin** (Evaléo© 6-15)
- Phonological analysis, non-word repetition, rapid automatized naming (Evalec©)
- Visuo-attentional span (Evadys©)
- Perception of the evolution of the reading disorder by the child and his parents evaluated by two questionnaires (Likert scales)

<b>Internal Code</b>	<b>Patient Number</b>	<b>Group 1</b> <b>Training PHONO1/VA2/IM3</b>
19-HPNCL-02	_ _  /  _ _  /  _ _ _ _	

	Tests		Data	Raw scores	Rate + or -	Z Scores (SD or percentiles)	Time (min)
	<b>P H A S E  1</b>	Reading meaningless text	"Alouette"	Number of errors	_ _		_ _ . _ _
Number of words read				_ _ _		_ _ . _ _	
Number of correct words				_ _ _		_ _ . _ _	
Time in seconds				_ _ _		_ _ . _ _	
Accuracy index				_ _ _		_ _ . _ _	
Speed index				_ _ _		_ _ . _ _	
Reading age				_ _  years  _ _  months			
Spelling Test		"Chronodictées" " Version B	Number of phonetic errors	_ _		_ _ . _ _	10
			Number of lexical errors	_ _		_ _ . _ _	
			Number of grammatical errors	_ _		_ _ . _ _	
			Number of omissions	_ _		_ _ . _ _	
			Number of segmentation errors	_ _		_ _ . _ _	
			Total number of errors	_ _		_ _ . _ _	
Reading meaningful text "EVALEO"		"Pingouin"	Number of words read	_ _ _		_	2
			Number of correct words	_ _ _		_	
			% correct/read	_ _ _ . _ _		_	
			Degradation Index	_ _ _		_	
<b>T E S T  2</b>		Syllable suppression	Accuracy ( % errors )	_ _ _ . _ _		_ _ . _ _	3
	Time in seconds		_ _ _ . _ _		_ _ . _ _		
	Phoneme suppression CVC	Accuracy ( % errors )	_ _ _ . _ _		_ _ . _ _		
		Time in seconds	_ _ _ . _ _		_ _ . _ _		
	Phoneme suppression CCV	Accuracy ( % errors )	_ _ _ . _ _		_ _ . _ _		
		Time in seconds	_ _ _ . _ _		_ _ . _ _		
	Phonological awareness "EVALECO"	Non-word repetition	Span	_		_ _ . _ _	1
			Time in seconds	_ _ _ . _ _		_ _ . _ _	
	Rapid Automatized Naming		Color recognition, %	_ _		_ _ . _ _	2
			Color recognition, time in seconds	_ _ _ . _ _		_ _ . _ _	
			Reading names, %	_ _ _ . _ _		_ _ . _ _	
			Reading names, time in seconds	_ _ _ . _ _		_ _ . _ _	
Visuo-attentional span "EVADYS"	Letter threshold	Threshold in ms	_ _ _		_ _ . _ _	20	
		Global Report GR	GR Score	_ _ _			_ _ . _ _
	GR Span		_ . _ _		_ _ . _ _		
	Partial Report PR	PR Score	_ _		_ _ . _ _		
		PR Span	_ . _ _		_ _ . _ _		
Surveys-Likert scale	Child pre-test	Total points	_ _		<del> _ _ . _ _ </del>	5	
	Parents pre-test	Total points	_ _		<del> _ _ . _ _ </del>		
Total time (min)							46

<b>Internal Code</b>	<b>Patient Number</b>	<b>Group 1</b> <b>Training PHONO1/VA2/IM3</b>
19-HPNCL-02	_ _ _  /  _ _ _  /  _ _ _ _ _	

**POST-CONTROL ASSESSMENT – V 14 – TEST 2 (PART 2)**

*For the administration and order of the tests, refer to the testing manuals.*

Date: |\_|\_|\_| / |\_|\_|\_| / |\_|\_|\_|\_|\_| (**DD/MM/YYYY**)

- Global/local analysis (SIGL©)
- Reading regular, irregular words and non-words aloud (Evalec©)
- Short-term verbal memory and working memory, digit span (Evaléo©)
- Visuo-spatial span (Corsi©)
- Written comprehension (Orlec©)
- Reading meaningless text: DeltaText 2 (Bedoin©)
- Words read in 2 min, EVAL2M (Evaléo©)



<b>Internal Code</b>	<b>Patient Number</b>	<b>Group 1</b> <b>Training PHONO1/VA2/IM3</b>
19-HPNCL-02	_ _ _ / _ _ _ / _ _ _ _ _	

	Tests		Data	Raw scores	Rate + or -	Z Scores	Time (min)
	<b>P H A S E 1</b>	Global/local analysis "SIGL© Drawings"	Response time (RT)	Local RT (ms)	_ _ _ _ . _ _ _ _		_ _ _ . _ _ _ _
Global RT (ms)				_ _ _ _ . _ _ _ _		_ _ _ . _ _ _ _	
Interference asymmetry RT (ms)				_ _ _ _ . _ _ _ _		_ _ _ . _ _ _ _	
Error Rate (ER)			Local ER (%)	_ _ _ _ . _ _ _ _		_ _ _ . _ _ _ _	
			Global ER (%)	_ _ _ _ . _ _ _ _		_ _ _ . _ _ _ _	
			Interference asymmetry ER (%)	_ _ _ _ . _ _ _ _		_ _ _ . _ _ _ _	
<b>T E S T 2</b>		Regular words (RW)	Accuracy (% errors)	_ _ _ _ . _ _ _ _		_ _ _ . _ _ _ _	8
			Time in ms	_ _ _ _ _		_ _ _ . _ _ _ _	
		Irregular words (IW)	Accuracy (% errors)	_ _ _ _ . _ _ _ _		_ _ _ . _ _ _ _	8
			Time in ms	_ _ _ _ _		_ _ _ . _ _ _ _	
		Non-words (NW)	Accuracy (% errors)	_ _ _ _ . _ _ _ _		_ _ _ . _ _ _ _	8
			Time in ms	_ _ _ _ _		_ _ _ . _ _ _ _	
	Short IW	Accuracy (% errors)	_ _ _ _ . _ _ _ _		_ _ _ . _ _ _ _	8	
		Time in ms	_ _ _ _ _		_ _ _ . _ _ _ _		
	Long IW	Accuracy (% errors)	_ _ _ _ . _ _ _ _		_ _ _ . _ _ _ _	8	
		Time in ms	_ _ _ _ _		_ _ _ . _ _ _ _		
	Short NW	Accuracy (% errors)	_ _ _ _ . _ _ _ _		_ _ _ . _ _ _ _	8	
		Time in ms	_ _ _ _ _		_ _ _ . _ _ _ _		
Long NW	Accuracy (% errors)	_ _ _ _ . _ _ _ _		_ _ _ . _ _ _ _	5		
	Time in ms	_ _ _ _ _		_ _ _ . _ _ _ _			
<b>V 1 4</b>	Digit span	"EVALEO©"	Score forward span	_		_	8
			Forward span	_		_	
			Score backward span	_		_	
			Backward span	_		_	
Visuo-spatial span	"Corsi©"	Forward span	_		_ _ _ . _ _ _ _	8	
		Backward span	_		_ _ _ . _ _ _ _		
Written comprehension	"Orlec©, L3"	Number of correct items	_ _ _		_ _ _ . _ _ _ _	5	
		Percentage of correct items	_ _ _ _ . _ _ _ _		_ _ _ . _ _ _ _		
Reading meaningless text	"DeltaText© 2"	Number of words read	_ _ _ _		<del> _ _ _ . _ _ _ _ </del>	3	
		Number of errors	_ _ _ _				
		Time in seconds	_ _ _ _				
Words read in 2 min	"Eval 2M©"	Number of words read	_ _ _ _		_	2	
		Number of correct words	_ _ _ _		_		
		% correct/read	_ _ _ _ . _ _ _ _		_		
Total time (min)							59

Internal Code	Patient Number	Group 1 Training PHONO1/VA2/IM3
19-HPNCL-02	_ _ / _ _ / _ _ _ _	

**PHASE 2 – PHONO 1 TRAINING – TEST 3 – V 15 to V 26**

**PRE-TRAINING PHONO 1A BASELINE ASSESSMENT, INSTRUCTIONS, V 15**

Date: |\_|\_|/|\_|\_|/|\_|\_|\_|\_| (DD/MM/YYYY)

If the participant has been randomized to Group 1, she/he begins with phonological training. Phonological training lasts two months and must be adapted by the clinician to the participant’s cognitive profile based on the results obtained in the Evalec test (phonological analysis, non-word repetition, rapid automated naming) and Rapdys assessment.

For one month, the child will complete Phono 1A training if she/he obtains a score of less than -1.5 SD on at least one

Evalec test and a score of less than 70% in identification and/or discrimination in the Rapdys evaluation test. The exercises target phoneme fusion and categorical perception. Before starting the training, administer the following baseline tests and report the results in the table below.

NB: If the participant does not have a categorical perceptual disorder, complete Phono 1B training.

PHONO 1A training – first month – V 15			Time
Pre-training PHONO 1A baseline		Raw scores	
BSL 1 Items seen	Phoneme fusion, accuracy out of 10	_ _	2
	Phoneme fusion, time in seconds	_ _ _	
	Rapdys, identification, %	_ _ _	5
	Rapdys, discrimination, %	_ _ _	
BSL 2 Items not seen	Phoneme fusion, accuracy out of 10	_ _	2
	Phoneme fusion, time in seconds	_ _ _	
	Spoonerism (Evaléo) accuracy	_	5
	Spoonerism (Evaléo) time	_ _ _ . _ _	
BSL 3	Reading non-words, score out of 20	_ _	1
	Reading non-words, time in seconds	_ _ _ . _ _	
BSL 4	Fluidity drawings in 1 min	_ _	1
Total time			16

Give instructions to parents and children on how to complete 1A *phonological training* for 1 month at home (15 minutes a day, 5 days a week). See group 1 instruction manual.

<b>Internal Code</b>	<b>Patient Number</b>	<b>Group 1</b> <b>Training PHONO1/VA2/IM3</b>
19-HPNCL-02	_ _  /  _ _  /  _ _ _ _	

**SPEECH THERAPY SESSIONS (V 16 TO V 19)**

During the home training phase, the children are trained once a week for 30 minutes by the speech therapist, at the latter's office. They complete their exercises for 15 minutes with the speech therapist who checks the smooth running of the training. The rest of the session is focused on reading and spelling exercises

	DATES (DD/MM/YYYY)	Reading	Spelling	Training
V16	_ _  /  _ _  /  _ _ _ _	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
V17	_ _  /  _ _  /  _ _ _ _	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
V18	_ _  /  _ _  /  _ _ _ _	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
V19	_ _  /  _ _  /  _ _ _ _	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

<b>Internal Code</b>	<b>Patient Number</b>	<b>Group 1</b> <b>Training PHONO1/VA2/IM3</b>
19-HPNCL-02	_ _ / _ _ / _ _ _ _	

### **POST-TRAINING PHONO 1A BASELINE ASSESSMENT, V 20**

After one month of 1A phonological training, administer the same post-training baseline tests and report the results in the

table below.

<b>PHONO 1A training – first month – V 20</b>			<b>Time</b>
Post-training PHONO 1A baseline		Raw scores	
BSL 1 Items seen	Phoneme fusion, accuracy out of 10	_ _	2
	Phoneme fusion, time in seconds	_ _ _	
	RapDys, identification, %	_ _ _	5
	RapDys, discrimination, %	_ _ _	
BSL 2 Items not seen	Phoneme fusion, accuracy out of 10	_ _	2
	Phoneme fusion, time in seconds	_ _ _	
	Spoonerism (Evaléo) accuracy	_	5
	Spoonerism (Evaléo) time	_ _ _ . _ _	
BSL 3	Reading non-word, score out of 20	_ _	1
	Reading non-word, time in seconds	_ _ _ . _ _	
BSL 4	Fluidity drawings in 1 min	_ _	1
Total time			16

### **PRE-TRAINING PHONO 1B BASELINE ASSESSMENT, SECOND MONTH**

Date: |\_|\_|/|\_|\_|/|\_|\_|\_|\_| (DD/MM/YYYY)

After the first month of training, further exercises of the **1B phonological training** program are prescribed the second month if the participant achieves a score of less than 1.5 standard deviation in at least one Evalec test.

The exercises target phoneme segmentation and phonological memory.

Before starting training, complete the following baseline tests and report the results in the table below.

NB: Note: If the participant does not have a phonological short-term memory impairment, refer to the CRF G1 RAN/VA/CM for rapid automatized naming training.

<b>Internal Code</b>	<b>Patient Number</b>	<b>Group 1</b> <b>Training PHONO1/VA2/IM3</b>
19-HPNCL-02	_ _  /  _ _  /  _ _ _ _	

<b>PHONO 1B training – second month – V 21</b>			<b>Time</b>
Pre-training PHONO 1B baseline		Raw scores	
BSL 1 Items seen	Phoneme segmentation, accuracy out of 10	_ _	2
	Segmentation of phonemes, time in seconds	_ _ _	
	Comparisons of 5 sound sequences (Phonopidow)	_ _	2
BSL 2 Items not seen	Phoneme segmentation, accuracy out of 10	_ _	2
	Segmentation of phonemes, time in seconds	_ _ _	
	Hearing acronyms (Belec), accuracy	_ _	2
	Hearing acronyms (Belec), time	_ _ _  .  _ _	
BSL 3	Reading non-word, score out of 20	_ _	1
	Reading non-word, time in seconds	_ _ _  .  _ _	
BSL 4	Mathematical symbols, items completed in 1 min	_ _	1
Total time			10

Give instructions to parents and children on how to perform 1B phonological training for 1 month at home (15 minutes

a day, 5 days a week). See group 1 instruction manual.

<b>Internal Code</b>	<b>Patient Number</b>	<b>Group 1</b> <b>Training PHONO1/VA2/IM3</b>
19-HPNCL-02	_ _ / _ _ / _ _ _ _	

**SPEECH THERAPY SESSIONS (V 22 TO V 25)**

During home training, the children are seen by the speech therapist once a week for 30 minutes at the speech therapist's office. They complete their exercises for 15 minutes with the speech therapist who checks the smooth running of the training. The rest of the session is focused on reading and spelling exercises (i.e. the automation of grapheme/phoneme matches for graphemes that have not yet been acquired, such as syllabic impregnation, Borel gestures, etc.).

	DATES (DD/MM/YYYY)	Reading	Spelling	Training
V22	_ _ / _ _ / _ _ _ _	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
V23	_ _ / _ _ / _ _ _ _	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
V24	_ _ / _ _ / _ _ _ _	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
V25	_ _ / _ _ / _ _ _ _	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Internal Code	Patient Number	Group 1 Training PHONO1/VA2/IM3
19-HPNCL-02	_ _ _  /  _ _ _  /  _ _ _ _ _	

## POST-TRAINING PHONO 1B BASELINE ASSESSMENT, V 26

Date: |\_|\_| / |\_|\_| / |\_|\_|\_|\_| (DD/MM/YYYY)

After one month of training, administer the same post-training PHONO 1B baseline tests and report the results in the table below.

PHONO 1B training – second month – V 26			Time
Post-training PHONO 1B baseline		Raw scores	
BSL 1 Items seen	Phoneme segmentation, accuracy out of 10	_ _	2
	Segmentation of phonemes, time in seconds	_ _ _	
	Comparison of 5 sound sequences (Phonopidow)	_ _	2
BSL 2 Items not seen	Phoneme segmentation, accuracy out of 10	_ _	2
	Segmentation of phonemes, time in seconds	_ _ _	
	Hearing acronyms (Belec), accuracy	_ _	2
	Hearing acronyms (Belec), time	_ _ _ .  _ _ _	
BSL 3	Reading non-words, score out of 20	_ _	1
	Reading non-words, time in seconds	_ _ _ .  _ _ _	
BSL 4	Mathematical symbols, items completed in 1 min	_ _	1
Total time			10


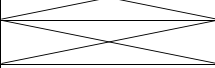
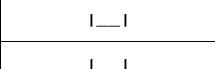
## POST-TRAINING ASSESSMENT 1 – V26 – TEST 3

*For the administration and order of the tests, refer to the “testing manuals”. Tests must be administered in a random order to be different for each participant.*

During the same session, V 26, administer Test 3 at the end of the two months of phonological training 1.

- Reading meaningless text, DeltaText© 3 (Bedoin)
- Reading meaningless text, Alouette©
- Reading meaningful text, **La Mouette** (Evaléo© 6-15)
- Words read in 2 min, EVAL2M (Evaléo© 6-15)
- Attentional focus local/global (SIGL©)
- Phonological analysis, non-word repetition, rapid automatized naming (Evalec©)
- Visuo-attentional span (Evadys©)

<b>Internal Code</b>	<b>Patient Number</b>	<b>Group 1</b> <b>Training PHONO1/VA2/IM3</b>
19-HPNCL-02	_ _ _  /  _ _ _  /  _ _ _ _ _	

	Tests		Data	Raw scores	Rate + or -	Z Scores (SD or percentiles)	Time (min)
	<b>P H A S E  2  T E S T  3  V 2 6</b>	Reading meaningless text	"Alouette©"	Number of errors	_ _ _		_ _ _ . _ _ _
Number of words read				_ _ _		_ _ _ . _ _ _	
Number of correct words				_ _ _		_ _ _ . _ _ _	
Time in seconds				_ _ _		_ _ _ . _ _ _	
Accuracy index				_ _ _		_ _ _ . _ _ _	
Speed index				_ _ _		_ _ _ . _ _ _	
Reading age				_ _  years  _ _  months			
Reading meaningless text		"DeltaText© 2"	Number of words read	_ _ _			3
			Number of errors	_ _ _			
			Time in seconds	_ _ _			
Words read in 2 min		"Eval 2M©"	Number of words read	_ _ _		_	2
			Number of correct words	_ _ _		_	
			% correct/read	_ _ _ . _ _ _		_	
Reading meaningful text "EVALEO©"		"Mouette"	Number of words read	_ _ _		_	2
			Number of correct words	_ _ _		_	
			% correct/read	_ _ _ . _ _ _		_	
			Degradation Index	_ _ _		_	
Global/local analysis "SIGL© Drawings"		Response time (RT)	Local RT (ms)	_ _ _ . _ _ _		_ _ . _ _ _	20
			Global RT (ms)	_ _ _ . _ _ _		_ _ . _ _ _	
			Interference asymmetry RT (ms)	_ _ _ . _ _ _		_ _ . _ _ _	
	Error Rate (ER)	Local ER (%)	_ _ _ . _ _ _		_ _ . _ _ _		
		Global ER (%)	_ _ _ . _ _ _		_ _ . _ _ _		
		Interference asymmetry ER (%)	_ _ _ . _ _ _		_ _ . _ _ _		
Visuo- attentional span "EVADYS©"	Letter threshold	Threshold in ms	_ _ _		_ _ _ . _ _ _	20	
	Global Report (GR)	GR Score	_ _ _		_ _ _ . _ _ _		
		GR Span	_ . _ _ _		_ _ _ . _ _ _		
	Partial Report (PR)	PR Score	_ _ _		_ _ _ . _ _ _		
		PR Span	_ . _ _ _		_ _ _ . _ _ _		
Phonological awareness "EVALEC©"	Syllable suppression	Accuracy ( % errors )	_ _ _ . _ _ _		_ _ _ . _ _ _	3	
		Time in seconds	_ _ _ . _ _ _		_ _ _ . _ _ _		
	Phoneme Suppression CVC	Accuracy ( % errors )	_ _ _ . _ _ _		_ _ _ . _ _ _		
		Time in seconds	_ _ _ . _ _ _		_ _ _ . _ _ _		
	Phoneme suppression CCV	Accuracy ( % errors )	_ _ _ . _ _ _		_ _ _ . _ _ _		
		Time in seconds	_ _ _ . _ _ _		_ _ _ . _ _ _		
	Non-words repetition	Span	_		_ _ _ . _ _ _	1	
		Time in seconds	_ _ _ . _ _ _		_ _ _ . _ _ _		
	Rapid Automatized Naming	Color recognition, %	_ _		_ _ _ . _ _ _	2	
		Color recognition, time in seconds	_ _ _ . _ _ _		_ _ _ . _ _ _		
		Reading names, %	_ _ _ . _ _ _		_ _ _ . _ _ _		
		Reading names, time in seconds	_ _ _ . _ _ _		_ _ _ . _ _ _		
Total time (min)							51



<b>Internal Code</b>	<b>Patient Number</b>	<b>Group 1</b> <b>Training PHONO1/VA2/IM3</b>
19-HPNCL-02	_ _ / _ _ / _ _ _ _	

**15-DAY BREAK WITHOUT TRAINING**

A 15-day break without training is provided before moving on to 2 periods of visuo-attentional training. Weekly sessions continue at the office if the participant is not on vacation. In this case, please indicate it in the "comments."

	DATES (DD/MM/YYYY)	Reading	Spelling	Comments
V27	_ _ / _ _ / _ _ _ _	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
V28	_ _ / _ _ / _ _ _ _	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	

**PHASE 2 – VA 2 TRAINING – TEST 4 – V 29 to V 40**

**PRE-TRAINING VA 2A BASELINE ASSESSMENT– INSTRUCTIONS**

Date: |\_|\_|/|\_|\_|/|\_|\_|\_|\_| (DD/MM/YYYY)

After phonological training 1, the participants complete visuo-attentional training 2 for two months.

VA training *must* be adapted by the investigator to the participant's cognitive profile based on the results obtained on the Evadys test (global report and partial report) and SIGL (interference asymmetry, TE and TR).

For one month, the child will complete VA 2A training if she/he achieves a score of less than 1.5 standard deviation on at least one Evadys test. The exercises target the visuo-attentional span and spelling memory.

Before you start training, administer the following baseline tests, and report the results in the table below.

<b>Internal Code</b>	<b>Patient Number</b>	<b>Group 1</b> <b>Training PHONO1/VA2/IM3</b>
19-HPNCL-02	_ _ / _ _ / _ _ _ _	

<b>VA 2A training – first month – V 29</b>			<b>Time</b>
Pre-training VA 2A baseline		Raw scores	
BSL 1	Maeva, score out of 10 (accuracy)	_ _	1
BSL 2	VA global span numbers (Evaleo)	_ .  _ _	4
	RC, EVA, out of 100	_ _ _	
BSL 3	Reading irregular words, score out of 20	_ _	1
	Reading irregular words, time in seconds	_ _ _ .  _ _	
BSL 4	Codes, time in seconds	_ _ _	1
Total time			7

Then give instructions to parents and the child on how to complete the visuo-attentional training 2A for 1 month at home (15 minutes a day, 5 days a week). See the “testing manual” for instructions.

### **SPEECH THERAPY SESSIONS (V 30 TO V 33)**

During home training, children are seen by the speech therapist once a week for 30 minutes at the speech therapist's office. They complete their exercises for 15 minutes with the speech therapist who checks the smooth running of the training. The rest of the session focuses on reading and spelling exercises (i.e. reading and transcribing graphemes).

	DATES (DD/MM/YYYY)	Reading	Spelling	Training
V30	_ _ / _ _ / _ _ _ _	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
V31	_ _ / _ _ / _ _ _ _	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
V32	_ _ / _ _ / _ _ _ _	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
V33	_ _ / _ _ / _ _ _ _	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

<b>Internal Code</b>	<b>Patient Number</b>	<b>Group 1</b> <b>Training PHONO1/VA2/IM3</b>
19-HPNCL-02	_ _ / _ _ / _ _ _ _	

**POST-TRAINING VA 2A BASELINE ASSESSMENT, V 34**

After one month of training, administer the same post-training baseline tests and report the results in the table below.

VA 2A training – first month – V 34			Time
Post-training VA 2A baseline		Raw scores	
BSL 1	Maeva, score out of 10 (accuracy)	_ _	1
BSL 2	VA global span numbers (Evaleo)	_ . _ _	4
	RC, EVA, out of 100	_ _ _	
BSL 3	Reading irregular words, score out of 20	_ _	1
	Reading irregular words, time in seconds	_ _ _ . _ _	
BSL 4	Codes, time in seconds	_ _ _	1
Total Time			7

**PRE-TRAINING VA 2B BASELINE ASSESSMENT – SECOND MONTH – INSTRUCTIONS – V35**

Date : |\_|\_|/|\_|\_|/|\_|\_|\_|\_| (DD/MM/YYYY)

After one first month of training, other exercises are given the second month. Before you start training, administer the following baseline tests, and report the results in the table below.

VA 2B training – second month – V 35			Time
Pre-training VA 2B baseline		Raw scores	
BSL1	Complex triplets Switchipido	Good answer scores	_ _
		Wrong answer scores	_ _
		Average time in ms	_ _ _ _
BSL2	VA global span numbers, Evaléo	_ . _ _	4
	RC, EVA, out of 100	_ _ _	
BSL3	Reading irregular words, score out of 20	_ _	1
	Reading irregular words, time in seconds	_ _ _ . _ _	
BSL4	Mental calculation, items completed in 2 minutes	_ _	1
Total time			7

<b>Internal Code</b>	<b>Patient Number</b>	<b>Group 1</b> <b>Training PHONO1/VA2/IM3</b>
19-HPNCL-02	_ _ / _ _ / _ _ _ _	

**SPEECH THERAPY SESSIONS (V 36 TO V 39)**

During home training, children are seen by the speech therapist once a week for 30 minutes in the speech therapist's office.

	DATES (DD/MM/YYYY)	Reading	Spelling	Training
V36	_ _ / _ _ / _ _ _ _	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
V37	_ _ / _ _ / _ _ _ _	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
V38	_ _ / _ _ / _ _ _ _	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
V39	_ _ / _ _ / _ _ _ _	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

**POST-TRAINING VA 2B BASELINE ASSESSMENT- TEST 4 – V 40**

**Date:** |\_|\_|/|\_|\_|/|\_|\_|\_|\_| (DD/MM/YYYY)

After a month of training, administer the same post-training baseline tests and report the results in the table below.

VA 2B training – second month – V 40			Time
Post-training VA 2B baseline		Raw scores	
BSL1	Complex triplets Switchipido	Good answer scores	_ _
		Wrong answer scores	_ _
		Average time in ms	_ _ _ _
BSL2	VA global span numbers, Evaléo	_ . _ _	4
	RC, EVA, out of 100	_ _ _	
BSL3	Reading irregular words, score out of 20	_ _	1
	Reading irregular words, time in seconds	_ _ _ . _ _	
BSL4	Mental calculation, items completed in 2 minutes	_ _	1
Total time			7

<b>Internal Code</b>	<b>Patient Number</b>	<b>Group 1</b> <b>Training PHONO1/VA2/IM3</b>
19-HPNCL-02	_ _  /  _ _  /  _ _ _ _	

**POST TRAINING ASSESSMENT 2 – V 40 – TEST 4**

*For the administration of the tests, refer to the “testing manuals”. Tests must be administered in a random order to be different for each participant.*

During the same session, V 40, perform Test 4 at the end of the 2 months of visuo-attentional training.

- DeltaText© 4
- Alouette©
- Pingouin (Evaléo© 6-15)
- EVAL2M (Evaléo© 6-15)

<b>Internal Code</b>	<b>Patient Number</b>	<b>Group 1</b> <b>Training PHONO1/VA2/IM3</b>
19-HPNCL-02	_ _  /  _ _  /  _ _ _ _	

	Tests		Data	Raw scores	Rate + or -	Z Scores (SD or percentiles)	Time (min)
	<b>P H A S E 2</b>	Reading meaningless text	"Alouette©"	Number of errors	_ _		_ _ . _ _
Number of words read				_ _ _		_ _ . _ _	
Number of correct words				_ _ _		_ _ . _ _	
Time in seconds				_ _ _		_ _ . _ _	
Accuracy index				_ _ _		_ _ . _ _	
Speed index				_ _ _		_ _ . _ _	
Reading age				_ _  years  _ _  months			
<b>T E S T</b>	Reading meaningless text	"DeltaText© 2"	Number of words read	_ _ _		<del> _ _ .</del>	3
			Number of errors	_ _ _		<del> _ _ .</del>	
			Time in second	_ _ _		<del> _ _ .</del>	
<b>4</b>	Words read in 2 min	"Eval 2M©"	Number of words read	_ _ _		_	2
			Number of correct words	_ _ _		_	
			% correct/read	_ _ _ . _ _		_	
<b>V 4 0</b>	Reading meaningful text "EVALEO©"	"Pingouin"	Number of words read	_ _ _		_	2
			Number of correct words	_ _ _		_	
			% correct/read	_ _ _ . _ _		_	
			Degradation Index	_ _ _		_	
Total time (min)							10

<b>Internal Code</b>	<b>Patient Number</b>	<b>Group 1</b> <b>Training PHONO1/VA2/IM3</b>
19-HPNCL-02	_ _ / _ _ / _ _ _ _	

### **15-DAY BREAK WITHOUT TRAINING**

A 15-day break without training is provided before moving on to cross-modal training. During this break, weekly STS continue if the participant is not on vacation. In this case, please indicate it in the "comments."

	DATES (DD/MM/YYYY)	Reading	Spelling	Comments
V41	_ _ / _ _ / _ _ _ _	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
V42	_ _ / _ _ / _ _ _ _	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	

## **PHASE 3 – CM 3 TRAINING – TEST 5 – V 43 to V 55**

### **PRE-TRAINING IM 3 BASELINE ASSESSMENT – INSTRUCTIONS – V 43**

Date : |\_|\_|/|\_|\_|/|\_|\_|\_|\_| (DD/MM/YYYY)

After the two periods of *phonological training* and the two periods of *visuo-attentional training*, the participant completes the third and final training period which is *cross-modal training* for two months. All participants (groups 1 and 2) have the same training.

<b>CM 3A training – V 43</b>			<b>Time</b>
Pre-training IM 3 baseline		Raw scores	
BSL1	Reading 20 words seen, accuracy	_ _	1
	Reading 20 words seen, time in seconds	_ _ .  _ _	1
BSL2	Transcribing 10 words seen	_ _	2
BSL3	Reading regular words, accuracy	_ _	1
	Reading regular words, time in seconds	_ _ .  _ _	
BSL4	Labyrinth, time in seconds	_ _ .  _ _	1
Total Time			6

Give instructions to parents and children on how to perform cross-modal training 3 with GraphoGame (10 min per day) and ARMAR training (5 minutes per day) for 2 months, 5 days/week. See the instruction book.

<b>Internal Code</b>	<b>Patient Number</b>	<b>Group 1</b> <b>Training PHONO1/VA2/IM3</b>
19-HPNCL-02	_ _ / _ _ / _ _ _ _	

**SPEECH THERAPY SESSION (V44 TO V 51)**

During home training, children are seen by the speech therapist once a week for 30 minutes in the speech therapist's office.

	DATES (DD/MM/YYYY)	Reading	Spelling	Training
V44	_ _ / _ _ / _ _ _ _	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
V45	_ _ / _ _ / _ _ _ _	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
V46	_ _ / _ _ / _ _ _ _	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
V47	_ _ / _ _ / _ _ _ _	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

	DATES (DD/MM/YYYY)	Reading	Spelling	Training
V48	_ _ / _ _ / _ _ _ _	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
V49	_ _ / _ _ / _ _ _ _	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
V50	_ _ / _ _ / _ _ _ _	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
V51	_ _ / _ _ / _ _ _ _	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>



<b>Internal Code</b>	<b>Patient Number</b>	<b>Group 1</b> <b>Training PHONO1/VA2/IM3</b>
19-HPNCL-02	_ _ / _ _ / _ _ _ _	

**POST-TRAINING IM 3 BASELINE ASSESSMENT – V 51**

Date : |\_|\_|/|\_|\_|/|\_|\_|\_|\_| (DD/MM/YYYY)

After two months of training, perform the same post-training baseline tests and report the results in the table below.

<b>CM 3A training – V 43</b>			<b>Time</b>
Post-training IM 3 baseline		Raw scores	
BSL1	Reading 20 words seen, accuracy	_ _	1
	Reading 20 words seen, time in seconds	_ _ . _ _	1
BSL2	Transcription of 10 words seen	_ _	2
BSL3	Reading regular words, accuracy	_ _	1
	Reading regular words, time in seconds	_ _ . _ _	
BSL4	Labyrinth, time in seconds	_ _ . _ _	1
Total Time			6

**POST TRAINING ASSESSMENT 3 – TEST 5 – V52 AND V53**

For the administration and order of the tests, refer to the “testing manuals”. Tests must be administered in a random order to be different for each participant.

Date : |\_|\_|/|\_|\_|/|\_|\_|\_|\_| (DD/MM/YYYY)

Same assessment as test 2.

<b>Internal Code</b>	<b>Patient Number</b>	<b>Group 1</b> <b>Training PHONO1/VA2/IM3</b>
19-HPNCL-02	_ _  /  _ _  /  _ _ _ _	

	Tests	Data	Raw scores	Rate + or -	Z Scores (SD or percentiles)	Time (min)		
<b>P H A S E  2  T E S T  S  V S 2</b>	Reading meaningless text	"Alouette®"	Number of errors	_ _		_ _ . _ _	3	
			Number of words read	_ _ _		_ _ . _ _		
			Number of correct words	_ _ _		_ _ . _ _		
			Time in seconds	_ _ _		_ _ . _ _		
			Accuracy index	_ _ _		_ _ . _ _		
			Speed index	_ _ _		_ _ . _ _		
			Reading age	_ _  years  _ _  months				
	Spelling Test	"Chronodictées® " Version A	Number of phonetic errors	_ _		_ _ . _ _	10	
			Number of lexical errors	_ _		_ _ . _ _		
			Number of grammatical errors	_ _		_ _ . _ _		
			Number of omissions	_ _		_ _ . _ _		
			Number of segmentation errors	_ _		_ _ . _ _		
			Total number of errors	_ _		_ _ . _ _		
	Reading meaningful text "EVALEO®"	"Mouette"	Number of words read	_ _ _		_	2	
			Number of correct words	_ _ _		_		
			% correct/read	_ _ _ . _		_		
			Degradation Index	_ _ _		_		
	Phonological awareness "EVALEC®"	Syllable suppression	Accuracy ( % errors )	_ _ _ . _		_ _ . _ _	3	
			Time in seconds	_ _ _ . _ _		_ _ . _ _		
		Phoneme suppression CVC	Accuracy ( % errors )	_ _ _ . _		_ _ . _ _		
Time in seconds			_ _ _ . _ _		_ _ . _ _			
Phoneme suppression CCV		Accuracy ( % errors )	_ _ _ . _		_ _ . _ _			
		Time in seconds	_ _ _ . _ _		_ _ . _ _			
Non-word repetition		Span	_		_ _ . _ _	1		
		Time in seconds	_ _ _ . _ _		_ _ . _ _			
Rapid Automatized Naming			Color recognition, %	_ _		_ _ . _ _		2
			Color recognition, time in seconds	_ _ _ . _ _		_ _ . _ _		
			Reading names, %	_ _ _ . _		_ _ . _ _		
			Reading names, time in seconds	_ _ _ . _ _		_ _ . _ _		
Visuo-attentional span "EVADYS®"	Letter threshold	Threshold in ms	_ _ _		_ _ . _ _	20		
		Global Report (GR)	GR Score	_ _ _			_ _ . _ _	
	GR Span		_ . _ _		_ _ . _ _			
	Partial Report (PR)	PR Score	_ _		_ _ . _ _			
		PR Span	_ . _ _		_ _ . _ _			
<b>Total time (min)</b>						<b>51</b>		

<b>Internal Code</b>	<b>Patient Number</b>	<b>Group 1</b> <b>Training PHONO1/VA2/IM3</b>
19-HPNCL-02	_ _ _  /  _ _ _  /  _ _ _ _ _	

	Tests		Data	Raw scores	Rate + or -	Z Scores (SD or percentiles)	Time (min)
	<b>P H A S E  2</b>	Global/local analysis "SIGL© Drawings"	Response time (RT)	Local RT (ms)	_ _ _ . _ _ _		_ _ . _ _ _
Global RT (ms)				_ _ _ . _ _ _		_ _ . _ _ _	
Interference asymmetry RT (ms)				_ _ _ . _ _ _		_ _ . _ _ _	
Error Rate (ER)		Local ER (%)	_ _ _ . _ _ _		_ _ . _ _ _		
		Global ER (%)	_ _ _ . _ _ _		_ _ . _ _ _		
		Interference asymmetry ER (%)	_ _ _ . _ _ _		_ _ . _ _ _		
<b>T E S T  5</b>	Word reading "EVALECO"	Regular words (RW)	Accuracy (% errors)	_ _ _ . _ _ _		_ _ . _ _ _	8
			Time in ms	_ _ _ _		_ _ . _ _ _	
	Irregular words (IW)	Accuracy (% errors)	_ _ _ . _ _ _		_ _ . _ _ _		
		Time in ms	_ _ _ _		_ _ . _ _ _		
	Non-words (NW)	Accuracy (% errors)	_ _ _ . _ _ _		_ _ . _ _ _		
		Time in ms	_ _ _ _		_ _ . _ _ _		
<b>T E S T  3</b>	Surveys-Likert scale	Child pre-test	Total points	_ _		<del> _ _ </del>	5
		Parents pre-test	Total points	_ _		<del> _ _ </del>	
<b>V 5 3</b>	Digit span	"EVALECO"	Score forward span	_		_	5
			Forward span	_		_	
			Score backward span	_		_	
			Backward span	_		_	
<b>V 5 3</b>	Visuo-spatial span	"Corsi©"	Forward span	_		_ _ . _ _ _	8
			Backward span	_		_ _ . _ _ _	
<b>V 5 3</b>	Written comprehension	"Orlec©, L3"	Number of correct items	_ _		_ _ . _ _ _	5
			Percentage of correct items	_ _ _ . _ _ _		_ _ . _ _ _	
<b>V 5 3</b>	Reading meaningless text	"DeltaText© 1"	Number of words read	_ _ _		<del> _ _ _ </del>	3
			Number of errors	_ _ _		<del> _ _ _ </del>	
			Time in seconds	_ _ _		<del> _ _ _ </del>	
<b>V 5 3</b>	Words read in 2 min	"Eval 2M©"	Number of words read	_ _ _		_	2
			Number of correct words	_ _ _		_	
			% correct/read	_ _ _ . _ _ _		_	
Total time (min)							53

<b>Internal Code</b>	<b>Patient Number</b>	<b>Group 1</b> <b>Training PHONO1/VA2/IM3</b>
19-HPNCL-02	_ _ / _ _ / _ _ _ _	

**PHASE 3 – NO INTENSIVE TRAINING –TEST 6 – V 54 to 62**

Training is interrupted for 2 months but weekly STS continue. A final evaluation is then carried out to check that the gains obtained during training remain stable.

**SPEECH THERAPY SESSIONS (V 54 TO V 62)**

	DATES (DD/MM/YYYY)	Reading	Spelling
V54	_ _ / _ _ / _ _ _ _	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
V55	_ _ / _ _ / _ _ _ _	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
V56	_ _ / _ _ / _ _ _ _	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
V57	_ _ / _ _ / _ _ _ _	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Vn58	_ _ / _ _ / _ _ _ _	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Vt59	_ _ / _ _ / _ _ _ _	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
V60	_ _ / _ _ / _ _ _ _	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
V61	_ _ / _ _ / _ _ _ _	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

**FOLLOW-UP ASSESSMENT – TEST 6 – V 62**

*For the administration of the tests, refer to the “testing manuals”. Tests must be administered in a random order to be different for each participant.*

Date: |\_|\_|/|\_|\_|/|\_|\_|\_|\_| (DD/MM/YYYY)

- Alouette©
- Delta text© 2
- Eval2M©
- Pingouin©
- Surveys (Likert scale)

<b>Internal Code</b>	<b>Patient Number</b>	<b>Group 1</b> <b>Training PHONO1/VA2/IM3</b>
19-HPNCL-02	_ _ / _ _ / _ _ _ _	

		<b>Tests</b>	<b>Data</b>	<b>Raw scores</b>	<b>Rate + or -</b>	<b>Z Scores</b>	<b>Time min</b>
<b>P</b> <b>h</b> <b>a</b> <b>s</b> <b>e</b>	<b>3</b>	Reading meaningless text "Alouette©"	Number of errors	_ _		_ _ . _ _	<b>3</b>
			Number of words read	_ _ _		_ _ . _ _	
			Number of correct words	_ _ _		_ _ . _ _	
			Time in seconds	_ _ _		_ _ . _ _	
			Accuracy index	_ _ _		_ _ . _ _	
			Speed index	_ _ _		_ _ . _ _	
			Reading age	_ _  years  _ _  months			
<b>T</b> <b>e</b> <b>s</b> <b>t</b>	<b>6</b>	Reading meaningless text "DeltaText© 2"	Number of words read	_ _ _		<del> _ _ . _ _ </del>	<b>3</b>
			Number of errors	_ _ _		<del> _ _ . _ _ </del>	
			Time in seconds	_ _ _		<del> _ _ . _ _ </del>	
<b>V</b> <b>6</b> <b>2</b>	Words read in 2 min	"Eval 2M©"	Number of words read	_ _ _		_	<b>2</b>
			Number of correct words	_ _ _		_	
			% correct/read	_ _ _ . _ _		_	
Reading meaningful text "EVALEO©"	"Pingouin"	Number of words read	_ _ _		_	<b>2</b>	
		Number of correct words	_ _ _		_		
		% correct/read	_ _ _ . _ _		_		
		Degradation Index	_ _ _		_		
Surveys-Likert scale	Child pre-test	Total points	_ _		<del> _ _ . _ _ </del>	<b>5</b>	
	Parents pre-test	Total points	_ _		<del> _ _ . _ _ </del>		
Total time (min)							<b>16</b>

<b>Internal Code</b>	<b>Patient Number</b>	<b>Group 1</b> <b>Training PHONO1/VA2/IM3</b>
19-HPNCL-02	_ _  /  _ _  /  _ _ _ _	

**UNWANTED / SERIOUS / ADVERSE EVENTS** since the last visit (*if applicable*)

---

In this study, no adverse effects are expected since these are non-invasive tests and treatments. However, any occurrence of adverse events will be notified in the case report form and treated in accordance with current regulations.

**TREATMENTS**

---

- **Modified specific/experimental** treatment(s) (started, stopped, frequency) since the last check-up  
*☞If YES, please fill or update the “Specific treatment sheet/experimental”*
- **Modified concomitant** treatments (started, stopped, or frequency) since the last check-up  
*☞If YES, fill or update the “Concomitant treatments sheet” (CRF test 1)*

Note: The child's academic remediation (related to his pathology) is a concomitant treatment.

<b>Internal Code</b>	<b>Patient Number</b>	<b>Group 1</b> <b>Training PHONO1/VA2/IM3</b>
19-HPNCL-02	_ _ / _ _ / _ _ _ _	

## END-OF-STUDY SHEET

**End-of-study** date (DD/MM/YYYY): |\_|\_|/|\_|\_|/|\_|\_|\_|\_|

*(last information collected as part of the study: no study-related reviews, treatment administration or data collection will be conducted after that date)*

**Study followed to completion:**             **Yes**             **No**

If "No":

Reason for premature exit:

- Refusal to continue/Withdrawal of patient consent
- Missing participant
- Daily training interrupted for more than 15 days without good cause, subject to the judgment of the investigator
- Irregular daily training, subject to the judgment of the investigator
- Other (to be specified below)

Accuracy of the reason for premature exit:

.....

.....

Last contact date (DD/MM/YYYY)

**Deviation from protocol:**             **Yes**             **No**

↳ If yes, specify:

.....

.....

**General comments:**

.....

.....

.....

*Investigator's signature*

Internal Code		Centre Nb.	Patient Nb.
XX-XX-XX		_ _	_ _

**SPECIFIC TREATMENT SHEET / EXPERIMENTAL**

	Treatments			Start date (DD/MM/YYYY)	End Date (DD/MM/YYYY) <i>Note "Ongoing" if the treatment has not been completed at the end of the study</i>	Reasons for change or termination
	Phases 1, 2 or 3	PHONO 1 or 2 VA 1 or 2 IM 1 or 2	Visits			
1	.....	.....	.....	_ / _ / _ _  <input type="checkbox"/> in progress	<input type="checkbox"/> Computer bug <input type="checkbox"/> Sick leave <input type="checkbox"/> Vacation <input type="checkbox"/> Other, specify:.....	
2	.....	.....	.....	_ / _ / _ _  <input type="checkbox"/> in progress	<input type="checkbox"/> Computer bug <input type="checkbox"/> Sick leave <input type="checkbox"/> Vacation <input type="checkbox"/> Other, specify:.....	
3	.....	.....	.....	_ / _ / _ _  <input type="checkbox"/> in progress	<input type="checkbox"/> Computer bug <input type="checkbox"/> Sick leave <input type="checkbox"/> Vacation <input type="checkbox"/> Other, specify:.....	
4	.....	.....	.....	_ / _ / _ _  <input type="checkbox"/> in progress	<input type="checkbox"/> Computer bug <input type="checkbox"/> Sick leave <input type="checkbox"/> Vacation <input type="checkbox"/> Other, specify:.....	
5	.....	.....	.....	_ / _ / _ _  <input type="checkbox"/> in progress	<input type="checkbox"/> Computer bug <input type="checkbox"/> Sick leave <input type="checkbox"/> Vacation <input type="checkbox"/> Other, specify:.....	



## ANNEXE 9

### Assessment of reading disability impact

PRE-TEST LIKERT SCALE - CHILD						
	1 Not at all	2 A little	3 Average	4 A lot	5 Very much	Total
I like to read						
Reading is easy						
I read quickly						
I've already read several books from beginning to end						
Outside of school and homework, I read other books or magazines						
Outside of school and homework, I read comics						
I understand what I'm reading						
I like to get a book as a present						
I have good grades in French (or English)						
I have good grades in History/Geography						
I have good grades in Mathematics						
I think I can do well in school						
I like to go to school						
Total score						

PRE-TEST LIKERT SCALE - PARENTS						
	<b>1</b> Not at all	<b>2</b> A bit	<b>3</b> Normal	<b>4</b> A lot	<b>5</b> So much	<b>Total</b>
Your child likes to read.						
Reading is an easy activity for him/her.						
He/she reads quickly.						
He/she has already read several books entirely.						
Outside of school, he/she reads other books or magazines.						
Outside of school, he/she reads comics.						
Does your child understand what is he/she reading ?						
Does he/she appreciate a book as a gift ?						
Does he/she have good grades in French (or English)						
Does he/she have good grades in History/Geography ?						
Does he/she have good grades in Mathematics ?						
Does he/she think he or she can do well in school ?						
Does he/she enjoy going to school ?						
<b>Total score</b>						

POST-TEST LIKERT SCALE - CHILD						
	1 Not at all	2 A little	3 Average	4 A lot	5 Very much	Total
I like to read						
Reading is easy						
I read quickly						
I've already read several books from beginning to end						
Outside of school and homework, I read other books or magazines						
Outside of school and homework, I read comics						
I understand what I'm reading						
I like to get a book as a present						
I have good grades in French (or English)						
I have good grades in History/Geography						
I have good grades in Mathematics						
I think I can do well in school						
I like to go to school						
Total score						

POST-TEST LIKERT SCALE - PARENTS						
	<b>1</b> Not at all	<b>2</b> A bit	<b>3</b> Normal	<b>4</b> A lot	<b>5</b> So much	<b>Total</b>
Your child likes to read.						
Reading is an easy activity for him/her.						
He/she reads quickly.						
He/she has already read several books entirely.						
Outside of school, he/she reads other books or magazines.						
Outside of school, he/she reads comics.						
Does your child understand what is he/she reading ?						
Does he/she appreciate a book as a gift ?						
Does he/she have good grades in French (or English)						
Does he/she have good grades in History/Geography ?						
Does he/she have good grades in Mathematics ?						
Does he/she think he or she can do well in school ?						
Does he/she enjoy going to school ?						
<b>Total score</b>						

*Diplôme de lecture après  
entraînement DDMR*

*Nom :*

*Prénom :*

*Date :*

*Orthophoniste :*

*Age de lecture 1 :*

*Age de lecture 2 :*

Exemple d'un Cahier de consignes à l'usage des orthophonistes investigatrices

## Cahier de consignes groupe 1

### Entraînement phonologique 1 Entraînement visuo-attentionnel 2

#### ENTRAINEMENT PHONO 1A, premier mois

*Objectifs :*

*Dans le but d'automatiser la conversion grapho-phonémique, cet entraînement Phono 1A cible deux processus sous-jacents phonologiques :*

- *La fusion de phonèmes en mots ou en non-mots*
- *La perception catégorielle (Rapdys)*

Fréquence :

L'entraînement PHONO 1 A se déroule pendant 1 mois, 15 min par jour, 5 jours par semaines (les jours qu'il veut).

L'enfant fait à la maison :

- 5 minutes de fusion de phonèmes en mots ou en non-mots
- **17 minutes d'entraînement avec RapDys (discrimination en général) 3 x par semaine**

Point de départ :

- Fusion : Il faut établir auparavant une zone proximale de développement c'est à dire commencer là où l'enfant réussit (par exemple 8/10) mais à une vitesse trop lente (par exemple plus de 2 minutes).  
**Le manuel d'exercices complet se trouve aussi dans le drive avec les cahiers de consignes.**
- Rapdys : le point de départ est donné par le logiciel

Progression :

- Fusion : Un exemple de progression est donné ci-dessous à partir de 4 phonèmes jusqu'à 7 phonèmes mais il faut adapter cette progression en fonction de chaque enfant. Certains devront commencer à 5 phonèmes alors que d'autres devront commencer à 2 ou 3 phonèmes. Les enfants avec un âge de lecture proche de 10 ans ou les enfants HPI, devront plutôt s'entraîner sur des non-mots. **La progression est donc arbitraire et à adapter en fonction de chaque enfant en fonction de l'évaluation en fusion de mots et de non-mots.**
- Raptys : la progression est donnée par le logiciel. Il faut finir la session entière et obtenir 70% pour passer au niveau supérieur. C'est pour cela que l'entraînement est passé de 10 min à 17 min. Un casque et une souris sont conseillés pour plus d'efficacité sur un ordinateur. Sur tablette, seulement un casque.

## **LIGNES DE BASE PRE – ENTRAÎNEMENT PHONO 1A, CONSIGNES**

Nom

Age

Date

Classe

### **1. EVALUATION DE LA FUSION PHONEMIQUE :**

**LDB1 : 10 items travaillés** (cf fiches Phonèmes Chapitre 6 du google drive) : mots ou non mots de 7 phonèmes simples ou complexes à choisir parmi les fiches que l'enfant aura en entraînement selon les résultats à l'évaluation ci-dessous 1.1 Fusion de phonèmes en mots et 1.2 Fusion de phonèmes en non mots. Vous pouvez profiter de cette LDB pour expliquer et montrer l'entraînement aux parents.

**LDB2 : 10 items non travaillés** (cf items ci-dessous)

**Effectuer d'abord la LDB2, puis la LDB1.**

#### **1.1 Fusion de phonèmes en mots : items non travaillés : LDB2**

Dire les phonèmes un par un, au rythme de un par seconde. Le patient doit restituer le mot en entier.

*Consigne : « Je vais te dire des sons que tu dois retenir dans ta tête pour faire un mot. Par exemple, si je dis*

*/a/, /b/, /r/, /i/, /k/, /o/, tu dois dire « abricot ». Fais les syllabes dans ta tête dès que tu entends les sons (donner un exemple).*

Faire deux essais :

*/j/, /ou/, /r/, /n/, /a/, /l/.....journal*

*/a/, /p/, /r/, /an/, /d/, /r/ .....apprendre*

Arrêter au bout de 4 échecs consécutifs





## 1.2 Fusion de phonèmes en mots : items travaillés : LDB1

**LDB1 : 10 items travaillés** (cf fiches Phonèmes Chapitre 6 du google drive) : mots ou non mots de 7 phonèmes simples ou complexes à choisir parmi les fiches que l'enfant aura en entraînement selon les résultats à l'évaluation ci-dessus 1.1 Fusion de phonèmes en mots et 1.2 Fusion de phonèmes en non mots. Vous pouvez profiter de cette LDB pour expliquer et montrer l'entraînement aux parents. Ou vous pouvez dire aux parents de le faire à la maison et de vous communiquer les résultats, si l'enfant est fatigué.

### 2. EVALUATION RAPDYS : Identification et discrimination : LDB1

LDB1 : scores en discrimination à l'évaluation de RapDys

En général, les enfants dyslexiques ont un score inférieur à 70% en discrimination mais supérieur à 70% en identification.

L'entraînement se fera alors uniquement en discrimination.

### 3. Contrepèteries : EVALEO : LDB2

LDB2 : scores précision et temps dans Métaphonologie (Evaléo)

### 4. LECTURE DE PSEUDO-MOTS : LDB3

LDB3 : lire 20 pseudo-mots (épreuve de la Bale)

Au bout de 5 sec, si le mot n'est pas lu, passer au suivant.

Faire mots peu fréquents uniquement si le patient est dans la moyenne en lecture de mots fréquents :

Mots fréquents		
Classes	Scores, moyenne	Temps, moyenne
CE2	17/20	35 sec
CM1	17/20	27 sec
CM2	18/20	24 sec
6°	18/20	21 sec

1.2 Lecture de mots fréquents et peu fréquents : Ⓞ

Mots fréquents

Mots irréguliers		Mots réguliers		Non-mots	
Femme		Faute		Sande	
Hier		Nuit		Chon	
Ville		Vague		Givor	
Monsieur		Montagne		Bondeuse	
Sept		Soin		Sule	
Août		Soif		Toir	
Dix		Mal		Mic	
Seconde		Sauvage		Taubage	
Million		Mission		Mardion	
Fusil		Fuite		Fudin	
Echo		Elan		Esan	
Tronc		Animé		Trane	
Tabac		Talon		Tagin	
Orchestre		Splendeur		Splindron	
Moyen		Maman		Modan	
Parfum		Pardon		Tandir	
Cacahuète		Caravelle		Taparelle	
Equateur		Electron		Abindeur	
Gentil		Jaloux		Gental	
Examen		Envoyé		Ontage	

Score/20

Temps


Score/20

Temps

Score/20

Temps



Mots peu fréquents 

Mots irréguliers		Mots réguliers		Non-mots	
Net		Sac		Rac	
Galop		Congé		Gavin	
Dolmen		Dorade		Caldon	
Respect		Rigueur		Rigende	
Bourg		Asile		Plour	
Aiguille		Approche		Vatriche	
Poêle		Piège		Pisal	
Baptême		Bottine		Bertale	
Oignon		Hausse		Aivron	
Aquarelle		Astronome		Pacirande	
Orchidée		Alchimie		Anchovée	
Agenda		Avanie		Agante	
Compteur		Courroie		Courlone	
Stand		Baril		Stipe	
Toast		Cargo		Torac	
Escroc		Esquif		Casine	
Cake		Cric		Bate	
Chorale		Cagoule		Coginte	
Aquarium		Acrobate		Abranise	
Paon		Bise		Glon	
Score/20	<input type="text"/>	Score/20	<input type="text"/>	Score/20	<input type="text"/>
Temps	<input type="text"/>	Temps	<input type="text"/>	Temps	<input type="text"/>

## 5. FLUIDITE DE DESSINS, LDB4

Chrono : 60 secondes  
Crayon sans gomme

Exemple d'apprentissage du positionnement structuré :

**Dire : Voici des cases avec des points. Je veux que tu relies au moins deux points en traçant des traits droits, pour faire un motif dans chacune des cases. Assure-toi que chaque motif est différent des autres. Entraînons-nous.**

Tracer un trait reliant deux points dans la première case, puis tracer trois traits reliant quatre points dans la seconde case. Dire, **Maintenant, fais ceux-là.** Faire tracer à l'enfant des motifs différents dans les cases restantes. Expliquer toutes les erreurs.

Si l'enfant répète un motif déjà produit, dire, **Souviens-toi de les faire tous différents.**

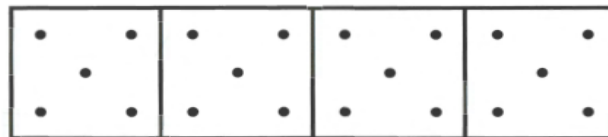
Si les traits tracés par l'enfant ne sont pas droits (vérifier à l'aide du trait de 4 mm de la Grille de correction), dire, **Souviens-toi de faire tes traits bien droits.**

S'il y a un intervalle de 2 mm ou plus entre un point et le trait qui devrait y être rattaché (voir Grille de correction), dire, **Souviens-toi que tu dois relier les points.**

Autres consignes pouvant être données à l'enfant pour l'aider :

**Tu n'as pas à utiliser tous les points.**

**Tu peux utiliser plus de deux points si tu veux.**



Item de test du positionnement structuré :

Dire : **Dans chaque case, relie au moins deux points par des traits droits. Travaille aussi vite que tu le peux et fais chaque fois des motifs différents. Commence ici** [montrer la case en haut à gauche du point de vue de l'enfant] **et va dans ce sens** [déplacer le doigt de gauche à droite]. **Lorsque tu as fini cette ligne, passe à la suivante** [montrer la ligne suivante]. **Prêt ? Vas-y.**

Déclencher le chronomètre. Arrêter l'enfant après 60 secondes.

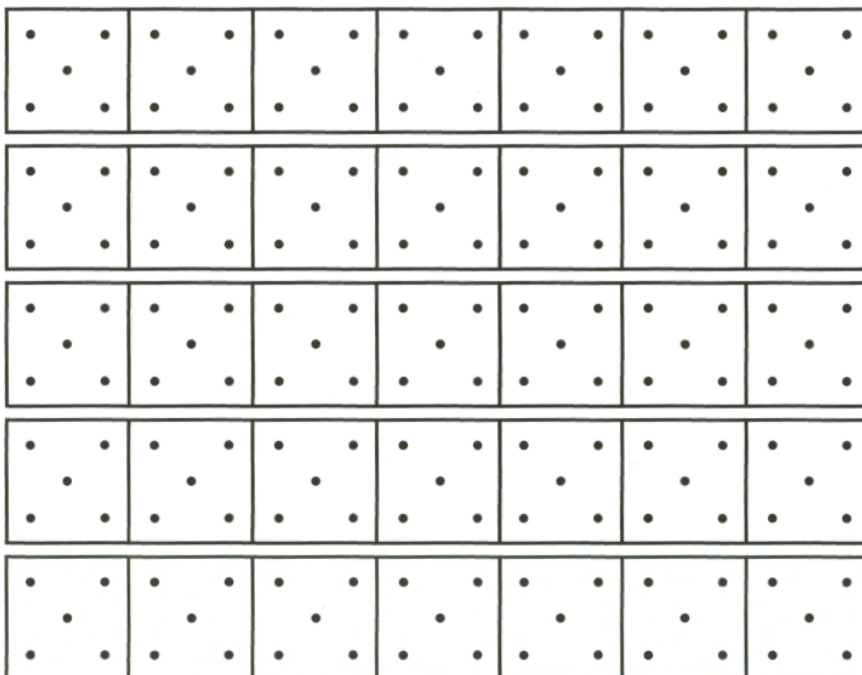
Si cela peut aider l'enfant, pointer chaque case au fur et à mesure.

Nom

Age

Date

Classe



**Reporter les résultats dans le CRF du participant, lignes de base pré-entraînement PHONO A.**

## **VISITES DE LA PHASE 2 PENDANT L'ENTRAINEMENT PHONO 1A**

---

### **1.1 Visites au cabinet :**

Pendant la phase d'entraînement à domicile, les enfants sont reçus une fois par semaine pendant 30 minutes au cabinet de l'orthophoniste.

- Ils effectuent leur entraînement pendant 15 minutes avec l'orthophoniste afin de vérifier le bon déroulement des exercices.
- Le reste de la séance est orientée sur des exercices de lecture et d'orthographe en lien avec les processus sous-jacents travaillés et à adapter en fonction de l'âge de lecture et de l'enfant (i.e, l'automatisation des correspondances graphèmes/phonèmes pour les graphèmes non acquis, par exemple l'imprégnation syllabique, les gestes Borel...en lecture et transcription).

### **1.2 Exemple d'entraînement Phono A :**

Nom

Age

Date

Classe

#### **1.2.1 RapDys : 17 minutes par jour, 3 x par semaine**

L'entraînement se fait la plupart du temps sur la modalité discrimination qui sera plus altérée chez l'enfant dyslexique. La progression est intégrée au logiciel et s'adapte à l'enfant à condition de faire des sessions complètes qui durent environ 17 à 20 min selon les enfants et d'obtenir 70% pour passer au niveau supérieur. Un casque et une souris sont conseillés pour plus d'efficacité sur un ordinateur. Sur tablette, seulement un casque.

Après avoir enregistré le patient sur Gnosia avec le mail du parent où sera envoyé le lien, Sélectionner le patient et cliquer sur nouvelles sessions pour montrer l'exercice à l'enfant et à ses parents.

Puis, il faut aller dans la liste des patients et cliquer sur recommandation pour que le parent reçoive le lien sur sa boîte mail. L'enfant peut alors effectuer son entraînement à la maison.

Après 9 séances, l'entraînement s'arrête et une évaluation devra être effectuée au cabinet pour pouvoir continuer l'entraînement. Je vous recommande de lire attentivement les manuels des logiciels.

**NB : S'il y a trop de bugs informatiques avec les recommandations, le patient peut installer directement le logiciel sur sa tablette ou son ordinateur avec le code promo achat : THESE PATIENTS en allant sur le site Gnosia (cf tuto d'installation sur le drive)**



### 1.2.2 Fusion de phonèmes : 5 minutes par jour

Fusionner 10 mots/jour : écoute les sons et trouve le mot.

Après la fusion de chaque mot, demander de lire le mot puis de l'écrire en cachant le mot lu.

L'orthophoniste et le parent doivent toujours corriger les erreurs en donnant la bonne réponse à l'enfant (apprentissage sans erreurs)

La progression est à adapter selon les compétences de chaque enfant et sera donc différente pour chaque enfant.

**Le manuel d'exercices complet se trouve aussi dans le drive avec les cahiers de consignes.**

### LIGNES DE BASE POST-ENTRAÎNEMENT PHONO 1A

Après un mois d'entraînement PHONO 1A, effectuer les mêmes lignes de bases post-entraînement et reporter les résultats dans le CRF de l'enfant.

LDB1 : Fusion, Rapdys items travaillés

LDB2 : Fusion, contrepèteries, items non travaillés

LDB3 : Lecture de PM

LDB4 : Fluidité dessins

**Reporter les résultats dans le CRF du participant, lignes de base post-entraînement PHONO 1A.**

### ENTRAÎNEMENT PHONO 1B, deuxième mois

*Objectifs :*

*Dans le but d'automatiser la conversion grapho-phonémique, cet entraînement Phono 1B cible deux processus sous-jacents phonologiques :*

- *La segmentation de phonèmes*
- *La mémoire phonologique (Phonopidow)*

Fréquence :

L'entraînement PHONO 1 B se déroule pendant 1 mois, 15 min par jour, 5 jours par semaines (les jours qu'il veut).

L'enfant fait à la maison :

- 5 minutes de segmentation de phonèmes en mots ou en non-mots
- 10 minutes d'entraînement avec Phonopidow

Point de départ :

Segmentation : Il faut établir auparavant une zone proximale de développement c'est à dire commencer là où l'enfant réussit (par exemple 8/10) mais à une vitesse trop lente (par exemple plus de 2 minutes). **Le manuel d'exercices complet se trouve aussi dans le drive avec les cahiers de consignes.**

Phonodidow : Il faut également commencer dans une zone proximale de développement. Par exemple, commencer par l'exercice 3 la première semaine, puis exercice 4 et 5 les semaines suivantes.

Progression :

Segmentation : Un exemple de progression est donné ci-dessous à partir de 4 phonèmes jusqu'à 7 phonèmes mais il faut adapter cette progression en fonction de chaque enfant. Certains devront commencer à 5 phonèmes alors que d'autres devront commencer à 2 ou 3 phonèmes.

Les enfants avec un âge de lecture proche de 10 ans ou les enfants HPI, devront plutôt s'entraîner sur des non-mots. **La progression est donc arbitraire et à adapter en fonction de chaque enfant en fonction de l'évaluation en segmentation de mots et de non-mots.**

**Le manuel d'exercices complet se trouve aussi dans le drive avec les cahiers de consignes.**

Phonopidow: la progression est établie par l'orthophoniste en fonction des capacités et de l'évolution de chaque enfant.

## **LIGNES DE BASE PRE-ENTRAINEMENT PHONO 1B, DEUXIEME MOIS**

Nom

Age

Date

Classe

### **1. EVALUATION DE LA SEGMENTATION PHONEMIQUE**

LDB1 : 10 items travaillés (cf tableaux d'entraînement fiche d'entraînement 1B)

LDB2 : 10 items non travaillés (cf items ci-dessous)

#### **1.1 Segmentation de mots : LDB2**

*Dire le mot. Le patient doit le restituer phonème par phonème*

*Consigne : « Je vais te dire un mot. Tu dois me dire tous les sons que tu entends dans ce mot. Par exemple si je te dis « dragon », tu dois dire /d/, /r/, /a/, /g/, /on/. Il faut dire le bruit que fait la lettre, pas le nom de la lettre (donner un exemple).*

Faire 2 essais :

*Attendre*..... /a/, /t/, /an/, /d/, /r/

*Bavarder*..... /b/, /a/, /v/, /a/, /r/, /d/, /é/

Arrêter au bout de 4 échecs

**mots - 7 phonèmes**

retrouver	
imaginer	
accepter	
endormir	
déclarer	
difficile	
téléphone	
capitaine	
évidemment	
bavarder	
temps :	



**1.2 Segmentation de non-mots :**

Dire le non-mot. Le patient doit le restituer phonème par phonème

Consigne : « Je vais te dire un mot qui n'existe pas. Tu dois me dire tous les sons que tu entends dans ce mot. Par exemple si je te dis « tajur », tu entends /t/, /a/, /j/, /u/, /r/

Faire 2 essais :

*Tarouble*..... /t/, /a/, /r/, /ou/, /b/, /l/

*Parcine*..... /p/, /a/, /r/, /s/, /i/, /n/

Arrêter au bout de 4 échecs

**non-mots - 7 phonèmes**

ritreuvo	
amogénu	
occiptu	
ondirmar	
docliru	
dafocèle	
tolifane	
copatoune	
ovédumi	
bovirdan	
temps :	



**2. EVALUATION PHONOPIDOW : LDB1**

LDB1 : Comparaisons de 5 séquences de sons (items travaillés).

Noter le score obtenu, sans laisser la possibilité de réécouter l'item.

Attention pour tous les exercices, ne pas mettre le support écrit.



### 3. Acronymes auditifs, Belec : LDB2

LDB2 : noter le score en précision et en temps

#### Consignes pour l'enfant:

"On va faire un nouveau jeu avec des mots. Je vais te dire deux mots et tu vas inventer un nouveau mot en mettant ensemble le tout petit morceau qu'il y a au début de chacun de ces deux mots. Par exemple, si je dis:

- "tante Alice": on garde le premier son de "tante" qui est /t/ et le premier son de "Alice" qui est /a/ et on met ces deux sons ensemble pour avoir le mot /ta/;
- "soleil ardent": le premier son de "soleil" est /s/ et le premier son de "ardent" est /a/ , alors tu dois dire /sa/ ;
- "bête horrible": le premier son de "bête" est /b/ et le premier son de "horrible" est /o/ , alors tu dois dire /bo/ ;
- "porte ouverte": tu dois répondre /pu/.

Maintenant c'est l'enregistreur qui dira les deux mots. Tu vas bien les écouter et former un nouveau mot en mettant ensemble le tout petit morceau qu'il y a au début de chacun des deux mots."

	Réponse
01. photo artistique	
02. chien accroupi	
03. bébé ourson	
04. tortue enlevée	
05. bel oiseau	
06. grande ourse	
07. vieil autobus	
08. bon enfant	
09. livre ouvert	
10. cousin infernal	

### 4. LECTURE DE PSEUDO - MOTS, BALE : LDB3

Reporter les scores de LDB3 post-entraînement 1A ici.

### 5. SYMBOLES MATHÉMATIQUES : LDB4

Lire à haute voix chaque énoncé mais ne donner aucune aide additionnelle.

Regarde bien le modèle. Il y a trois étiquettes : A est plus gros que, B est plus haut que, C'est plus long que

Chacune de ces étiquettes s'applique aux lignes de dessins qui sont en dessous et tu dois choisir laquelle leur convient le mieux en écrivant sa lettre dans chacun des petits rectangles. Il n'est pas nécessaire d'écrire les mots des étiquettes.

Comprends-tu pourquoi on a inscrit la lettre B ? (Montrer son emplacement et s'assurer que l'enfant a compris la tâche). En effet, le grand trait noir à gauche est plus haut que le petit trait noir à droite.

Quelle lettre placerais-tu pour la deuxième ligne de dessins ?

On écrit C dans le petit rectangle parce que le grand trait noir à gauche est plus long que le petit trait noir à droite.



Pour le dernier exemple, quelle lettre faut-il écrire ? On écrit A car le rond de gauche est plus gros que celui de droite.

**2. Symboles mathématiques**



● Regarde le modèle et écris la lettre qui convient dans chaque petit rectangle.

<b>A</b> est plus gros que	<b>B</b> est plus haut que	<b>C</b> est plus long que
-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------

Exemple de bonne réponse :



	<b>B</b>	
---	----------	---

Exemple :

		
---	--	---

Réponse : Tu devrais avoir écrit C dans le petit rectangle.


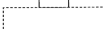





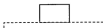


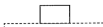







Exemple :

		
--	--	--

Réponse : Tu devrais avoir écrit A dans le petit rectangle.

● Ecris la lettre qui convient dans chaque petit rectangle.

<b>A</b> est la moitié de	<b>B</b> est le quart de	<b>C</b> est le tiers de
<b>D</b> est le double de	<b>E</b> est le triple de	<b>F</b> est autant que

-   
-   
-   
-   
-   
-   

As-tu bien vérifié tes réponses ?

Lire à haute voix les étiquettes, puis dire : Regarde bien chaque ligne de dessins. Le dessin de gauche doit toujours être comparé à celui de droite. (Ne plus donner d'aide et attendre que l'enfant ait rempli la page). Chronométrer 1 minute et noter le nombre de réponse justes.

## VISITES DE LA PHASE 2 PENDANT L'ENTRAINEMENT PHONO 1B (V 22 A V 25)

### 1.2 Visites au cabinet :

Pendant la phase d'entraînement à domicile, les enfants sont reçus une fois par semaine pendant 30 minutes au cabinet de l'orthophoniste.

- Ils effectuent leur entraînement pendant 15 minutes avec l'orthophoniste afin de vérifier le bon déroulement des exercices.
- Le reste de la séance est orientée sur des exercices de lecture et d'orthographe en lien avec les processus sous-jacents travaillés et à adapter en fonction de l'âge de lecture (i.e, des exercices de lecture rapide avec étiquettes et rappel des mots ou syllabes lus à chaque étiquette rajoutée, par exemple avec Manitu, l'imprégnation syllabique...).









## 1.2 Exemple d'entraînement Phono B :

Nom \_\_\_\_\_ Age \_\_\_\_\_  
Date \_\_\_\_\_ Classe \_\_\_\_\_

### 1.2.1 Entraînement avec Phonopidow : 10 min/j

On peut enregistrer le patient avec une adresse mail où il recevra la recommandation. Aller dans modifier pour rajouter Phonopidow. Sélectionner le patient et cliquer sur nouvelles sessions pour montrer l'exercice à l'enfant et à ses parents.

5 types d'exercices sont proposés

-  Reconnaissance d'un son
-  Recherche d'un intrus dans une séquence
-  Localisation d'un son dans une séquence
-  Comparaison de deux séquences de sons
-  Composition d'une séquence de sons
-  Quitter

La progression est à adapter selon les compétences de chaque enfant et sera donc différente pour chaque enfant.

Il faut commencer avec un exercice qui entraîne des erreurs ou une lenteur d'exécution.

Voici un exemple de progression :

Par exemple, si l'enfant réussit parfaitement la reconnaissance d'un son et la recherche d'un intrus à un niveau moyen et présente quelques difficultés dans la localisation d'un son, la progression pourra être :

#### Première semaine : localisation d'un son

- Les phonèmes peuvent être choisis en fonction des productions de l'enfant en lecture et écriture.
- Si ces phonèmes entraînent des confusions en production, il faut rajouter la présentation écrite pendant l'exercice.
- Sinon, travailler uniquement en modalité auditive.
- Le niveau de difficulté est à définir en fonction des réussites de l'enfant (zone proximale de développement).

Deuxième semaine : comparaison de deux séquences de sons ,niveau moyen  
Idem

Troisième semaine : comparaison de deux séquences de sons, niveau difficile  
Idem

Quatrième semaine : composition d'une séquence de sons  
Idem

Il n'y a pas de progression adaptée à l'enfant comme dans RapDys. C'est l'expertise et le jugement de l'orthophoniste qui dirige la progression. Faites-vous confiance et lisez le manuel, il est très instructif.

### **Comment l'utiliser à domicile :**

Vous pouvez cliquer sur recommandation dans la liste de vos patients et effectuer votre recommandation sur seulement un type d'exercice. N'oubliez pas d'enregistrer à la fin.

La recommandation est à renouveler au bout de 20 exercices mais vous pouvez le faire avant si cette recommandation s'avère trop difficile ou trop facile pour l'enfant.

**NB : S'il y a trop de bugs informatiques avec les recommandations, le patient peut installer directement le logiciel sur sa tablette ou son ordinateur avec le code promo achat : THESE PATIENTS en allant sur le site Gnosia (cf tuto d'installation sur le drive)**

### **1.2.2 Segmentation de phonèmes : 5 min/j**

Segmenter 10 mots/jour : « écoute le mot et dis tous les sons que tu entends dans l'ordre ».

Après la segmentation de chaque mot, demander de lire le mot puis de l'écrire en cachant le mot lu. L'orthophoniste et le parent doivent toujours corriger les erreurs en donnant la bonne réponse à l'enfant (apprentissage sans erreurs)

La progression est à adapter selon les compétences de chaque enfant et sera donc différente pour chaque enfant.

**Le manuel d'exercices complet se trouve aussi dans le drive avec les cahiers de consignes.**

### **LIGNES DE BASE POST-ENTRAINEMENT PHONO 1B**

Après un mois d'entraînement PHONO 1B, effectuer les mêmes lignes de bases post-entraînement et le test 3 puis reporter les résultats dans le CRF groupe 1.

LDB1 : segmentation, phonopidow, items travaillés

LDB2 : segmentation, acronymes auditifs, items non travaillés

LDB3 : lecture de PM

LDB4 : symboles mathématiques

**Reporter les résultats dans le CRF du participant, lignes de base post-entraînement PHONO 1B.  
Effectuer le test 3 puis reporter les résultats dans le CRF.**

## PAUSE DE 15 JOURS SANS ENTRAINEMENT

Une pause de 15 jours sans entraînement est effectuée avant de passer à l'entraînement 2 visuo-attentionnel. Les séances hebdomadaires continuent au cabinet si le participant n'est pas en vacances (par exemple, vacances scolaires)

## **ENTRAINEMENT VA 2A, premier mois**

### *Objectifs :*

*Dans le but d'automatiser la mémoire orthographique, cet entraînement VA 2A cible deux processus sous-jacents visuo-attentionnels :*

- *L'empan visuo-attentionnel (Maeva)*
- *La mémoire orthographique (Power Point)*

### Fréquence :

L'entraînement VA 2A se déroule pendant 1 mois, 15 min par jour, 5 jours par semaines (les jours qu'il veut).

L'enfant fait à la maison :

- 12 minutes d'entraînement avec Maeva
- 3 minutes de lecture et transcription de 10 à 20 mots

### Point de départ :

- Maeva: le point de départ est donné par le logiciel
- 10 à 20 mots avec le même graphème. Par exemple si l'enfant échoue dans la lecture et la transcription du graphème *eau*, présenter uniquement des mots contenant *eau* en position finale.
- 

### Progression :

- Maeva : la progression est donnée par le logiciel
- **Etablir une progression en fonction des graphèmes altérés pour chaque enfant. Passer à un autre graphème quand l'automatisme est acquis en lecture et transcription. Les power point sont modifiables et adaptables pour mémoriser d'autres graphies ou régularités orthographiques. Ils sont disponibles dans le drive. Si vous en créez d'autres pour vos patients, vous pouvez également les y déposer.**

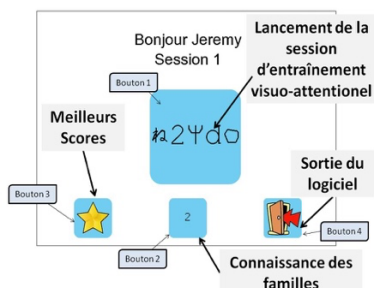
## LIGNES DE BASE PRE – ENTRAINEMENT VA 2A, CONSIGNES

## 1. EVALUATION AVEC MAEVA : LDB1

LDB1 : 10 items de Maeva et noter le nombre de réussites.

Installer Maeva sur votre PC selon les recommandations du tutoriel. Après avoir familiarisé l'enfant avec les familles (bouton 2), lancer l'exercice (bouton 1).

- Montrer à l'enfant 2 exemples, pas plus.
- Laisser le effectuer seul 10 items et noter le résultat dans le tableau pré-entraînement VA A, LDB1



## 2. EVALUATION AVEC EVALEO : LDB2

LDB2 : noter le score obtenu à l'empan visuo-attentionnel global de chiffres

## 3. LECTURE DE MOTS IRREGULIERS : LDB3

LDB3 : lire les mots irréguliers de La Bale et noter le score de réussite sur 20 et le temps en secondes. Au bout de 5 sec, si le mot n'est pas lu, passer au suivant.

Faire mots peu fréquents uniquement si le patient est dans la moyenne en lecture de mots fréquents :

Mots fréquents		
Classes	Scores, moyenne	Temps, moyenne
CE2	17/20	29 sec
CM1	19/20	19 sec
CM2	19/20	15 sec
6°	20/20	14 sec

1.2 Lecture de mots fréquents et peu fréquents : ☹

Mots fréquents

Mots irréguliers		Mots réguliers		Non-mots	
Femme		Faute		Sande	
Hier		Nuit		Chon	
Ville		Vague		Givor	
Monsieur		Montagne		Bondeuse	
Sept		Soin		Sule	
Août		Soif		Toir	
Dix		Mal		Mic	
Seconde		Sauvage		Taubage	
Million		Mission		Mardion	
Fusil		Fuite		Fudin	
Echo		Elan		Esan	
Tronc		Animé		Trane	
Tabac		Talon		Tagin	
Orchestre		Splendeur		Splindron	
Moyen		Maman		Modan	
Parfum		Pardon		Tandir	
Cacahuète		Caravelle		Taparelle	
Equateur		Electron		Abindeur	
Gentil		Jaloux		Gental	
Examen		Envoyé		Ontage	

Score/20

Temps

Score/20

Temps

Score/20

Temps

Mots peu fréquents ☺

Mots irréguliers		Mots réguliers		Non-mots	
Net		Sac		Rac	
Galop		Congé		Gavin	
Dolmen		Dorade		Caldon	
Respect		Rigueur		Rigende	
Bourg		Asile		Plour	
Aiguille		Approche		Vatriche	
Poêle		Piège		Pisal	
Baptême		Bottine		Bertale	
Oignon		Hausse		Aivron	
Aquarelle		Astronome		Pacirande	
Orchidée		Alchimie		Anchovée	
Agenda		Avanie		Agante	
Compteur		Courroie		Courlone	
Stand		Baril		Stipe	
Toast		Cargo		Torac	
Escroc		Esquif		Casine	
Cake		Cric		Bate	
Chorale		Cagoule		Coginte	
Aquarium		Acrobate		Abranise	
Paon		Bise		Glon	
<b>Score/20</b>	<input type="text"/>	<b>Score/20</b>	<input type="text"/>	<b>Score/20</b>	<input type="text"/>
<b>Temps</b>	<input type="text"/>	<b>Temps</b>	<input type="text"/>	<b>Temps</b>	<input type="text"/>

#### 4. CODES : LDB4

**Chronométrer et noter le temps effectué**



Compléter les cases en respectant le code indiqué.  
On peut également travailler la mémorisation du code.

○	△	□
1	2	3

○	△	□	△	□	○	□	□	△	○	△	□	○	○	△

## VISITES DE LA PHASE 2 PENDANT L'ENTRAINEMENT VA 2A

### 1.3 Visites au cabinet :

Pendant la phase d'entraînement à domicile, les enfants sont reçus une fois par semaine pendant 30 minutes au cabinet de l'orthophoniste.

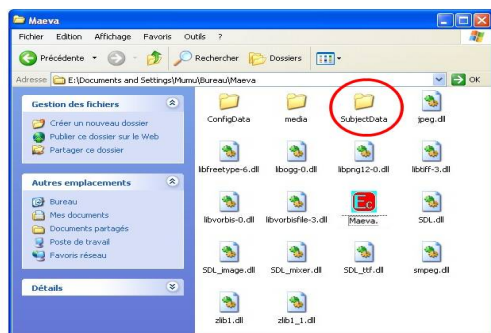
- Ils effectuent leur entraînement pendant 15 minutes avec l'orthophoniste afin de vérifier le bon déroulement des exercices.
- Le reste de la séance est orientée sur des exercices de lecture et d'orthographe en lien avec les processus sous-jacents travaillés et à adapter en fonction de l'âge de lecture (i.e, lecture et transcription de mots, mots cachés, mots à segmenter, mots mêlés...).

### 1.4 Exemple d'entraînement VA 2A :

#### 1.4.1 Entraînement Maeva : 10 min/j

Pendant 12 minutes par jour, l'enfant s'entraîne avec le logiciel Maeva, installé sur son PC. La progression est intégrée à l'ordinateur. Donc, il n'y a rien à faire.

Il faut juste dire aux parents de récupérer le fichier des données à la fin de l'entraînement. Il s'agit du dossier **SubjectData** qui se trouve dans le dossier Maeva et la procédure à suivre est indiquée aux parents dans le tutoriel que je vous ai envoyé (cf ci-dessous).



Pour pouvoir envoyer ce dossier sans problème, la marche à suivre est la suivante.

- Sélectionner le dossier SubjectData en faisant un clic gauche dessus.
- Faire un clic droit puis, dans le menu contextuel, choisir Envoyer Vers puis Dossier Compressé.
- Un nouveau fichier SubjectData.zip devrait alors apparaître dans le dossier Maeva.
- C'est ce fichier SubjectData.zip qu'il faudrait me faire parvenir par mail.

**Merci de bien vouloir, à la fin de la rééducation, envoyer ce dossier à l'adresse [karine.eskinazi@wanadoo.fr](mailto:karine.eskinazi@wanadoo.fr)**

#### **1.4.2 Entraînement Mémoire orthographique : 5 min/jour**

- Effectuer la lecture rapide de mots avec la même régularité orthographique sur le power point (par ex eau en fin de mot).
- Recommencer en laissant l'enfant écrire le mot après chaque lecture.
- S'entraîner sur le même graphème donc le même power point pendant au moins 3 jours, puis changer seulement s'il n'y a plus d'erreur.
- Vous pouvez modifier les mots du power point et l'adapter en fonction de la régularité orthographique à automatiser pour chaque enfant.

L'orthophoniste et le parent doivent toujours corriger les erreurs en donnant la bonne réponse à l'enfant (apprentissage sans erreurs).

Les power point sont disponibles dans le drive.

#### **LIGNES DE BASE POST-ENTRAINEMENT VA 2A**

Après un mois d'entraînement VA 2 A, effectuer les mêmes lignes de bases post-entraînement et reporter les résultats dans le CRF de l'enfant.

LDB1 : Maeva  
LDB2 : empan VA  
LDB3 : lecture MI  
LDB4 : Codes

**Reporter les résultats dans le CRF du participant, lignes de base post-entraînement VA 2A.**

#### **ENTRAINEMENT VA 2B, deuxième mois**

*Objectifs :*

*Dans le but d'automatiser la mémoire orthographique, cet entraînement VA 2B cible deux processus sous-jacents visuo-attentionnels :*

- *La focalisation attentionnelle (Switchipido)*
- *La mémoire orthographique*

Fréquence :

L'entraînement VA 2B se déroule pendant 1 mois, 15 min par jour, 5 jours par semaines (les jours qu'il veut).

L'enfant fait à la maison :

- 10 minutes d'entraînement avec Switchipido
- 5 minutes de lecture et transcription de 10 à 20 mots

Point de départ :

- Switchipido: le point de départ est donné par le logiciel
- 10 à 20 mots avec la même régularité orthographique. Par exemple si l'enfant échoue dans la lecture et la transcription du graphème *ail*, *présenter uniquement des mots contenant ail en position finale*.

Progression :

- Switchipido : la progression est donnée par le logiciel
- **Etablir une progression en fonction des graphèmes altérés pour chaque enfant. Passer à un autre graphème quand l'automatisme est acquis en lecture et transcription. Les power point sont modifiables et adaptables pour mémoriser d'autres graphies ou régularités orthographiques. Ils sont disponibles dans le drive. Si vous en créer d'autres pour vos patients, vous pouvez également les y déposer.**

## LIGNES DE BASE PRE – ENTRAINEMENT VA 2B, CONSIGNES

### 1. EVALUATION AVEC SWITCHIPIDO : LDB1

Type d'exercice	Configuration
<input type="radio"/> Panneau Global	Durée de l'exercice 2 min
<input type="radio"/> Triplet Global	Nombre de blocs 2
<input type="radio"/> Panneau Alternance	Nombre d'items par bloc 64
<input type="radio"/> Triplet Simple	Temps entre les blocs 0.75 min
<input checked="" type="radio"/> Triplet complexe	Intervalle entre les items 1 sec
	<input type="checkbox"/> stop sur erreur

Paramétrer une nouvelle session comme indiqué ci-dessus. Expliquer à l'enfant la consigne. Puis relancer une nouvelle session identique. Au changement de bloc, ne pas attendre et cliquer sur bloc suivant. A la fin de la session reporter les données sur le CRF.

### 2. EVALUATION AVEC EVALEO : LDB2

LDB2 : noter le score obtenu à l'empan visuo-attentionnel global de chiffres

### 3. LECTURE DE MOTS IRREGULIERS : LDB3

Ne pas faire.

Reporter les résultats LDB3 post entraînement VA A

### 4. Calcul mental : LDB4

Consigne : « Je vais te demander de faire des calculs dans ta tête »

En fonction de l'âge de l'enfant, proposer les 8 additions ou les 8 multiplications suivantes.

Chronométrer : 2 minutes. Noter le nombre d'items réussis

8 additions :  $5 + 8$ ,  $12 + 6$ ,  $4 + 13$ ,  $9 + 7$ ,  
 $15 + 12$ ,  $13 + 19$ ,  $14 + 8$ ,  $17 + 25$ .

6 multiplications:  $3 \times 2$ ,  $4 \times 5$ ,  $3 \times 4$ ,  $2 \times 6$ ,  
 $5 \times 3$ ,  $4 \times 4$ .

## **VISITES DE LA PHASE 2 PENDANT L'ENTRAINEMENT VA 2B**

---

### **1.1 Visites au cabinet :**

Pendant la phase d'entraînement à domicile, les enfants sont reçus une fois par semaine pendant 30 minutes au cabinet de l'orthophoniste.

- Ils effectuent leur entraînement pendant 15 minutes avec l'orthophoniste afin de vérifier le bon déroulement des exercices.
- Le reste de la séance est orientée sur des exercices de lecture et d'orthographe en lien avec les processus sous-jacents travaillés et à adapter en fonction de l'âge de lecture (i.e des exercices de recherche rapides de mots dans un texte alternés avec des exercices de recherche rapide de graphèmes dans le texte. On peut aussi proposer des exercices de transcription de ces mots.

---

### **1.2 Exemple d'entraînement VA 2B**

#### **1.2.3 Entraînement avec Switchipido**

Pendant 10 minutes par jour, l'enfant s'entraîne avec le logiciel Switchipido.

- La progression est intégrée au logiciel pour les recommandations standardisées
- Il faut effectuer une recommandation à partir du logiciel après avoir enregistré le patient (cf manuel)
- Vous pouvez effectuer une recommandation libre ou standardisée selon les difficultés rencontrées
- Les exercices de la recommandation libre sont ceux effectués en dernier au cabinet
- Veillez à inscrire le mail du parent qui recevra le lien pour l'entraînement.

**NB : S'il y a trop de bugs informatiques avec les recommandations, le patient peut installer directement le logiciel sur sa tablette ou son ordinateur avec le code promo achat : THESE PATIENTS en allant sur le site Gnosia (cf tuto d'installation sur le drive)**

#### **1.2.2 Entraînement Mémoire orthographique : 5 min/jour**

- Effectuer la lecture rapide de mots avec la même régularité orthographique sur le power point (par ex eau en fin de mot).
- Recommencer en laissant l'enfant écrire le mot après chaque lecture.
- S'entraîner sur le même graphème donc le même power point pendant au moins 3 jours, puis changer seulement s'il n'y a plus d'erreur.
- Vous pouvez modifier les mots du power point et l'adapter en fonction de la régularité orthographique à automatiser pour chaque enfant.

L'orthophoniste et le parent doivent toujours corriger les erreurs en donnant la bonne réponse à l'enfant (apprentissage sans erreurs)  
Les power point sont disponibles dans le drive.

### **LIGNES DE BASE POST-ENTRAINEMENT VA 2B**

---

Après un mois d'entraînement VA 2B, effectuer les mêmes lignes de bases post-entraînement.

LDB1 : Switchpidow  
LDB2 : empan VA  
LDB3 : Lecture de MI  
LDB4 : Calcul mental

**Reporter les résultats dans le CRF du participant, lignes de base post-entraînement VA 2B.  
Effectuer le test 3 puis reporter les résultats dans le CRF.**

### **PAUSE DE 15 JOURS SANS ENTRAINEMENT**

---

Une pause de 15 jours sans entraînement est effectuée avant de passer à l'entraînement 3 intermodalitaire. Les séances hebdomadaires continuent au cabinet si le participant n'est pas en vacances (par exemple, vacances scolaires)

**GNOSIA**  
**Franck MEDINA**  
**1 rue Emile Allier**  
**30000 NIMES**

Subject : CIFRE n° 2018/1089

Paris on January 14, 2019

Misters,

I am pleased to inform you that your application for CIFRE, recalled in the subject line, has been accepted at the evaluation and monitoring committee of 14 October 2018 under cover of the favourable opinion of the scientific expertise received very recently. This request for CIFRE concerns the work of :

**Karine ESKINAZI**

which will be dedicated to the research project, as described in the file, on which the favourable opinion has been given.

**We have noted that the doctoral training is co-directed by Bruno DE CARA.**

The final acceptance of the CIFRE will be made by signing the ANRT/company agreement, two copies of which are attached. Our current agreement is therefore given subject to the verifications and formalities described in this document and annexes.

The effective date of the CIFRE is set at **January 1, 2019** and may not be earlier than the effective date of the employment contract.

Please return the duly signed ANRT/Company agreement to us within one month; after that time, we will consider that you have waived the benefit of the agreement.

**The employment contract, drawn up on a full-time basis, will mention the individual financial aid for research training received from the State, through the Ministry in charge of research, in return for the co-financing of the doctoral training by the company. It will stipulate that the mission entrusted to the doctoral student is essentially related to the research project covered by the CIFRE.**

**Salaried doctoral students from outside the European Community must have a work permit authorizing them to work full-time. Residence permits relating to the status of student/student authorizing them to work at 60% will not be taken into account. Only a visa or a scientific residence permit or a provisional authorization for full-time work are valid.**

We draw your attention to article 8 of the agreement which certifies that your company is not excluded from benefiting from state aid.

I am leaving up to you to forward a copy of this letter to the director of the host laboratory and to the doctoral student.  
Best regards,



Pascal GIAT  
Head of department

Attachments : - management chronology of a CIFRE and invoice model  
- ANRT/Company agreement, in duplicate, in appendices

Direction des Grands Programmes d'Investissement  
de l'Etat  
Affaire suivie par : Antoine RAUZY  
Mail : antoine.rauzy@agencerecherche.fr  
Nos ref. : 2022-600

Le Président-directeur général de l'Agence  
Nationale de la Recherche

A

Monsieur Johannes ZIEGLER  
CNRS DR12  
3, place Victor Hugo  
13331 Marseille

Paris, **22 AOUT 2022**

Objet : Résultat de l'appel à projets « Soutien au déploiement des projets e-FRAN »

Monsieur,

En réponse à la vague 3 de l'appel à projets « Soutien au déploiement des projets e-FRAN », lancé dans le cadre du Plan France 2030 par l'Agence Nationale de la Recherche, vous avez soumis le projet GraphoGameAdapt.

A l'issue du processus de sélection, le jury a proposé pour financement 9 projets qui ont reçu l'aval du comité de pilotage ministériel.

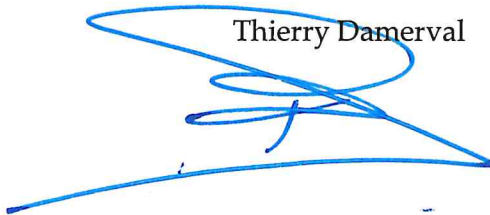
J'ai le plaisir de vous informer que, conformément aux règles applicables au Plan France 2030, votre projet GraphoGameAdapt a été proposé à la Première Ministre pour qu'il fasse l'objet d'un financement au titre de l'action « Soutien au déploiement des projets e-FRAN ».

Vous trouverez le rapport final du jury annexé à ce courrier.

L'ANR reprendra contact avec vous pour avancer sur la contractualisation et assurer ainsi un démarrage le plus rapide possible de votre projet.

Je vous prie d'agréer, Monsieur, l'expression de mes salutations distinguées.

Thierry Damerval



Pièce jointe : Rapport du jury  
Copie à l'établissement coordinateur : CNRS  
Président, Monsieur Antoine PETIT – 3 rue Michel-Ange, 75016 Paris

## GraphoGameAdapt

---

Responsable du projet : Johannes Ziegler

Etablissement coordinateur : CNRS

### Points forts du projet

- Productions complètes, diffusées et accessibles.
- Possibilité de donner des réponses personnalisées à l'intervention.
- Transfert aux professionnels (orthophonistes) et aux parents possibles.
- Système de comptes en ligne pour évaluer et implémenter des modèles prédictifs.
- Possibilité de suivre la progression d'un élève de manière partagée entre la famille, l'enseignant et le praticien orthophoniste.
- Qualité et complémentarité des partenaires du consortium (laboratoires, pôle AMPIRIC, INSPE, Rectorat, Direction du Numérique, LAPCOS).

### Points faibles du projet

- La dimension appropriation des outils par les partenaires – enseignants, orthophoniste et parents – n'est pas vraiment abordée.
- Pas de recherche/mesures sur l'implémentation des transferts.
- Formation et évaluation des formations des différents acteurs quasi absente.
- Pas de visibilité sur la manière dont les acteurs vont interpréter et utiliser les suivis.
- Les évaluations nationales de mi-CP et de début CE1 sont envisagées respectivement comme pré-test et post-test : questions sur les conditions similaires de passations et comparaisons inter-maitres ?
- Pas de visibilité sur le prestataire informatique.
- Peu de visibilité sur la façon dont sont utilisés les logfiles.

### Recommandations et améliorations possibles du projet

- **Développer l'aspect formation des acteurs/partenaires.**
- Mettre à jour les liens entre praticiens et enseignants.
- Préciser la façon dont le jeu va s'adapter à l'utilisateur (rôle plus détaillée du prestataire).



## Appréciation générale

### Avis favorable

Le dossier présenté est complet (différents objectifs déclinés autour de 3 volets) et s'appuie sur les recommandations de l'HCERES pour continuer de faire évoluer le projet LEMON.

Toutefois, des redondances importantes apparaissent dans la rédaction du dossier de candidature.

Le résumé, la description et le programme de travail reprennent les mêmes éléments sans rentrer dans des détails significativement différents ou singuliers.

Parmi les points forts du projet on peut noter : l'adaptation de la 1ère version déjà efficace, la prise en compte des progrès et des difficultés de l'utilisateur, la dimension partagée de l'outil et la double visée enseignants/praticiens spécialistes.

Il reste que les enseignants sont assez peu associés et que les pratiques pédagogiques sont peu évoquées dans le dossier et dans le projet.

Ce résumé résulte de l'analyse du projet par le Jury d'évaluation.

Paris, July, 2019

# Protection Personal Committee

**Ile de France IV**  
Institutional Review Board  
Agreement of US  
Department of Health and  
Human Services  
**N°IRB 00003835**

**Hôpital Saint-Louis**  
Porte 5 du carré Historique  
1 avenue Claude Vellefaux  
75475 Paris Cedex 10

**Administrative Manager**  
Mrs I. SCAGLIA  
Tél. : 01.42.38.92.88  
[cpp.iledefrance4@orange.fr](mailto:cpp.iledefrance4@orange.fr)

**President**  
Dr Shahnaz KLOUCHE  
**Vice-president**  
Ms M. BERNARD  
**Administrative secretary**  
Mrs B. LEHMANN  
**Treasurer**  
Pr O. CHASSANY  
**Assistant treasurer**  
Mrs C. MASCRET

## Committee members

### **College I**

#### **Doctors and researchers**

E. CARSELLA  
O. CHASSANY  
M.-H. DIZIER  
D. DREYFUSS  
J. FRIJA-MASSON  
S. KLOUCHE  
B. PAPP

A. NICOLAS-ROBIN  
J. DUMURGIER

#### **Hospital pharmacist**

B. LEHMANN

#### **Nurses**

C. DELETOILLE-LANDRE  
M. DJOUADOU

### **College II**

#### **Ethical issues**

H. CORNILLE-COMBEY  
J.P RWABIHAMA

#### **Psychologist**

A.S VAN DOREN

#### **Social workers**

M. BORAND  
R. DEMBELE

#### **Legal competence**

C. MASCRET  
P. A. DUMAS  
A. MARAIS

#### **Associations of patients and users**

M. BERNARD-HARLAUT  
M. TROUGOUBOFF  
E. FLACKS

CHU DE NICE - DRCI  
Mme Dominique DONZEAU  
4 avenue de la Reine Victoria  
06 003 NICE CEDEX 1

PPC Ref : <b>2019/50</b>	Promoter's Ref : <b>19.06.06.47608</b>
ID-RCB: <b>2019-A01453-54</b>	N° EudraCT :
Promoter : <b>FONDATION LENVAL HOPITAUX PEDIATRIQUES DE NICE CHU-LENVAL</b>	Investigator : <b>Dr HARRAR-ESKINAZI</b>

The Committee has received your letter regarding the research project entitled:  
**"Developmental Dyslexia and Methods of Remediation. Phonological, visuo-attentional and inter-modal approaches." Category 2**

The Committee reviewed the information on this project at its meeting on June 27, 2019 and issued a reasoned request for additional information.

Members present: M B. Papp (I), Mrs C. Deletoille (I), Dr E. Carosella (I), Dr S. Klouche (I), Pr D. Dreyfuss (I), Mrs M-H Dizier (I), Mrs M. Bernard (I), M M. Borand (II), Dr H. Cornille-Combey (I), Dr J. Dumurgier (I), Dr J. Frija-Masson (I), Mrs B. Lehmann (I).

*The additional information having been provided, the Committee issued a favorable opinion on July 16, 2019.*

*Approved by*



**Dr Shahnaz KLOUCHE**  
**Président**

- Authorization request form V0.0 of 27/05/2019
- Additional document to the request for opinion V0.0 of 27/05/2019
- Information document V0.0 of 27/05/2019: intended for patients and authority holders
- parental
- Insurance certificate (contract n°∞105.617)
- Letter justifying the adequacy of the human, material and technical means to the project of research and their compatibility with the imperatives of the people who lend themselves to it
- Research Protocol V0.1 of 15/07/2019
- Summary of the protocol in French V0.1 of 15/07/2019
- Information Document and Consent Form V0.1 of 15/07/2019: intended for holder of parental authority
- List of investigators V0.1 of 15/07/2019 + CV
- Publications cited
- Document of answers to the PPC (Personal Protection Committee) requests of 15/07/2019

**Ethics Committee**

Ethics Committee for Non-  
Interventional Research (CERNI)  
Université Côte d'Azur

May 28, 2019

**President**

Mr Michel Rainelli

**Vice-President**

Mrs Lucile Chanquoy

**Secretary**

Mr Rémi Puigventos

**CERNI-Proposal n° 2019-7 submitted by Prof. Sylvane FAURE & Dr Bruno DE CARA**

Project " *Developmental dyslexia and remediation method. Phonological, visuo-attentional and intermodal approaches*"

Submitted by Sylvane FAURE, PR (LAPCOS) and Bruno De Cara, MCF (LAPCOS)

Investigator: Karine Harrar Eskinazi, PhD student (LAPCOS)

The research project entitled: "*Developmental dyslexia and remediation method. Phonological, visuo-attentional and intermodal approaches*", proposed by Prof. Sylvane FAURE & Dr Bruno DE CARA, complies with ethical rules such as defined by the local Ethics Committee for Non-Interventional Research (CERNI) at Côte d'Azur University.

Certificate endorsed by

Professor Lucile Chanquoy, CERNI Vice-Président

-----  
**The current president of CERNI, Prof. Yves Strickler, certifies the authenticity of the information given in this document.**

**Nice, 08/02/2021**



**Prof. doct. Yves STRICKLER**  
Ethics and scientific integrity referent  
President of CERNI  
yves.strickler@univ-cotedazur.fr

## FORMULAIRE DE SOUMISSION AU CERNI

**Dyslexie développementale et méthodes de remédiation.  
Approches phonologique, visuo-attentionnelle et inter-modalitaire**

Directrice de thèse : Professeure Sylvane Faure

Co-directeur : Dr Bruno De Cara

Doctorante : Karine Harrar Eskinazi



Laboratoire d'Anthropologie et de  
Psychologie Cliniques, Cognitives et Sociales

Nice, le 28 mai 2019

**CERNI-Dossier 2019-7**  
**soumis par Sylvane FAURE**

Le projet de recherche « Dyslexie développementale et méthode de remédiation. Approches phonologique, visuo-attentionnelle et intermodale », proposé par Sylvane FAURE, obtient un avis de conformité aux règles éthiques de la recherche conféré par le CERNI d'Université Côte d'Azur.



Professeur Lucile Chanquoy  
Vice-Présidente du CERNI

**ClinicalTrials.gov Protocol Registration and Results System (PRS) Receipt**

Release Date: September 15, 2020

**ClinicalTrials.gov ID: NCT04028310**

---

**Study Identification**

Unique Protocol ID: 19-HPNCL-02

Brief Title: Developmental Dyslexia and Remediation Methods ( DDMR )

Official Title: Developmental Dyslexia and Remediation Methods. Phonological, Visual-attentional and Cross-modal Approaches, a Multicentric Study.

Secondary IDs:

**Study Status**

Record Verification: February 2020

Overall Status: Recruiting

Study Start: October 25, 2019 [Actual]

Primary Completion: September 2023 [Anticipated]

Study Completion: September 2023 [Anticipated]

**Sponsor/Collaborators**

Sponsor: Fondation Lenval

Responsible Party: Sponsor

Collaborators:

**Oversight**

U.S. FDA-regulated Drug: No

U.S. FDA-regulated Device: No

U.S. FDA IND/IDE: No

Human Subjects Review: Board Status: Approved

Approval Number: 2019/05

Board Name: Comité de protection des personnes Ile de France IV

Board Affiliation: Comité de protection des personnes Ile de France IV

Phone: 01 42 38 92 88

Email: cpp.iledefrance4@orange.fr

Address:

Hôpital Saint-Louis  
Porte 5 du carré Historique  
1 avenue Claude Vellefaux  
75475 Paris Cedex 10

Data Monitoring: No  
FDA Regulated Intervention: No

## Study Description

**Brief Summary:** At least, three theoretical frameworks are currently involved in therapeutic research in developmental dyslexia. Each theoretical framework relies on the type of underlying cognitive processes that is viewed as impaired: 1°) phonological processing, 2°) cross modal integration, 3°) visual attention processing. In this controlled and randomized study, three types of computerized training are combined in a multi-factorial remedial approach in 8 to 12 year old children with dyslexia. The main objective is to compare the effectiveness of this remedial approach which combines phonological, visual-attentional and cross-modal training with conventional non-intensive and non-specific rehabilitation

**Detailed Description:** Developmental dyslexia is defined as a specific and lasting reading learning disorder. This neurodevelopmental disorder has a severe impact on overall academic learning and behavior, compromises professional and social development and affects 10% of school-age children. As a public health problem, its diagnosis and management are still highly controversial, and the lack of scientific consensus leads to great heterogeneity in clinical practices and post-treatment outcomes. Three therapeutic axes guide research for developmental dyslexia. The first axis is based on phonological deficits. According to the phonological representation hypothesis, a specific deficit in the processing of phonological representations that support the identification of sounds is the cause of the reading disorder. The second axis focuses on attention-related cognitive deficits. According to the visuo-attention deficit hypothesis, a lack of the visuo-attention processing can be viewed as one of the explanatory causes of a dysfunction in letter identification and reading procedures. The third axis aims to achieve automatized processing for letter/sound association. According to the axis, a lack of cross-modal integration in word decoding is altered by a lack of simultaneous association between of a visual and an auditory stimulus.

Many studies attempted to exclusively validate selective remediation according to causal hypotheses that are mainly cross-modal, phonological or visuo-attentional. However, the evaluation of these underlying processing in dyslexic children shows great clinical heterogeneity since most of children simultaneously have the three deficits. Furthermore, no study evaluates the benefits of combining these different trainings on reading skills.

In this controlled and randomized study, three types of computerized training are combined in a multi-factorial remedial approach in 8 to 12 year old children with dyslexia. The main objective is to compare the effectiveness of this remedial approach which combines phonological, visual-attentional and cross-modal training with conventional non-intensive and non-specific rehabilitation.

The secondary objectives will be 1°) to compare the effectiveness on reading skills of a phonological training, versus a visuo-attentional training, 2°) to compare the effectiveness on reading skills from in the order of phonological and visuo-attentional training, 3°) to compare the evolution of performance in comprehension and written production at the end of the three training sessions and 4°) to evaluate child and parents' perception for the outcome of the reading disorder at the end of the training sessions using Likert scales, by means of a questionnaire. The analysis of the results will make possible to evaluate a remedial approach to dyslexia in a clinical context and to better understanding and management of written language disorders.

## Conditions

Conditions: Dyslexia, Developmental

Keywords:

## Study Design

Study Type: Interventional

Primary Purpose: Other

Study Phase: N/A

Interventional Study Model: Crossover Assignment

Number of Arms: 2

Masking: Single (Participant)

Allocation: Randomized

Enrollment: 120 [Anticipated]

## Arms and Interventions

Arms	Assigned Interventions
Experimental: Phonological group	Phonological • Phase 1: intervention without targeted daily training (30 minutes/ week, for 8 weeks) • Phase 2: intervention with targeted daily training - Phonological training (15 minutes/ day, 5 days/week, for 8 weeks) - Visuo-attentional training (15 minutes/ day, 5 days/week, for 8 weeks) - Cross-modal training (15 minutes/ day, 5 days/week, for 8 weeks) • Phase 3: stopping training sessions for 8 weeks
Experimental: visual-attention group	Visual-attention • Phase 1: intervention without targeted daily training (30 minutes/ week, for 8 weeks) • Phase 2: intervention with targeted daily training -Visuo-attentional training (15 minutes/ day, 5 days/week, for 8 weeks) - Phonological training (15 minutes/ day, 5 days/week, for 8 weeks) - Cross-modal training (15 minutes/ day, 5 days/week, for 8 weeks) • Phase 3: stopping training sessions for 8 weeks

## Outcome Measures

Primary Outcome Measure:

1. reading skills effectiveness  
measure of reading level (reading age) : accuracy (number of errors) and reading time (in seconds) in raw scores and standard deviation

[Time Frame: 26 weeks to baseline]

Secondary Outcome Measure:

2. reading skills effectiveness 8 weeks  
Measure of reading level : accuracy (error rates) and reading time (in milliseconds) in raw scores and standard deviations



[Time Frame: 8 weeks to baseline]

3. reading skills effectiveness 18 weeks

Measure of reading level : accuracy (error rates) and reading time (in milliseconds) in raw scores and standard deviations

[Time Frame: 18 weeks to baseline]

4. orthographic skills effectiveness

count of orthographic (number of errors) in raw scores and standard deviation

[Time Frame: 26 weeks to baseline]

5. reading comprehension skills effectiveness

measure of reading comprehension level (error rates) in raw scores and standard deviation

[Time Frame: 26 weeks to baseline]

6. perception of the evolution of the reading disorder

measure the perception of the evolution of the reading disorder by Likert scales : Number of items: 13

- Score from 5 to 1
- For example, "I like to read" a lot = 5, a lot = 4, normal" = 3, a little = 2, not at all = 1 Another example "it's easy to read", really very easy = 5, I do well = 4, normal = 3, a little difficult = 4, very difficult = 1
- The maximum value 5 means that reading and learning are perceived very positively
- The minimum value 1 means that reading and learning are perceived very negatively
- Results: An increase in scores measured before and after the three training sessions means an improvement

[Time Frame: 26 weeks to baseline]

## Eligibility

Minimum Age: 8 Years

Maximum Age: 13 Years

Sex: All

Gender Based: No

Accepts Healthy Volunteers: No

Criteria: Inclusion Criteria:

- Age  $\geq$  8 years old and  $\leq$  at 13 years old;
- Diagnosis of dyslexia validated by performances  $\leq$  at -1.5 standard deviations from the mean on leximetric tests.
- Diagnosis of mixed dyslexia validated by performances  $\leq$  at -1.5 standard deviations from the mean for reading irregular words and pseudo-words in the Evalec© test.
- Performance  $\leq$  at -1.5 standard deviations from the mean for phonological (Evalec©) and visual-attentional tasks in the Evadys© and Sigl© tests.
- Home equipped with a connected computer system for daily training.
- Signing of informed consent by the parents
- The child must be affiliated to a social security scheme

Exclusion Criteria:

- Intellectual retardation, neurological disorders, pervasive developmental disorder;
- Primary sensory deficit;
- Educational deficiencies;
- attention deficit hyperactivity disorder, dysphasia;
- Previous daily phonological or visual-attentional training.

## Contacts/Locations

Central Contact Person: HARRAR-ESKINAZI Karine  
Telephone: 06 60 50 89 04 Ext. +33  
Email: karine.eskinazi@wanadoo.fr

Central Contact Backup: Fossoud MD Catherine, MD  
Email: fossoud.c@pediatrie-chulenal-nice.fr

Study Officials: HARRAR-ESKINAZI KARINE  
Study Principal Investigator  
CERTA Fondation Lenval, Children Hospital of Nice CHU-LENVAL

Locations: **France**  
Hôpitaux Pédiatriques de Nice CHU-Lenal  
[Recruiting]  
Nice, France  
Contact: Harrar Eskinazi Karine  
Principal Investigator: Harrar Eskinazi Karine

## IPDSharing

Plan to Share IPD:

## References

Citations:

Links:

Available IPD/Information:

## CERTIFICATE

I, the undersigned, Mr Arnaud Pouillart, Director of the Lenval foundation - Pediatric University Hospitals of Nice (Fondation Lenval - Hôpitaux Pédiatriques de Nice CHU Lenval), 57 avenue de la Californie 06200 Nice France, certify that Karine Harrar Eskinazi obtained funding from the University Children's Hospitals of Nice in 2019 for the study entitled "Developmental dyslexia and methods of remediation (DDMR). Multimodal intervention in French-speaking children from 8 to 13 years old: study protocol for a randomized multicenter controlled crossover trial".

The budget allocated to this project is €1,500.

Nice, February 1<sup>st</sup>, 2021

Le directeur général  
des Hôpitaux Pédiatriques de Nice CHU-Lenval,



Arnaud Pouillart



Mme Karine Harrar Eskinazi

Nice, le 23 janvier 2019

[karine.eskinazi@wanadoo.fr](mailto:karine.eskinazi@wanadoo.fr)

Réf. : RECH/AP/DD/LM/19022

Objet : Demande de promotion interne 2019 – « Dyslexie développementale et méthodes de remédiation : Approches phonologique, visuo-attentionnelle et inter-modalitaire ».

Madame,

J'ai le plaisir de vous informer que votre projet cité en objet, dans le cadre de votre demande de promotion interne, a été retenu par la Commission scientifique de l'ESPIC Hôpitaux pédiatriques de Nice CHU-Lenval.

Le montant du budget que vous avez obtenu s'élève à 1500 euros pour l'assurance, dans le cadre d'une promotion permanente.

Je vous remercie de bien vouloir prendre contact avec le Chef de projet des HPNCL, Dominique Donzeau ([donzeau.d@chu-nice.fr](mailto:donzeau.d@chu-nice.fr)), afin de mettre en place les modalités de mise en œuvre de l'étude.

Je vous adresse mes félicitations et vous prie d'agréer, Madame, l'expression de mes sentiments les meilleurs.

Le directeur général,

Arnaud POUILLART

57, avenue de la Californie - 06200 Nice

Tél : 04.92.03.03.00

Fondation reconnue d'utilité publique par le décret du 08 mai 1893

# Apports des technologies numériques dans l'aide à l'apprentissage de la lecture

par Karine Harrar Eskinazi, Bruno De Cara, Gilles Leloup et Syluane Faure

Depuis quarante ans, l'usage des ordinateurs, des tablettes et des smartphones a progressivement envahi notre quotidien domestique et professionnel, créant ainsi une véritable mutation technologique, sociale et cognitive. Cette mutation a bouleversé le monde de la recherche en psychologie cognitive et en neurosciences et a fourni aux professionnels de l'enseignement et de la santé de très nombreux modèles d'apprentissage et d'expertise. La modélisation cognitive computationnelle a permis ainsi d'identifier un certain nombre de processus qui interviennent simultanément dans l'activité de lecture comme, par exemple, la programmation et l'exécution des fixations et des saccades oculaires ou l'ajustement d'une fenêtre attentionnelle. De même, les processus de production écrite et de compréhension de texte ont été modélisés et la technologie numérique a permis de fournir des images du cerveau dans l'exercice de ces différentes fonctions cognitives. La neuro-imagerie cognitive a ainsi précisé et confirmé le rôle de nombreux processus impliqués dans l'acte de lire. Cette gigantesque mutation technologique a favorisé le développement de programmes et d'outils numériques d'aide à l'apprentissage de la lecture mais aussi d'aide au traitement et à la compensation des troubles d'apprentissage de la lecture. Après avoir rappelé les principales spécificités des dispositifs numériques, nous évoquerons quelques programmes et outils actuellement proposés aux enseignants, aux orthophonistes, aux enfants et aux parents afin d'optimiser l'apprentissage de la lecture, les conduites de remédiation des troubles de la lecture et la compensation de ces troubles.

## I. Principales spécificités de la technologie numérique

Le succès de la technologie numérique dans le monde de l'éducation et de la cognition est dû aux caractéristiques de ces dispositifs qui concourent à optimiser *les quatre piliers de l'apprentissage* selon Dehaene : l'attention, l'engagement actif, le retour d'informations et la consolidation. Le caractère ludique des exercices proposés sur des dispositifs numériques augmente les capacités attentionnelles et la motivation. L'utilisation d'un support informatisé favorise une plus grande autonomie de la personne dans la gestion du temps de travail et des exercices à effectuer et l'engage activement dans un processus d'apprentissage. Le temps de travail effectué et les scores obtenus sont alors directement consultables sur une plateforme informatique par l'enseignant ou le thérapeute qui bénéficient d'un recueil précis et exhaustif des données. Plus généralement, le paramétrage temporel contrôlé et les procédures standardisées mesurent plus finement les performances des enfants. Ces performances sont enregistrées et sauvegardées sans risque d'erreurs, de mauvaise interprétation ou de perte<sup>1</sup>.

« L'effet du numérique sur l'apprentissage repose en immense partie sur la façon dont l'enseignant va l'intégrer dans ses pratiques, le faire vivre, "l'enrober", le doser. Le numérique pour le numérique est une illusion »

J.-L. Berthier, G. Borst, M. Desnos, F. Guilleray, 2018<sup>2</sup>

Le *feed-back* correctif et l'affichage des scores permettent un retour de l'information. La reproductibilité des exercices, la présentation multimodale des stimuli, la constance de la présentation visuelle et de la forme sonore et la progression selon une adaptation au niveau individuel favorisent l'automatisation et la consolidation des apprentissages. Le fait que les enfants puissent travailler à leur propre rythme sans pression temporelle de leurs pairs, de l'enseignant ou de leurs parents et que les outils numériques apportent une aide personnalisée et adaptée à leurs difficultés spécifiques renforcent les intérêts majeurs des dispositifs numériques. Pour les jeunes enfants, les tablettes tactiles favorisent une mobilité et une maniabilité plus importante et offrent une grande facilité d'utilisation grâce à une interface plus intuitive.

Au-delà de la motivation de l'élève, les nombreux intérêts des dispositifs numériques incitent donc les enseignants et les professionnels de la santé à utiliser le support numérique pour développer des activités pédagogiques et des programmes de remédiation.

## II. Apports des techniques numériques dans l'apprentissage de la lecture

La fluence en lecture implique simultanément un codage orthographique, phonologique et sémantique, d'après les modèles connexionnistes. Ainsi, les aides à l'apprentissage de la lecture assisté par ordinateur (Computer Assisted Learning, CAL) proposent à la fois des outils numériques qui répondent à une approche pédagogique modulaire (phonologique, orthographique ou sémantique) et des programmes numériques qui répondent à une approche pédagogique intégrative (à la fois phonologique, orthographique et sémantique). Quelques exemples sont rapidement évoqués mais certains programmes seront développés plus précisément dans les pages suivant ce chapitre.

### 1 Outils numériques et approche modulaire

Ces outils pédagogiques numériques sont conçus pour favoriser le développement de compétences fondamentales pour apprendre à lire comme la conscience phonologique, le décodage phonologique, la fluence, le vocabulaire et la compréhension. Par exemple le logiciel *Métafo*, développé au Canada, permet l'évaluation et l'entraînement des habiletés métaphonologiques, en tenant compte de la complexité des stimuli proposés qui sont uniquement des non-mots. *Autofono*, en cours de développement en France, renforce le traitement syllabique et phonémique. Cependant, l'efficacité d'un entraînement phonologique est accrue si celui-ci est associé à l'apprentissage des règles de correspondances graphophonologiques.

L'automatisation du décodage phonologique (les correspondances graphèmes-phonèmes) qui nécessite un entraînement systématique et explicite, peut être renforcée par les programmes *Graphogame*<sup>3</sup> et *Elan*. Des travaux menés en finnois, en allemand et en anglais démontrent l'efficacité de *Graphogame*<sup>3</sup> chez des jeunes enfants à risques de développer des troubles des apprentissages, scolarisés en première ou deuxième année de primaire. En France, Ziegler et ses collaborateurs ont adapté *Graphogame*<sup>3</sup> alias *GraphoLearn*, permettant ainsi aux enseignants d'expérimenter ce programme auprès d'apprentis lecteurs. Les résultats préliminaires sont positifs<sup>4</sup> et d'autres études sont en cours auprès d'enfants dyslexiques (*cf. infra*, « entraînements audiovisuels »). Le programme *Elan*, développé par Dehaene et ses collaborateurs, également en cours de validation en France, permet de définir pour chaque enfant le choix d'apprendre le nom des lettres avant leur son, de différencier les lettres par les couleurs, d'espacer les lettres ou encore d'augmenter la vitesse de présentation visuelle. Pour chaque correspondance graphème-phonème, la présentation s'effectue sur trois modalités associant l'articulation du phonème, son dessin associé, l'écriture de sa graphie et deux procédures de traitement : l'encodage et le décodage. D'autres programmes ciblent l'automatisation du codage graphosyllabique comme le logiciel *Chassym*<sup>5</sup>. Cet entraînement indique la position d'une syllabe cible dans un mot présenté visuellement. Des expérimentations menées auprès d'enfants faiblement identificateurs en première année de primaire montrent une amélioration des performances en lecture et en écriture au CP et un maintien de ces performances au CE1. D'autres applications développées sur tablettes tactiles comme, *SyllaboCod* et *Recophonos* sont actuellement en cours d'expérimentation.

3 Cf. chap. 7. Apprendre à lire : contrôle, automatisés et auto-apprentissage, Liliane Sprenger-Charolles et Johannes Ziegler.

4 J. Ruiz, J. Lassault, L. Sprenger-Charolles, U. Richardson, H. Lyytinen, J. Ziegler (2016), « GraphoGame : un outil numérique pour enfants en difficultés d'apprentissage de la lecture », *ANAE*, 148, 333-343.

1 B. De Cara, M. Plaza (2010), « Les outils informatisés d'aide à la lecture : un bilan des recherches », *ANAE*, 107, 184-190.

2 J.-L. Berthier, G. Borst, M. Desnos, F. Guilleray, *Les neurosciences cognitives dans la classe*, ESF, 2018.

Les programmes *TACT* et *ROLL*<sup>5</sup> visent à développer des compétences de plus haut niveau de compréhension de textes lus par différents exercices de compréhension littérale et d'inférences de cohésion.

La majorité des méthodes d'apprentissage et des méthodes de remédiation a donc comme objectif de renforcer le décodage phonologique et la compréhension afin d'augmenter la fluence en lecture. Au contraire, d'autres programmes visent plus spécifiquement à augmenter la vitesse de lecture. En référence à l'hypothèse que le déficit de synchronisation entre les unités phonologiques, orthographiques et sémantiques serait dû à une activation permanente des unités phonologiques qui empêcheraient l'activation des unités orthographiques et sémantiques, la fluence en lecture serait favorisée en inhibant le décodage phonologique. Cette hypothèse a été vérifiée par Breznitz à l'aide de deux paradigmes. Le premier, « la lecture accélérée », utilise un programme informatisé RAP qui contrôle la vitesse de défilement d'un texte sur l'écran : le texte s'efface lettre par lettre dès que la lecture débute. Une vitesse individuelle accélérée est calculée pour chaque enfant et correspond à la vitesse la plus élevée obtenue après la lecture de 6 textes en vitesse habituelle.

« La majorité des méthodes d'apprentissage et des méthodes de remédiation a comme objectif de renforcer le décodage phonologique et la compréhension afin d'augmenter la fluence en lecture. »

De nombreuses études ont démontré que le programme RAP améliore non seulement la vitesse mais également la précision et la compréhension de lecture chez des adultes et des enfants avec ou sans difficultés de lecture en anglais, allemand, néerlandais et hébreu. Adaptable à chaque individu et pouvant être utilisée en classe, la « lecture accélérée » semble être facile à administrer à grande échelle. Le deuxième paradigme, le « masquage auditif », consiste à diffuser un distracteur sonore dans un casque (une chanson par exemple) pendant que l'enfant lit, afin d'inhiber un codage phonologique altéré et favoriser une lecture orthographique et contextuelle. Comme attendu et seulement pour les enfants dyslexiques, les compétences en lecture augmentent en condition de masquage auditif et un gain supplémentaire est obtenu en condition de masquage auditif et de lecture accélérée. En France, des études menées auprès d'enfants dyslexiques ont mis en évidence des gains de compétences en lecture (vitesse, précision, compréhension et appétence). Cependant, ces expérimentations ont utilisé le paradigme de « masquage auditif » sans accélération de la lecture<sup>6</sup>.

## 2 Programmes numériques et approche intégrative ou intégrale

Le programme *LALLO*<sup>7</sup> propose une méthode intégrale qui développe l'identification des mots, la compréhension, la production d'écrits et le vocabulaire. Ce programme propose aussi des activités collectives et l'usage de différents supports écrits. L'exposition précoce aux livres électroniques (*e-book*), en tant qu'outils pédagogiques informatisés, contribuerait également à l'acquisition des éléments fondamentaux de la littérature émergente. Une étude menée auprès d'enfants de 5 à 7 ans avec et sans trouble d'apprentissage, montre que les enfants exposés au livre électronique éducatif bénéficient d'une amélioration significativement plus forte de l'alphabétisation émergente (vocabulaire, conscience

phonologique et écriture) que les enfants exposés aux livres imprimés lus par un adulte. La technologie numérique apparaît donc comme une aide efficace à l'automatisation des compétences essentielles à la lecture chez l'apprenti lecteur. Cependant, l'élève sera ensuite confronté à la multitude et à la variabilité infinies de l'information écrite sur le Web. L'hyper-texte omniprésent et les textes non linéaires nécessitent une adaptation à une forme écrite qui évolue sans cesse. Lire pour extraire des informations et les synthétiser devient alors un véritable défi. D'après Rouet<sup>7</sup>, la « lecture sur écran » implique aussi de développer des compétences spécifiques adaptées à la lecture dans cet environnement complexe.

« Une étude menée auprès d'enfants de 5 à 7 ans avec et sans trouble d'apprentissage, démontre que les enfants exposés au livre électronique éducatif bénéficient d'une amélioration significativement plus forte de l'alphabétisation émergente que les enfants exposés aux livres imprimés lus par un adulte. »

Toutefois, si ces différents programmes optimisent l'apprentissage de la lecture et apportent des réponses à la plupart des enfants à risque de trouble d'apprentissage, les enfants dyslexiques y sont moins sensibles. Leur lecture reste peu fluide et nécessite un effort cognitif supérieur à celui fourni par des enfants normo-lecteurs en dépit d'une intelligence normale, de l'absence de pathologie neurologique et psychiatrique avérée, de déficit neuro-sensoriel ou de carence socio-éducative grave. Les programmes d'intervention doivent alors être adaptés aux profils cognitifs de lecture de ces enfants dans une approche plus curative (entraînement pour rétablir une fonction déficitaire) que compensatoire (aide pour compenser une fonction déficitaire).

## III. Apports des techniques numériques dans le traitement curatif des troubles d'apprentissage de la lecture

Les interventions à visée curative pour traiter les troubles spécifiques du langage écrit font de plus en plus appel aux supports numériques et utilisent les nouvelles technologies de l'information et de la communication (TIC). Ces programmes proposent trois modalités d'intervention – audiophonologique, visuo-attentionnelle ou audio-visuelle – liées aux hypothèses explicatives de la dyslexie. Quelques exemples sont cités sans en faire de description exhaustive et une bibliographie complète est disponible sur demande.

### 1 Les entraînements audiophonologiques

L'hypothèse phonologique est l'explication causale de la dyslexie considérée comme la plus robuste par l'ensemble de la communauté scientifique. Selon cette hypothèse, un déficit spécifique du traitement des représentations phonologiques altère l'association graphème-

<sup>5</sup> Cf. « Outils » pour une présentation plus détaillée.

<sup>6</sup> S. Casalis, F.B. Parriaud, E. Cavalli, Y. Chaix, P. Colé, G. Leloup, R. Zoubinetsky, *Les dyslexies*, Elsevier Health Sciences, 2018.

<sup>7</sup> Voir notamment : J.F. Rouet, B. Germain, *Lecture et technologies numériques*, SCEREN / Savoir Livre, 2006.

phonème. Pour Serniciaes et Collet<sup>8</sup>, ce déficit peut être la conséquence d'un déficit perceptif de bas niveau entraînant une sur-discrimination de différences acoustiques liées à la variabilité de production d'un même phonème. Cette perception alphonique perturberait le développement de la conscience phonologique et l'automatisation de la conversion graphophonémique. Un entraînement numérique, *RapDys*<sup>9</sup>, développé récemment en France, propose de modifier un mode de perception alphonique en un mode phonémique (catégorie). Cet outil numérique consiste à entraîner l'enfant à discriminer et/ou identifier des différences acoustiques de plus en plus fines entre deux phonèmes. De récents résultats montrent des effets positifs sur la conscience phonémique et sur la lecture<sup>9</sup>.

« Les interventions à visée curative pour traiter les troubles spécifiques du langage écrit font de plus en plus appel aux supports numériques et utilisent les nouvelles technologies de l'information et de la communication. »

La perturbation spécifique du traitement des représentations phonologiques peut également s'expliquer par un déficit auditif du traitement temporel. Cette hypothèse avance un déficit de perception dans le traitement des stimuli rapides, auditifs ou visuels. Selon Tallal, la parole, composée de stimuli brefs et rapides, serait particulièrement vulnérable au déficit de traitement temporel. Ce déficit réduirait la capacité de l'individu à percevoir avec précision les éléments critiques du flux de parole et perturberait l'établissement d'un code phonologique stable. Certaines études démontrent que des programmes d'intervention informatisés ciblés sur le traitement temporel comme *Fast Forward* ou *Earobics* favorisent une augmentation des performances en lecture et du traitement phonologique. Cependant, ces résultats sont controversés et n'ont pas été confirmés.

## 2 Les entraînements visuo-attentionnels

D'autres déficits cognitifs sous-jacents, comme celui du traitement visuo-attentionnel, sont impliqués dans le dysfonctionnement des procédures de lecture. Le programme *Mæzev*<sup>10</sup> a pour objectif d'augmenter l'empan visuo-attentionnel, défini par le nombre de lettres traitées simultanément lors d'une fixation oculaire. Selon S. Valdois<sup>10</sup>, une réduction de l'empan visuo-attentionnel perturbe l'identification des lettres et donc engendre un trouble de la lecture. Cet entraînement présente brièvement à l'écran une séquence de stimuli comprenant des lettres, des pseudo-lettres, des chiffres, des formes géométriques ou des caractères japonais. Le programme *Switchipido*<sup>11</sup> stimule la bascule et la focalisation de l'attention visuelle sur les modes d'analyse global ou local d'une scène visuelle complexe. Selon N. Bedoin<sup>11</sup>, un déséquilibre de focalisation attentionnelle altère l'encodage des lettres et la stabilisation des représentations orthographiques.

L'hypothèse d'un déficit du déplacement spatial de l'attention, c'est-à-dire du focus attentionnel, a également inspiré certaines conduites remédiatives. Ainsi l'usage intensif de jeux vidéo d'action (*Raymans Raving Rabbids*) peut avoir un effet positif sur la vitesse de lecture,

la mémoire phonologique à court terme, les capacités attentionnelles et réduire l'encombrement visuel chez les enfants dyslexiques italiens mais aussi anglophones.

Le programme d'entraînement visuel nommé DDT (pour *Direction Discrimination Training*) en accord avec l'hypothèse d'une atteinte du système visuel magnocellulaire qui traite préférentiellement les informations de faible fréquence spatiale et de haute fréquence temporelle, augmenterait les capacités de lecture et de traitement phonologique.

Une récente revue systématique confirme l'efficacité d'interventions visuo-attentionnelles informatisées sur la compréhension et la fluidité en lecture. Cette synthèse analyse trois types d'intervention : l'entraînement perceptif visuel, la lecture accélérée et les jeux vidéo d'action. À titre d'exemple, citons les programmes de lecture en vitesse accélérée : *The Library Tower*, *Tachistoscopio* et les interventions associant la lecture rapide et la stimulation visuelle hémisphérique spécifique ou VHSS qui vise à renforcer les capacités inhibitrices des processus d'attention visuo-spatiale.

## 3 Les entraînements audio-visuels

Certaines études ont évalué les effets d'un entraînement audiovisuel en référence à l'hypothèse d'un défaut d'intégration intermodulaire qui affecterait l'association simultanée des lettres (les graphèmes) et des sons (les phonèmes) et par conséquent le décodage des mots. Le programme *Graphogame*<sup>12</sup>, déjà cité supra, application gratuite disponible sur tablettes et smartphones, permet un entraînement à domicile, ce qui en fait un support remédialif très intéressant à condition de l'intégrer dans un programme plus large ciblé sur les déficits cognitifs sous-jacents propres à chaque individu.

D'autres logiciels d'entraînement audiovisuel ont été également conçus et expérimentés en France afin de renforcer le codage graphosyllabique. Par exemple, le logiciel *Play-On* propose des exercices pour discriminer des contrastes phonétiques entre des paires syllabiques minimales (par exemple /ta/ vs /da/) en associant la syllabe entendue au bon pattern orthographique ou en assemblant des syllabes écrites pour former des mots. Les résultats, après un entraînement quotidien, montrent de meilleures compétences en discrimination auditive et en lecture de mots chez des enfants et des adolescents dyslexiques par rapport à un groupe contrôle.

« L'usage intensif de jeux vidéo d'action peut avoir un effet positif sur la vitesse de lecture, la mémoire phonologique à court terme, les capacités attentionnelles et réduire l'encombrement visuel chez les enfants dyslexiques italiens mais aussi anglophones. »

Dans une étude australienne, des supports d'aide à la lecture en anglais comme *Lexia Strategies for Older Students*, *Dingo Bingo by Macro Works* et *LiteracyPlanet* ont été expérimentés auprès d'enfants dyslexiques de 7 à 12 ans. Cette étude confirme la nécessité de traiter simultanément l'association graphème-phonème et la représentation orthographique dans le traitement des troubles de la lecture.

8 G. Collet, C. Colin, W. Serniciaes (2017), Remédiation audio-phonologique de la dyslexie (*RapDys*) : un logiciel visant à modifier la perception alphonique que des sons de la parole en perception phonémique, *ANAE*, 148, 257-263.

9 *Op. cit.*

10 S. Valdois (2018), « Les troubles visuels en contexte dyslexique : existe-t-il des dyslexies d'origine visuelle ? », *Les dyslexies*, 87.

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



## IV. Apports des techniques numériques dans la compensation des troubles d'apprentissage de la lecture

L'ordinateur, devenu à la fois lecteur, interlocuteur et auditeur, est également utilisé pour compenser un trouble de la lecture ou de l'écriture, et optimiser les effets d'une remédiation. Les moyens de suppléance au trouble de la lecture sont très variés et proposent par exemple, le téléchargement d'œuvres audio sur Internet, l'utilisation d'une synthèse vocale selon différents paramètres comme la possibilité de suivre le texte lu par déplacement automatique de curseur, le surlignement des mots au fur et à mesure de la lecture, les fonctions d'épellation ou d'enregistrement et le paramétrage de la voix (vitesse, langue, etc). Des synthèses vocales sont disponibles gratuitement sur les systèmes d'exploitation de Windows® et de MacOS® ou téléchargeables sur Internet. En version payante, par exemple, *DocReader*®, *SpeakBack*®, *WordRead*®, *Natural Reader*®, *ClaroRead*®, et *Sprinl*® réunissent les fonctions essentielles d'un traitement de texte associé à un programme de lecture à haute voix. Pour certaines personnes dyslexiques qui présentent un phénomène d'encombrement perceptif trop important (incapacité à isoler une lettre dans un mot) ou un déficit du groupement visuel (incapacité à isoler un mot sur une ligne de mots), l'utilisation de certaines polices de caractères comme Times Roman, Helvetica, Courier, Arial et Verdana associées à une augmentation de l'espacement inter-lettres, inter-mots et inter-lignes peut aussi contribuer à augmenter la vitesse et la précision en lecture. La programmation des saccades oculaires pendant l'activité de lecture peut aussi être contrôlée en temps réel grâce au dispositif OVP Game qui aide au réajustement du regard pour optimiser le traitement de l'écrit. Ce dispositif s'inspire du paradigme de la fenêtre mobile qui permet de modifier en temps réel ce qui est présenté du texte en fonction de la position de l'œil.

Les moyens de suppléance aux troubles de la production écrite comme la dictée vocale ou le correcteur d'orthographe sont disponibles gratuitement et intégrés dans les systèmes d'exploitation Windows® et de MacOS® ou sur les smartphones. En version payante, citons par exemple *Antidot*® ou *Médialexie*® et *Kurzweil 3000*® qui combinent une dictée vocale et une synthèse vocale. Le prédicteur de mots, comme le logiciel *Skippy*® est aussi un moyen de suppléance qui permet, dès les premières lettres tapées, de proposer une série de mots en lien avec leur fréquence d'utilisation et leur pertinence dans le contexte<sup>12</sup>.

« Pour certaines personnes dyslexiques qui présentent un phénomène d'encombrement perceptif trop important ou un déficit du groupement visuel, l'utilisation de certaines polices de caractères associées à une augmentation de l'espacement inter-lettres, inter-mots et inter-lignes peut aussi contribuer à augmenter la vitesse et la précision en lecture. »

La prescription et le paramétrage de ces outils de remédiation ou d'aide à la lecture exigent une évaluation en pré- et post-test de leur efficacité ou de leur adaptabilité. Les professionnels de la santé doivent prescrire en fonction des compétences écrites, des capacités à reconnaître un mot, des capacités attentionnelles, de la motivation et de la décision de chaque personne concernée. L'intervention à visée curative doit être privilégiée en première intention pour réduire des déficits cognitifs.

### Conclusion

Les besoins éducatifs doivent évidemment s'adapter à l'environnement naturel de l'enfant d'aujourd'hui, caractérisé par des transitions constantes et une exposition simultanée à différents supports. La théorie de la synergie de Neuman, en lien avec la théorie cognitive de l'apprentissage multimédia, postule que les jeunes enfants, et en particulier les enfants à risque de troubles de la lecture, sont plus susceptibles d'améliorer leurs compétences en lecture s'ils apprennent avec un éventail de supports variés - ordinateurs, télévision, radio, magazines, livres - plutôt que sur un seul. Les programmes informatisés d'aide à la lecture s'inscrivent alors parfaitement dans ces concepts théoriques d'apprentissage. Encore faut-il en maîtriser le fonctionnement et les utiliser de manière adaptée car, même s'ils sont très nombreux, ils restent caractérisés par des objectifs spécifiques très différents. Par conséquent, la nécessité d'un fondement théorique solide et d'une validation scientifique s'impose mais ne suffit pas. L'utilisation d'outils numériques doit être complémentaire et adaptée à un enseignement ou à une intervention thérapeutique dont l'efficacité dépend surtout de l'expertise profession-

### Les Essentiels

L'apport des technologies numériques dans l'apprentissage de la lecture et le traitement de la dyslexie développementale est considérable et nécessite par conséquent :

- une connaissance et une maîtrise parfaite des outils numériques
- une adaptation de leur utilisation selon les objectifs et les contextes
- un fondement théorique solide
- une validation scientifique de leur efficacité
- une expertise professionnelle.

<sup>12</sup> Casalis et al. (2018). *Op. cit.*

# Dyslexie Développementale et Méthodes de Remédiation (DDMR) : présentation d'une intervention multimodale illustrée par une étude de cas

Karine HARRAR-ESKINAZI  
Orthophoniste, doctorante  
Université Côte d'Azur, LAPCOS, Nice  
Centre Hospitalier Universitaire, Nice-CHU-Lenval, Nice  
Courriel : [karine.harrar@etu.univ-cotedazur.fr](mailto:karine.harrar@etu.univ-cotedazur.fr)

Bruno DE CARA  
MCU  
Université Côte d'Azur, LAPCOS, Nice  
Courriel : [bruno.de-cara@univ-cotedazur.fr](mailto:bruno.de-cara@univ-cotedazur.fr) : MCU

Gilles LELOUP  
Orthophoniste, PhD  
Université Côte d'Azur, CoBtek, Nice  
Centre Hospitalier Universitaire, Nice-CHU-Lenval, Nice  
Courriel : [gilles.leloup@univ-cotedazur.fr](mailto:gilles.leloup@univ-cotedazur.fr)

Julie NOTHELIER  
Orthophoniste, ingénieure d'étude  
Aix-Marseille Université, CNRS, LPC, ILCB, Marseille  
Courriel : [julie.nothelier@gmail.com](mailto:julie.nothelier@gmail.com)

Hervé CACI  
Pédopsychiatre, PhD  
Centre Hospitalier Universitaire, Nice-CHU-Lenval, Nice  
Courriel : [caci.h@pediatrie-chulenal-nice.fr](mailto:caci.h@pediatrie-chulenal-nice.fr)

Johannes ZIEGLER  
Directeur de recherche  
Aix-Marseille Université, CNRS, LPC, ILCB, Marseille  
Courriel : [johannes.ziegler@univ-amu.fr](mailto:johannes.ziegler@univ-amu.fr)

Sylvane FAURE  
Professeure  
Université Côte d'Azur, LAPCOS, Nice  
Courriel : [sylvane.faure@univ-cotedazur.fr](mailto:sylvane.faure@univ-cotedazur.fr)

**RÉSUMÉ**

Les études scientifiques interventionnelles de remédiation de la dyslexie développementale sont généralement fondées sur des hypothèses causales d'une altération plus ou moins exclusive des traitements phonologique, visuo-attentionnel ou de l'intégration intermodalaire. Or, des études récentes montrent que la cause de la dyslexie développementale est multifactorielle et que la majorité des Lecteurs Dyslexiques (LD) présentent plusieurs déficits cognitifs sous-jacents. L'originalité de cette étude longitudinale multicentrique, randomisée et croisée, est de proposer un protocole de remédiation multimodale (DDMR) composé de trois interventions (phonologique, visuo-attentionnelle et intermodalaire) dans un contexte clinique de soin. Ainsi, les entraînements sont adaptés au profil cognitif et au profil de lecture de chaque LD selon une prescription individuelle de soins fondée sur l'expertise clinique de l'orthophoniste. Cette étude menée auprès de 120 LD (âgés de 8 à 13 ans) se déroule en trois phases : une première phase « contrôle pré-intervention » pendant deux mois, une deuxième phase « intervention avec entraînement intensif » pendant six mois et une troisième phase « contrôle post-intervention » pendant deux mois. La deuxième phase est constituée des trois interventions possibles avec un contre-balancement de l'ordre des deux premières interventions (phonologique et visuo-attentionnelle) entre les deux groupes de participants (n=60 pour chaque groupe). La présentation d'un cas unique illustre le protocole de soin et montre une normalisation de l'âge de lecture qui se maintient après l'arrêt de l'intervention. Les résultats préliminaires de cette étude de groupe sont encourageants dans la perspective de valider une alternative thérapeutique curative fondée sur les preuves dans le traitement des dyslexies développementales.

**MOTS-CLÉS :** dyslexie, intervention multimodale, essai clinique randomisé, expertise clinique, cas unique.

# Developmental Dyslexia and Remediation Methods (DDMR): Presentation of a multimodal intervention illustrated by a case study

## ABSTRACT

Interventional scientific studies of remediation of developmental dyslexia are generally based on causal hypotheses of a more or less exclusive alteration of phonological, visual-attentional or cross-modal integration processing. However, recent studies show that the cause of developmental dyslexia is multifactorial and that the majority of Dyslexic Readers (DR) present several underlying cognitive deficits. The originality of this multicenter, randomized, longitudinal study is to propose a multimodal remediation protocol (DDMR) composed of three interventions (phonological, visual-attentional and cross-modal) in a clinical care setting. Thus, the training sessions are adapted to the cognitive and reading profile of each DR thanks to the clinical expertise of the speech therapist. This study conducted with 120 DRs (aged 8 to 13 years) takes place in three phases: a first “pre-intervention control” phase lasting two months, a second “intervention with intensive training” phase lasting six months and a third “post-intervention control” phase lasting two months. The second phase consists of the three possible interventions, and the order of the first two interventions (phonological and visual-attentional) is counterbalanced between the two groups of participants (n=60 for each group). A single case presentation illustrates the care protocol and shows a normalization of the reading age that is maintained after the intervention is stopped. The preliminary results of this group study are encouraging with the prospect of validating an evidence-based curative therapeutic alternative in the treatment of developmental dyslexia.

**KEYWORDS:** dyslexia, multimodal intervention, randomized clinical trial, clinical expertise, single case.

## ◆ INTRODUCTION

Trois questions fondamentales gravitent autour du concept de dyslexie développementale : Est-ce une maladie ? Et si oui, peut-on la soigner ? Lorsque l'on débute une remédiation, que doit-on dire au patient dyslexique ? « Je vais t'aider ou je vais te soigner ? » Utiliser les modes interventionnels compensatoires ou adaptatifs, comme les étayages visuels ou kinesthésiques d'aide à la lecture et à l'orthographe, donner un correcteur orthographique numérique ou adapter les conditions d'apprentissage, restent des réponses thérapeutiques à court terme, mais ne traitent pas le trouble de la lecture. Les modes interventionnels curatifs traitent préférentiellement la ou les cause(s) du trouble d'identification des mots écrits en intervenant sur les Déficits Cognitifs Sous-Jacents (DCSJ). Cependant, ce type d'intervention soulève de nombreuses questions. À quel modèle théorique se référer ? Quel programme thérapeutique proposer ? À quelle fréquence programmer l'intervention ? Comment mesurer les gains obtenus ? La dyslexie développementale est définie comme un trouble sévère et durable de l'apprentissage de la lecture 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. Après quatre décennies de publications scientifiques, de multiples théories explicatives ont orienté la recherche sur la dyslexie développementale dans un labyrinthe étiologique, sans parvenir à expliquer totalement la variabilité des tableaux sémiologiques cliniques. Cependant, trois principales hypothèses théoriques – l'hypothèse phonologique, l'hypothèse visuelle et l'hypothèse intermodalitaire – ont permis d'identifier trois causes possibles de la dyslexie développementale et plusieurs DCSJ. Des déficits du traitement phonologique des sons, du traitement visuel des lettres et de l'intégration simultanée lettre-son seraient des causes cognitives et neurobiologiques possibles de la difficulté à établir et automatiser des associations graphèmes-phonèmes pour identifier les mots écrits (Serniclaes *et al.*, 2015).

Les déficits de traitement de l'information 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 phonologiques 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 fondamental altère la perception catégorielle des sons de la parole, la persistance d'une perception allophonique des unités subphonémiques peut entraîner un déficit perceptif de catégorisation des phonèmes et par conséquent un déficit de traitement phonologique. Cette hypothèse est étayée par les résultats d'une

étude interventionnelle qui montre des bénéfices sur les compétences en lecture après un entraînement auditif de la perception catégorielle avec le programme informatisé Rapdys© (Collet *et al.*, 2017). Un déficit d'accès aux représentations phonologiques peut aussi altérer l'automatisation des associations graphèmes-phonèmes. Trois types de tâches évaluent cet accès aux représentations phonologiques : des tâches de conscience phonologique comme la segmentation phonémique, des tâches de mémoire à court terme phonologique comme la répétition de pseudomots (Melby-Lervåg *et al.*, 2012) et des tâches de dénomination sérielle rapide comme la dénomination rapide automatisée (DRA) de couleurs (Norton & Wolf, 2012 ; Wolf *et al.*, 2000). 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 sur la vitesse de lecture ont été obtenus après un entraînement de la DRA sans association à un entraînement de lecture (Pecini *et al.*, 2019 ; Vander Stappen & Reybroeck, 2018).

Les déficits de traitement de l'information visuelle chez le lecteur dyslexique (LD) altèrent la capacité d'identifier, de stocker, de récupérer ou de manipuler les graphèmes qui composent le mot. Ces déficits dans la modalité visuelle peuvent aussi s'expliquer de différentes façons, 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 global et local 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 *et al.*, 2017 ; Goldstein-Marcusohn *et al.*, 2020 ; Keïta *et al.*, 2014). Un entraînement intensif avec le programme informatisé Switchipido© (Bedoin, 2017 ; Bedoin & Medina, 2013) montre des effets bénéfiques sur les compétences de focalisation de l'attention visuelle sur les niveaux d'analyse global ou local 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 programme informatisé 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).

La troisième hypothèse causale du déficit de l'association graphème-phonème propose un déficit de traitement intermodalitaire de l'information audiovisuelle,

dans le sens d'un défaut d'intégration simultanée des lettres et des sons en tant qu'objet audiovisuel unique (Blomert, 2011 ; Blomert & Willems, 2010). Le programme d'entraînement informatisé Graphogame© (Richardson & Lyytinen, 2014) a été développé 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). Ce programme permet une présentation audiovisuelle simultanée et répétée de lettres, syllabes, mots et phrases dans une interface ludique avec l'objectif de permettre l'automatisation des associations phonologiques et orthographiques (Lassault *et al.*, 2020). Une récente revue montre ses effets positifs sur les compétences en lecture dans certaines conditions d'apprentissage (McTigue *et al.*, 2020).

Afin d'expliquer la variabilité des tableaux sémiologiques cliniques de la dyslexie développementale, les publications scientifiques s'orientent actuellement vers un concept de « modèle de déficit multifactoriel » (Menghini *et al.*, 2010 ; Pennington, 2006 ; van Bergen *et al.*, 2014) en accord avec une hypothèse causale plurifactorielle (Peters *et al.*, 2019 ; Zoubrinetzky *et al.*, 2014), impliquant plusieurs DCSJ. Cette hypothèse est sous-tendue par le dysfonctionnement d'un vaste circuit de réseaux neuronaux interconnectés (Kershner, 2016). Cette origine multifactorielle de la dyslexie développementale est décrite à un niveau neurobiologique (Paulesu *et al.*, 2014 ; Pennington, 2006), cognitif (Ramus & Ahissar, 2012 ; Ramus & Szenkovits, 2008 ; Ziegler *et al.*, 2008, 2020), comportemental (Haft *et al.*, 2016 ; McArthur *et al.*, 2020) et environnemental (Fluss *et al.*, 2009). Or, dans les classifications actuelles telles que le *Manuel diagnostique et statistique des troubles mentaux* (DSM-5) et la *Classification Internationale des Maladies* (CIM 10), la dyslexie développementale est définie essentiellement comme un trouble cognitif spécifique du langage écrit (Guelfi & Crocq, 2015 ; World Health Organization, 2015). Ces définitions, basées sur les troubles comportementaux de la lecture et de l'orthographe, ne tiennent pas compte des DCSJ pour établir un diagnostic. De plus, les manifestations comportementales pathologiques en lecture et les DCSJ varient pour chaque LD et évoluent différemment avec l'âge et la nature des interventions thérapeutiques. Ainsi, la multimodalité étiologique entraîne également une multimodalité sémiologique s'exprimant dans une variabilité clinique souvent très complexe.

Notre étude, basée sur l'origine multifactorielle de la dyslexie développementale, a pour objectif de développer un protocole de soin adapté à la clinique en associant les trois hypothèses : phonologiques, visuelles et audiovisuelles, afin de tenter de diminuer les troubles de l'apprentissage de la lecture et de l'orthographe. Nous avons, pour cela, respecté cinq critères combinant les exigences théoriques et cliniques : (1) disposer d'outils d'évaluation et d'intervention à la fois validés scientifiquement, disponibles en clinique et expérimentés en français, (2) adopter une pratique clinique soutenue par des entraînements intensifs à domicile, (3)

utiliser des programmes numériques afin d'adapter plus précisément les interventions au profil cognitif et à la progression de chaque LD et favoriser l'autonomie, la motivation et l'attention (De Cara & Plaza, 2010 ; Harrar-Eskinazi *et al.*, 2019), (4) associer systématiquement un entraînement des processus cognitifs sous-jacents avec un entraînement des processus de lecture, (5) concevoir une méthode remédiate multimodale qui tiendrait compte du profil sémiologique de chaque LD selon ses compétences cognitives sous-jacentes phonologiques, visuo-attentionnelles et selon son niveau de lecture et d'orthographe.

Ce protocole de remédiation multimodale de la dyslexie développementale (DDMR) a été mis en œuvre au sein d'une étude longitudinale multicentrique, randomisée et croisée afin d'évaluer son impact sur les compétences en lecture (Harrar-Eskinazi *et al.*, soumis pour publication). Comme l'essai clinique est toujours en cours, les résultats complets de l'étude de groupe ne sont pas disponibles. L'objectif est, ici, de présenter ce protocole de remédiation multimodale (DDMR) aux professionnels de santé et plus particulièrement aux orthophonistes, à travers une étude de cas clinique.

## ◆ MÉTHODE

### Participants

Cent quarante-trois LD, âgés entre 8 ans et 13 ans, ont été inclus dans l'étude par 94 orthophonistes exerçant en libéral dans différentes villes de France. Les critères d'exclusion et d'inclusion des participants répondent aux critères du DSM-5. Les enfants présentant un retard intellectuel, des troubles neurologiques, un trouble envahissant du développement ; un déficit sensoriel primaire ; des carences éducatives ; un trouble déficitaire de l'attention avec ou sans hyperactivité ou un trouble développemental du langage oral en accord avec le modèle « Simple Vue de Lecture » (Gough & Tunmer, 1986) ne sont pas inclus. Le diagnostic d'un trouble spécifique neuro-développemental de la lecture doit être confirmé par des performances (en vitesse ou en précision) inférieures ou égales à -1,5 écart-type par rapport à la moyenne en âge chronologique aux tests leximétriques Alouette-R© (Lefavrais, 1967, 2005) et/ou Evalec Primaire-Collège© (Sprenger-Charolles *et al.*, 2018) ou des performances inférieures ou égales au centile 7 aux tests leximétriques Mouette, Pinguoin ou Eval2M, Evaléo 6-15© (Launay *et al.*, 2018). Les critères d'inclusion impliquent aussi des performances (en vitesse et/ou en précision) inférieures ou égales à -1,5 écart-type par rapport à la moyenne en âge chronologique aux épreuves d'analyse phonémique ou de répétition de pseudomots ou de dénomination rapide automatisée de la Batterie Evalec-Primaire et Collège (Sprenger-Charolles *et al.*, 2018) ; des performances en précision inférieures ou égales à -1,5 écart-type par rapport à la moyenne



en âge chronologique aux épreuves de report global ou de report partiel du test Evadys© (Valdois *et al.*, 2017) ou des performances (en vitesse et/ou en précision) inférieures ou égales à -1,5 écart-type par rapport à la moyenne en âge chronologique aux épreuves de focalisation attentionnelle du test Sigl© (Bedoin & Medina, 2014). Le foyer des parents 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 de ces épreuves d'évaluation initiale est réalisé avec l'orthophoniste qui a inclus l'enfant ou l'adolescent dans l'étude.

### Procédure expérimentale

Cet essai clinique propose donc trois programmes d'intervention : PHONologique (PHO), Visuo-Attentionnelle (VA) et InterModalitaire (IM). Chacun est composé de plusieurs entraînements qui associent systématiquement un entraînement des processus cognitifs sous-jacents et un entraînement des processus d'identification des mots écrits. Pour chaque LD, les modalités des entraînements sont déterminées par l'orthophoniste selon les performances obtenues aux épreuves initiales évaluant les compétences phonologiques et visuo-attentionnelles, ainsi qu'aux épreuves initiales évaluant les compétences en lecture et en orthographe (cf. Figure 1).

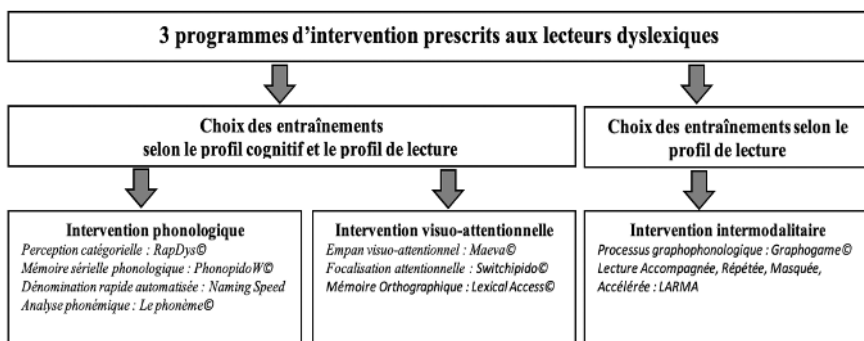


Figure 1. Prescription de soin selon le profil cognitif et le profil de lecture de chaque enfant

Individualisés, systématiques et intensifs, les entraînements sont fondés sur les preuves selon les principes externes (références scientifiques) et internes (expertise de l'orthophoniste et du patient) de l'*Evidence Based Practice* (Sackett *et al.*, 1996). Si la prescription d'un entraînement au sein d'une intervention est individuelle et choisie en fonction du profil cognitif et du profil de lecture, tous les LD reçoivent les trois programmes d'intervention. L'expérimentation se déroule en trois phases sur une période de 16 mois (cf. Figure 2).

Lors de la phase 1 « contrôle pré-intervention », la première évaluation (test 1) est effectuée pour sélectionner et inclure les participants. Un processus de randomisation selon une procédure d'attribution 1/1 répartit les 120 LD en deux groupes, Gr 1 et Gr 2 (n=60 pour chaque groupe). Pendant 8 semaines, tous les LD bénéficient d'une séance hebdomadaire de 30 min avec l'orthophoniste qui a inclus son patient. Aucun entraînement intensif à domicile n'est donné. Selon l'expertise de l'orthophoniste, des activités de lecture et d'orthographe sont effectuées et adaptées aux compétences du LD. À l'issue de la phase 1, le test 2 est effectué.

Lors de la phase 2 « intervention avec entraînement intensif », le LD effectue les trois programmes d'intervention intensive PHO, VA, et IM. Chacun propose différents entraînements effectués 5 jours/semaine, 15 min/jour pendant 8 semaines à domicile, suivis d'une pause de 15 jours sans entraînement. L'ordre des deux premières interventions (PHO et VA) est inversé dans les deux groupes de 60 LD. Le groupe 1 commence par l'intervention PHO et le groupe 2 par l'intervention VA (cf. Figure 2). La séance hebdomadaire avec l'orthophoniste est maintenue, dont une partie est consacrée à vérifier que les instructions d'entraînement à domicile sont bien comprises et appliquées, et l'autre partie à effectuer des activités de lecture et d'orthographe adaptées aux compétences du LD. À la fin de chaque programme d'intervention, l'orthophoniste effectue les tests 3, 4 et 5. De plus, au sein de chaque intervention, l'évaluation est complétée par des Lignes De Base (LDB) spécifiques à chaque entraînement. Ainsi, chaque entraînement est personnalisé selon les performances PHO, VA et le niveau de lecture et d'orthographe relevé lors du test 1 et des LDB.

Lors de la phase 3 « contrôle post-intervention », identique à la phase 1 (une séance hebdomadaire de 30 minutes pendant 8 semaines), le test 6 clôture la procédure expérimentale. Cette dernière phase permet de tester l'objectif principal de cette étude qui est de déterminer si « l'intervention avec entraînement intensif » (phase 2) améliore les compétences en lecture par rapport à la phase 1 « contrôle pré-intervention » et si les gains se maintiennent deux mois après l'arrêt des entraînements intensifs (phase 3, test 6). Les objectifs secondaires sont d'évaluer l'impact : d'une intervention PHO versus une intervention VA sur les compétences en lecture, de l'ordre des entraînements sur les compétences en lecture, d'une intervention multimodale intensive sur les compétences en orthographe et en compréhension écrite, d'une intervention multimodale intensive sur l'appétence à lire et l'estime de soi.

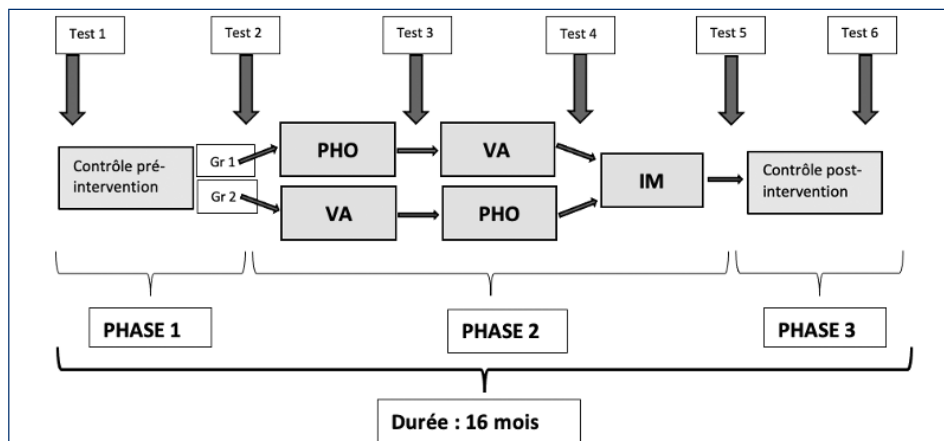


Figure 2. Procédure expérimentale (PHO : intervention PHOnologique ; VA : intervention Visuo-Attentionnelle ; IM : intervention InterModalitaire)

## Évaluation : du test 1 au test 6

L'efficacité en lecture est évaluée par le texte non signifiant *L'Alouette-R*© (Lefavrais, 1967, 2005), « gold standard » des épreuves de leximétrie (Cavalli *et al.*, 2018), par deux tests significatifs *La Mouette* et *Le Pingouin*, (Evaléo 6-15© : Launay *et al.*, 2018), et par un test de lecture de mots en colonnes *Eval2M* (Evaléo 6-15©). Les procédures d'identification sont plus spécifiquement déterminées par des épreuves de lecture de mots réguliers, irréguliers et de pseudomots (*Evalec Primaire-Collège*© : Sprenger-Charolles *et al.*, 2018) 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. Toutes les performances sont relevées en temps et en précision, excepté pour le test d'orthographe dont les performances sont relevées uniquement en précision.

Les épreuves évaluant les processus cognitifs sont informatisées. Les processus phonologiques sont évalués par le logiciel *Evalec Primaire-Collège*© avec 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 (DRA). 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 *Sigl*© (Bedoin & Medina, 2014) qui mesure la capacité à focaliser l'attention sur un mode d'analyse globale ou locale de l'information visuelle.

L'évaluation de la mémoire immédiate et de travail verbale utilise la répétition de chiffres à l'endroit et à rebours (*Evaléo 6-15*©), et celle de la mémoire immédiate et de travail visuo-spatiale une séquence de mouvements de pointage de différents cubes ou *blocs de Corsi*, à l'endroit et à rebours (Fournier & Albaret, 2013). 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, sur l'estime de soi et l'estime de soi scolaire (Fiassa & Nader-Grosbois, 2016). Enfin, si les compétences linguistiques orales n'ont pas été préalablement évaluées, les compétences lexicales – *Dénomination Lexique et Désignation d'images* (*Evaléo 6-15*©) – et la compréhension orale morphosyntaxique – *l'E.CO.S.SE*© (Lecocq, 1998) – sont mesurées. De même, si le LD n'a pas bénéficié d'une évaluation de son efficacité intellectuelle, l'épreuve des *Matrices* non verbale du Wisc-5 (Wechsler, 2014) est effectuée afin de relever un indice de l'intelligence fluide et visuo-spatiale.

Compte tenu de la répétition des mesures leximétriques, relevées du test 1 au test 6, un effet test/retest est attendu (McArthur, 2007). Pour contrôler un éventuel effet retest de L'Alouette-R©, l'épreuve Delta Text (Bedoin, 2017) composée de quatre 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©. L'évaluation de la lecture d'un texte signifiant est contrôlée par la passation alternée des deux textes (la Mouette et le Pingouin) inclus dans la batterie *Evaléo 6-15*©. De même, l'évaluation de l'orthographe est contrôlée par la passation alternée de deux versions de dictées (A et B) incluses dans le test Chronosdictées.

## Évaluation : LDB pré et post-entraînements

Les entraînements effectués au sein de chaque intervention PHO, VA et IM sont prescrits individuellement selon les performances aux épreuves du test 1 et des LDB précédant chaque entraînement. Selon les principes de *L'Evidence Based Practice*, 4 LDB effectuées avant et après chaque entraînement, évaluent les items entraînés, les items non entraînés, la généralisation en lecture ou en orthographe et les items neutres non spécifiques à l'entraînement. Adaptées à chaque déficit et construites en fonction de la zone proximale de développement du LD, ces LDB permettent de mesurer les effets des différents entraînements prescrits au sein de chaque intervention PHO, VA et IM.

## Description des entraînements au sein des interventions PHO, VA, IM

Chacune des trois interventions se compose de plusieurs entraînements. Chaque entraînement associe l'entraînement informatisé d'un processus cognitif PHO, VA ou IM pendant 10 minutes et un entraînement de lecture et/ou d'orthographe pendant 5 minutes. L'entraînement des processus PHO est associé à un entraînement du décodage phonologique en lecture (conversion graphème-

phonème) et en écriture (conversion phonème-graphème). L'entraînement des processus VA est associé à un entraînement du recodage lexical en lecture et de la mémoire orthographique. L'entraînement des processus IM est associé à un entraînement de la fluidité en lecture.

### *Intervention phonologique*

Les processus PHO sont entraînés selon le relevé des performances faites en phase 1 par le test *Evalec Primaire-Collège*© (phonologie) et selon l'évaluation proposée par le logiciel *RapDys*© lors de la passation des LDB pré-entraînement. Quatre processus PHO peuvent être entraînés : la perception catégorielle par le logiciel *RapDys*© (Collet *et al.*, 2017), la mémoire sérielle phonologique par le logiciel *PhonopidoW*© (Medina, 2010), la DRA par le logiciel *Naming Speed*© (Harrar Eskinazi *et al.*, 2020) et l'analyse phonémique par le programme *Le Phonème*© (Lang & Villuendas, 2011). Les logiciels *RapDys*©, *PhonopidoW*© et *Naming Speed*© s'effectuent 5 jours/semaine, 10 min/jour, et sont associés au programme *Le Phonème*© 5 minutes, 5 jours/semaine, 5/min/jour. Ainsi, l'entraînement des compétences phonologiques varie selon la nature et l'intensité des troubles de chaque LD. Par exemple, pour un LD ne présentant pas de déficit de la mémoire sérielle phonologique, 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*© (Collet *et al.*, 2017) permet de catégoriser les phonèmes selon la différence de voisement entre les consonnes /t/ et /d/. Le déficit de la perception catégorielle est lié à une perception des variantes intracatégorielles du même phonème (par exemple à la différence entre deux variantes de /d/), due à une sensibilité accrue aux caractéristiques allophoniques (ou subphonémiques). Cette 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, le logiciel *RapDys*© permet de réduire la distance acoustique entre deux phonèmes autour de la frontière phonémique de voisement et permet ainsi une catégorisation des phonèmes.

L'entraînement de la mémoire sérielle phonologique avec le logiciel *PhonopidoW*© (Medina, 2010) est proposé si le score au subtest de répétition de pseudomots de la batterie *Evalec Primaire-Collège*© indique des performances déficitaires. Les exercices permettent de discriminer un son parmi une séquence de plusieurs sons, de comparer ou de composer des séquences de sons. La proximité phonologique entre les sons et la charge en mémoire phonologique sont paramétrables.

L'entraînement de la DRA est proposé si les performances au subtest *Dénomination sérielle rapide* de la batterie *Evalec Primaire-Collège*© sont dé-

ficitaires. Le programme numérique *Naming Speed*© (Harrar-Eskinazi *et al.*, 2020), inspiré du programme 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 (cf. Figure 3). 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 interstimuli passe de 200 ms à 50 ms.

L'entraînement de l'analyse phonémique se compose de tâches orales de fusion de phonèmes (e.g. d/r/a/g/ɔ̃ : dragon) et de segmentation (i.g. jardin : /j/a/r/d/ɛ̃) avec des listes de mots et/ou de pseudomots (*Le Phonème*© ; (Lang & Villuendas, 2011) qui sont ensuite lus à **voix haute** et écrits manuellement par le participant.

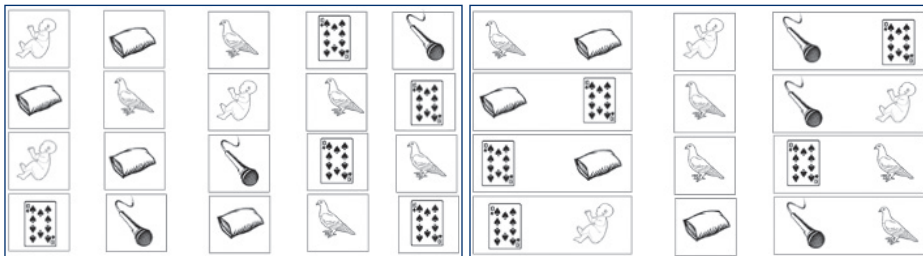


Figure 3. Exemples d'items à dénommer rapidement sur le programme *Naming Speed*©

### Intervention visuo-attentionnelle

Selon le relevé des performances faites en phase 1 par les tests *Evadys*© et *Sigl*©, les compétences VA sont entraînées avec les programmes informatisés *Maeva*© (Lobier, 2008) et *Switchipido*© (Bedoin & Medina, 2013), à une fréquence de 5 jours/semaine, 10 min/jour. Le logiciel *Maeva*© présente brièvement (420 à 120 ms) à l'écran une séquence de deux à sept 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 (i.g. Figure 4). Un algorithme qui prend en compte les réponses de l'enfant, permet d'adapter en temps réel la difficulté de l'exercice. Le logiciel *Switchipido*© 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 (i.g. Figure 5).

Ces deux programmes d'entraînement sont systématiquement associés au programme informatisé de mémoire orthographique *LexicalAccess*© (Lebel *et al.*, 2018), à la fréquence de 5 jours/semaine, 5 min/jour. Ce programme repose sur le principe d'un processus mnésique d'encodage/stockage/récupération et consiste en une lecture « flash » de 10 à 20 mots dont la signification est préalablement contrôlée. 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 par l'orthophoniste et adaptés individuellement en fonction du niveau scolaire, du niveau d'orthographe et des régularités orthographiques. L'entraînement est effectué pendant 5 minutes après les logiciels *Maeva*© et *Switchipido*©.

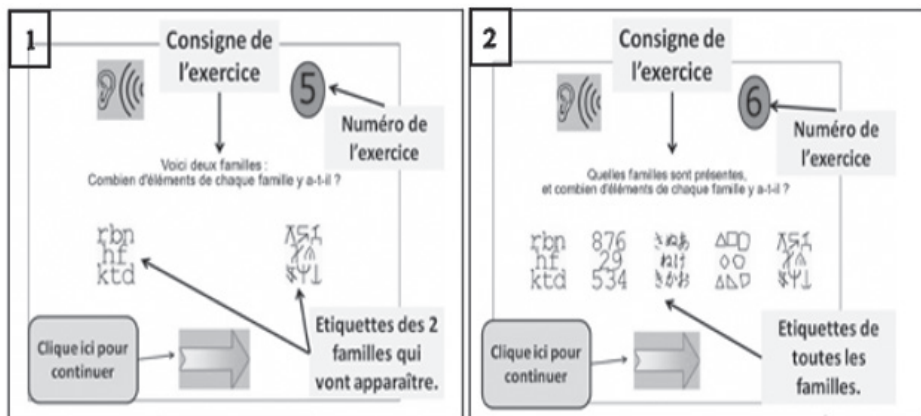


Figure 4. *Maeva*, deux exemples de catégorisation (1) avec deux familles de stimuli (2) avec toutes les familles de stimuli (Zoubirintzky *et al.*, 2019)

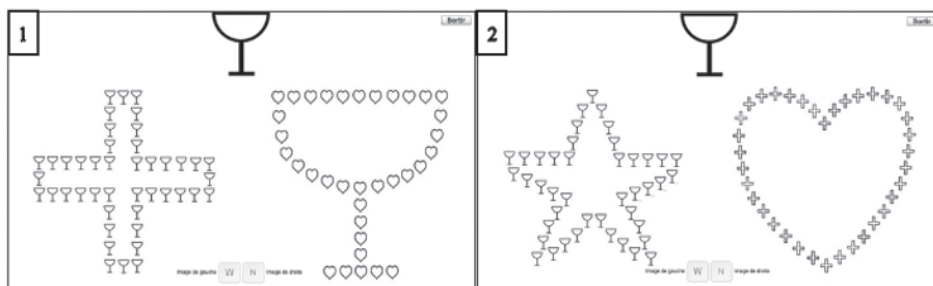


Figure 5. *Switchipido*, (1) focalisation au niveau global : « apparier un stimulus simple avec un des deux dessins hiérarchisés identique au niveau global. » (2) bascule de la focalisation entre le niveau local et le niveau global : « apparier un stimulus simple avec un des deux dessins hiérarchisés identique, soit au niveau local, soit au niveau global. » (Bedoin, 2017)

### *Intervention intermodalitaire*

L'entraînement des processus intermodalitaires (IM) avec le logiciel Graphogame© (Richardson & Lyytinen, 2014) est proposé à tous les LD pendant deux mois (10 min/jour) afin de réduire le déficit spécifique de liaison intermodale (i.e audiovisuel) entre les lettres et les sons, ceci afin de renforcer l'automatisation du couplage entre le code orthographique et le code phonologique. Les entraînements phonologiques et VA décrits précédemment reposent sur une présentation non simultanée, soit auditive, soit visuelle, d'unités linguistiques ou non linguistiques. En revanche, Graphogame© est un entraînement audiovisuel présentant simultanément des stimuli auditifs et des stimuli 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. Le principe est d'associer un stimulus oral avec un stimulus écrit (e.g Figure 6). L'enfant doit recommencer la série d'items jusqu'à ce que le critère de réussite fixé à 85 % soit atteint.

L'entraînement avec *Graphogame*© est associé à un entraînement de la fluence en lecture (5 minutes, 5 jours/semaine) avec le programme *LARMA* (Lecture Accompagnée, Répétée, Masquée, Accélérée). Ce programme vise à améliorer la fluidité de lecture et l'appétence à lire et s'inspire des programmes de lecture accélérée et masquée (Breznitz, 1997) et de lecture répétée et masquée (Leloup *et al.*, 2021). Le LD choisit un livre « papier » adapté à son niveau de lecture pour lire chaque jour un texte à voix haute en suivant 6 étapes. (1) Lecture du texte pendant 2 minutes par le LD. Le parent relève le nombre d'erreurs. (2) Lecture du même texte par le parent, avec une vitesse normale, le LD suit avec un stylo (ou le doigt) le texte lu (traitement audiovisuel). (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, en écoutant une chanson en français de son choix avec un casque audio (masquage auditif). (6) Lecture par le LD le plus vite possible sans masquage auditif. 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. Le jour suivant, un texte différent est lu en suivant les mêmes étapes.



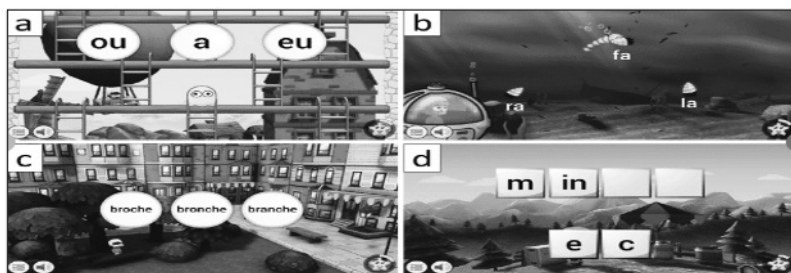


Figure 6. Différents jeux présentés par le logiciel Graphogame© : l'enfant entend et choisit une des options proposées : (a) le phonème /a/, (b) la syllabe /fa/, (c) le mot « broche », (d) L'enfant entend le mot « mince » et doit remettre les lettres dans le bon ordre.

## ◆ RÉSULTATS

Afin d'illustrer ce protocole de remédiation, nous présentons les performances obtenues par une des participantes. Angélique est âgée de 10 ans 2 mois lorsqu'elle effectue le test 1. Scolarisée au CM2, sa plainte concerne des troubles du langage écrit qui se manifestent par des confusions de lettres et de mots en lecture et en orthographe depuis le cours préparatoire et persistent malgré une intervention thérapeutique orthophonique pendant 3 ans. La grossesse, l'accouchement, le développement langagier et moteur se sont déroulés normalement. Les habiletés motrices globales et fines, les habiletés constructives, les compétences linguistiques et les capacités attentionnelles ne sont pas altérées. Aucune difficulté n'a été signalée en maternelle. Les apprentissages scolaires sont ralentis et difficiles. Les consignes écrites ne sont pas comprises à cause d'un déficit d'identification des mots écrits qui augmente également le temps consacré aux devoirs à la maison (2 heures tous les soirs). Les devoirs sur table ne sont pas terminés. Scolarisée dans une école bilingue français/anglais, Angélique parle également italien, langue maternelle de sa maman. Sa langue natale est le français et aucun retard de développement du langage oral en français ou italien n'est signalé. Le bilan neuropsychologique (WPPSI-R), effectué à l'âge de 6 ans, relève un raisonnement fluide (135) et une compréhension verbale (114) supérieurs à la moyenne d'âge, alors que les compétences visuo-spatiales et la vitesse de traitement se situent dans la moyenne. Le bilan orthoptique ne relève pas de déficits. Très calme et réservée, Angélique dispose de qualités relationnelles lui permettant d'entretenir de bonnes interactions sociales avec son entourage. Fille unique, elle vit seule avec sa mère (niveau d'études Bac +5), semble très autonome et fait preuve d'une grande maturité pour son âge. Sa participation aux premières évaluations, son implication et sa motivation permettent de faire un pronostic favorable quant à l'évolution de son trouble de la lecture.

## Phase 1 « contrôle pré-intervention », évaluations tests 1 et 2

Les scores aux tests 1 et 2 de la phase 1 sont résumés dans les Tableaux 1, 2 et 3. Le trouble d'identification du mot écrit est confirmé par un décalage de 25 mois entre l'âge chronologique et l'âge de lecture lors de la lecture à voix haute d'un texte non signifiant (*L'Alouette*) et par un décalage de deux années scolaires (niveau CE2) lors de la lecture d'un texte signifiant (*Mouette au test 1 et Pingouin au test 2*). Une dysorthographe phonétique, lexicale et grammaticale, ainsi qu'une altération des deux procédures de lecture (lecture de mots irréguliers et de pseudomots), plus marquée pour la procédure lexicale, caractérisent également cette dyslexie développementale. Comme attendu, la compréhension orale et écrite, le vocabulaire passif, la mémoire verbale et visuo-spatiale ne sont pas altérés. Un trouble de l'évocation orale est confirmé par des scores pathologiques à la tâche évaluant le lexique en dénomination, probablement en lien avec le bilinguisme et/ou le déficit d'accès aux représentations phonologiques. Les DCSJ phonologiques concernent l'analyse phonologique, l'empan phonologique et la DRA. Les DCSJ visuo-attentionnels concernent l'empan VA en report global et l'interférence issue du global et du local. À l'issue de l'inclusion dans l'étude, Angélique est randomisée dans le groupe 2, donc commence le protocole de soin par l'intervention VA.

**Tableau 1.** Phase 1, tests 1 et 2, scores aux tests de lecture, d'orthographe et aux questionnaires (ET : écart-types, NE : nombre d'erreurs, MCL : mots corrects lus, CTL : (MCL/temps de lecture) x 180)

Tâches et unités de mesure	TEST 1 Scores (ET ou centiles)	TEST 2 Scores (ET ou centiles)
Alouette, NE	24 (-2)	23 (-1,9)
Alouette, MCL	183 (-1,1)	186 (-1)
Alouette, temps en sec	180 (-0,9)	180 (-0,9)
Alouette, score efficacité CTL	183 (-1)	186 (-1)
Age de lecture en mois (niveau scolaire)	97 (Août CE1)	97 (Août CE1)
DeltaText, MCL	172	182
DeltaText temps en sec	180	180
DeltaText, score efficacité CTL	172	182
Mouette/Pingouin, MCL en 2 min	166 (centiles 7 à 20)	157 (centiles < 7)
Eval2M, MCL en 2 min	135 (centiles 21 à 38)	129 (centiles 7 à 20)
Orlec L3, % d'items réussis	55 (-0,6)	69 (+0,2)
Chronodictées A/B, NE	29 (-2)	35 (-5)
Mots réguliers, % d'erreurs	8,33 (-2)	2,78 (-0,3)
Mots réguliers, temps en ms	826 (-0,8)	778 (-0,4)
Mots irréguliers, % d'erreurs	33,33 (-11,3)	33,33 (-11,3)
Mots irréguliers, temps en ms	834 (-0,2)	625 (+0,6)
Pseudomots, % d'erreurs	25,71 (-1,5)	34,29 (-2)
Pseudomots, temps en ms	1062 (-0,4)	977 (0)
Questionnaire enfant score total	42	44
Questionnaire parent score total	40	45

**Tableau 2.** Phase 1, tests 1 et 2, scores aux tests évaluant les processus cognitifs sous-jacents phonologiques et visuo-attentionnels (ET : écart-types, CVC : consonne-voyelle-consonne, CCV : consonne-consonne-voyelle, DRA : dénomination rapide automatisée, EVA : empan visuo-attentionnel, TR : temps de réponse, TE : taux d'erreurs)

Tâches et unités de mesure	TEST 1 Score (ET ou centiles)	TEST 2 Scores (ET ou centiles)
Suppression syllabe, % d'erreurs	20 (-0,9)	30 (-1,7)
Suppression syllabe, temps en sec	33,35 (0)	17,16 (+2)
Suppression phonème CVC, % d'erreurs	25 (-2,3)	0 (+0,4)
Suppression phonème CVC, temps en sec	34,03 (-0,5)	20,15 (+1)
Suppression phonème CCV, % d'erreurs	36,36 (-1)	36,36 (-1)
Suppression phonème CCV, temps en sec	36,60 (0)	54,55 (-1,9)
Empan phonologique	3 (-1,92)	4 (-0,8)
DRA % d'erreurs	1,85 (-2,7)	5,56 (-7,2)
DRA temps en sec	38,72 (-0,5)	35,5 (0)
Seuil de lettre / 150 ms	84 (-2,6)	84 (-2,6)
EVA en report global / 5	3,7 (-1,5)	3,7 (-1,5)
EVA en report partiel / 5	4,6 (+0,5)	4,3 (0)
Interférence issue du local TR en ms	-44,93 (-1,75)	-74,61(-2,37)
Interférence issue du global TR en ms	-27,19 (-0,72)	-22,31 (-1,41)
Asymétrie de l'interférence TR en ms	17,73 (-0,25)	52,30 (+0,15)
Interférence issue du local TE en %	11 (+1,65)	4 (+0,42)
Interférence issue du global TE en %	-1 (-0,8)	3 (-0,29)
Asymétrie de l'interférence TE en %	-12 (-1,76)	-1 (-0,52)
Empan de chiffres endroit	4 (centiles 7 à 20)	4 (centiles 7 à 20)
Empan de chiffres envers	3 (centiles 21 à 38)	4 (centiles 39 à 62)
Empan visuo-spatial endroit	6 (+ 0,7)	6 (+0,7)
Empan visuo-spatial envers	5 (0)	5 (0)

**Tableau 3.** Phase 1, tests 1 et 2, scores aux tests de langage oral et de raisonnement fluide (NE : nombre d'erreurs, IC : items réussis)

Tâches et unités de mesure	TEST 1 Score (centiles ou note standard)
Compréhension syntaxique orale, NE	3 (centile 75)
Vocabulaire désignation, IC/168	157 (centiles 39 à 62)
Vocabulaire dénomination, IC/100	58 (centiles < 7)
Vocabulaire dénomination, temps en sec	374 (centiles < 7)
Matrices, IC/32 (note standard/10)	16 (note standard 9)

## Phase 2, « intervention VA », test 3

L'objectif de la première intervention est de rétablir les DCSJ VA relevés au test 1. Le premier mois, le logiciel *Maeva*© et le deuxième mois, le logiciel *Switchipido*© sont associés à un entraînement de la mémoire orthographique avec le programme *Lexical Access*©. Afin de mesurer l'impact des entraînements, des LDB sont effectuées avant et après chaque intervention (cf. Tableau 4). L'analyse statistique des scores obtenus avant et après l'intervention VA est réalisée par le

calcul du Tau-U corrigé (Parker *et al.*, 2011). Cette méthode d'analyse permet d'évaluer la taille de l'effet en contrôlant la pente de la baseline et de calculer une moyenne pondérée de la taille de l'effet global de l'intervention (Tarlow, 2017). Après 2 mois d'entraînement, les moyennes pondérées des contrastes analysés montrent une taille de l'effet très significative ( $\tau = 0,8$  ;  $p = 10^{-5}$ ) pour les items spécifiques à l'intervention VA (LDB 1, Maeva©, *Switchipido*©), non significative ( $\tau = 0,2$  ;  $p = .4268$ ) pour les items spécifiques non entraînés (LDB 2, empan global de chiffres), non significative ( $\tau = 0,4$  ;  $p = .08$ ) pour les items pour lesquels est attendue une généralisation (LDB 3, lecture de mots irréguliers) et non significative ( $\tau = 0,21$  ;  $p = .3693$ ) pour les items neutres non spécifiques pour lesquels une amélioration n'est pas attendue (LDB 4, fluidité dessin).

Au-delà des lignes de base, nous effectuons le test 3 pour ré-évaluer les compétences en lecture et l'efficacité des processus cognitifs sous-jacents tels qu'ils avaient déjà été évalués aux tests 1 et 2 (cf. Tableau 5). L'intervalle entre les tests 2 et 3 correspond à la phase d'entraînement intensif des processus cognitifs sous-jacents VA et de la mémoire orthographique pendant 2 mois. L'âge de lecture augmente de 25 mois (*L'Alouette*) et cette progression est mise en évidence dans tous les scores d'efficacité en lecture (*DeltaText 3*, *Mouette au test 3*, *Eval2M*). Comme attendu, après l'entraînement VA, les processus cognitifs sous-jacents phonologiques altérés au test 1 et 2 restent altérés au test 3 (DRA, suppression de syllabe et phonème, empan phonologique). Les processus cognitifs sous-jacents VA, altérés aux tests 1 et 2 et ciblés spécifiquement par l'entraînement cognitif, s'améliorent au test 3. L'empan VA se normalise en report global et augmente en report partiel. Le seuil de lettres n'est plus altéré. L'interférence issue du local se normalise en taux d'erreurs, celle issue du global ne s'améliore pas (- 1 ET).

**Tableau 4.** Scores aux lignes de base (LDB) pré et post-entraînement visuo-attentionnel (IC : items corrects, VA : visuo-attentionnel)

PHASE 2 : ENTRAÎNEMENT VISUO-ATTENTIONNEL (durée : 8 semaines)		
Maeva (10 min) + Lexical Access (5 min), 5 j/semaine, durée : 4 semaines	Résultats pré-entraînement	Résultats post-entraînement
LDB1 : Items Maeva, IC sur 10	2	10
LDB2 : Empan VA global chiffres /5 (IC/100)	3,7 (74)	4,2 (84)
LDB3 : Lecture de mots irréguliers, IC/20 (temps en sec)	16 (22,67)	18 (16,60)
LDB4 : Fluidité dessin en 1 minute, IC/35	7	9
Switchipido (10 min) + Lexical Access (5 min), 5 j/semaine, durée : 4 semaines	Résultats pré-entraînement	Résultats post-entraînement
LDB1 : Triplets complexes Switchipido, IC (temps)	6 (17490 ms)	29 (3026 ms)
LDB2 : Empan VA global chiffres /5 (IC/100)	4,2 (84)	4,4 (88)
LDB3 : Lecture de mots irréguliers, IC/ 20 (temps en sec)	18 (16,60)	19 (17,32)
LDB4 : Symboles mathématiques (IC en 1 minute)	4	5

**Tableau 5.** Scores au test 3 après l'entraînement visuo-attentionnel (ET : écart-types, NE : nombre d'erreurs, MCL : mots corrects lus, CTL : (MCL/temps de lecture) x 180), CVC : consonne-voyelle-consonne, CCV : consonne-consonne-voyelle, DRA : dénomination rapide automatisée, EVA : empan visuo-attentionnel, TR : temps de réponse, TE : taux d'erreurs

Tâches et unités de mesure	TEST 1 Scores (ET ou centiles)	TEST 2 Scores (ET ou centiles)	TEST 3 Scores (ET ou centiles)
Alouette, NE	24 (-2)	23 (-1,8)	13 (-0,43)
Alouette, MCL	183 (- 1,1)	186 (-1)	252 (+0,5)
Alouette, temps en sec	180 (-0,9)	180 (-0,9)	150 (+0,3)
Alouette, score efficacité CTL	183 (-1)	186 (-1)	302 (+0,3)
Age de lecture en mois (niveau scolaire)	97 (Août CE1)	97 (Août CE1)	122 (Sept CM2)
DeltaText, MCL	172	182	191
DeltaText, temps en sec	180	180	132
DeltaText, score efficacité CTL	172	182	260
Mouette/pingouin, MCL en 2 min	166 (centiles 7 à 20)	157 (centiles < 7)	213 (centiles 21 à 38)
Eval2M, MCL en 2 min	135 (centiles 21 à 38)	129 (centiles 7 à 20)	166 (centiles 39 à 62)
Suppression syllabe, % d'erreurs	20 (-0,9)	30 (-1,7)	50 (-3,4)
Suppression syllabe, Temps en sec	33,35 (0)	17,16 (+2)	23,46 (+1,3)
Suppression phonème, CVC % d'erreurs	25 (-2,3)	0 (+0,4)	16,67 (-1,2)
Suppression phonème CVC, temps en sec	34,03 (-0,5)	20,15 (+1)	18 (+1,3)
Suppression phonème CCV, % d'erreurs	36,36 (-1)	36,36 (-1)	27,27 (-0,4)
Suppression phonème CCV, temps en sec	36,60 (0)	54,55 (-1,9)	21,43 (+1,4)
Empan phonologique	3 (-2)	4 (-0,8)	3 (-2)
DRA % d'erreurs	1,85 (-2,7)	5,56 (-7,2)	1,85 (-2,1)
DRA temps en sec	38,72 (-0,48)	35,5 (0)	32,72 (+0,4)
Seuil de lettre / 150 ms	84 (-2,6)	84 (-2,6)	50 (-0,5)
EVA en report global / 5	3,7 (-1,5)	3,7 (-1,5)	4,4 (0)
EVA en report partiel / 5	4,6 (+0,5)	4,3 (0)	4,8 (+0,8)
Interférence issue du local TR en ms	-44,93 (-1,75)	-74,61(-2,37)	-31,99 (-1,47)
Interférence issue du global TR en ms	-27,19 (-0,72)	-22,31 (-1,41)	-21,44 (-1,4)
Asymétrie de l'interférence TR en ms	17,73 (-0,25)	52,30 (+0,15)	+10,55 (-0,33)
Interférence issue du local TE en %	11 (+1,65)	4 (+0,42)	-1 (-0,44)
Interférence issue du global TE en %	-1 (-0,8)	3 (-0,29)	3 (-0,29)
Asymétrie de l'interférence TE en %	-12 (-1,76)	-1 (-0,52)	4 (+0,04)

## Phase 2, « intervention PHO », test 4

Après une pause de 15 jours sans entraînement quotidien, l'objectif de la deuxième intervention est d'améliorer les compétences de perception catégorielle, de dénomination rapide et d'analyse phonémique. Le premier mois, la perception catégorielle est entraînée en condition de discrimination avec le logiciel *RapDys*® (10 min) et les compétences d'analyse phonémique par la fusion orale de phonèmes (5 min). Le deuxième mois, les compétences de dénomination rapide sont entraînées avec le programme *Naming Speed*® (10 min) et les compétences d'analyse phonémique par la segmentation de mots en phonèmes (5 min). Afin de mesurer l'effet de ces entraînements, des LDB sont effectuées avant et après chaque intervention (cf. Tableau 6). Après 2 mois d'entraînement, les moyennes pondérées des contrastes analysés montrent une taille de l'effet très significative ( $\tau = 0,8$  ;  $p = 10^{-5}$ ) pour les items spécifiques à l'intervention (LDB 1 et LDB 2) en fusion phonémique ( $\tau = .91$  ;  $p = 10^{-4}$ ) et en segmentation phonémique

( $\tau = 0.95$  ;  $p = 10^{-6}$ ), significative ( $\tau = 0.77$  ;  $p = .0009$ ) pour les items pour lesquels est attendue une généralisation (LDB3, lecture de pseudomots) et non significative ( $\tau = 0.0154$  ;  $p = .9438$ ) pour les items neutres non spécifiques pour lesquels une amélioration n'est pas attendue (LDB 4, calcul mental).

Afin de vérifier si cette évolution n'est pas due à un effet retest et si elle se généralise à la lecture de textes avec et sans signification, nous effectuons le test 4 pour ré-évaluer les compétences en lecture (cf. Tableau 7). L'âge de lecture augmente de 12 mois par rapport au test 3 (*L'Alouette*) et cette progression se retrouve dans tous les scores d'efficacité en lecture (*DeltaText4*, *Pingouin au test 4* et *Eval2M*).

**Tableau 6.** Scores aux lignes de base (LDB) pré et post-entraînement phonologique (IC : items corrects, PM : pseudomots, NE : nombre d'erreurs, DRA : dénomination rapide automatisée)

PHASE 2 : ENTRAÎNEMENT PHONOLOGIQUE (durée : 8 semaines)		
RapDys (10 min) + Fusion (5 min), 5 j/semaine, durée : 4 semaines	Résultats pré-entraînement	Résultats post-entraînement
LDB1 Fusion mots travaillés, IC/10 (temps en sec)	3 (163 sec)	8 (103)
RapDys discrimination %	21	80
LDB2 Fusion mots non travaillés, IC/10 (temps en sec)	0 (102)	8 (108)
Contrepèteries, IC/5 (temps en sec)	3 (61,2)	4 (58,2)
LDB3 Lecture de PM, IC/20 (temps en sec)	16 (22,17)	19 (15,29)
LDB4 Code, temps en sec	22,09	17
Naming Speed (10 min) + Segmentation (5 min), 5 j/semaine, durée : 4 semaines	Résultats pré-entraînement	Résultats post-entraînement
LDB1 Segmentation mots travaillés, IC/10 (temps en sec)	1 (175)	10 (75)
DRA mots travaillés, NE/25 (temps en sec)	1 (28,25)	0 (14,61)
LDB2 Segmentation mots non travaillés, IC/10 (temps en sec)	2 (118)	8 (65)
DRA mots non travaillés, IC/25 (temps en sec)	0 (26,26)	0 (15,45)
LDB3 Lecture de mots en 1min	128	144
Lecture de PM, IC/20 (temps en sec)	16 (22,17)	20 (10,21)
LDB4 Calcul mental, IC en 2 min	5	6

**Tableau 7.** Scores au test 4 après l'entraînement phonologique (ET : écart-types, NE : nombre d'erreurs, MCL : mots corrects lus, CTL : (MCL/temps de lecture) \* 180)

Tâches et unités de mesure	TEST 1 Scores (ET ou centiles)	TEST 2 Scores (ET ou centiles)	TEST 3 Scores (ET ou centiles)	TEST 4 Scores (ET ou centiles)
Alouette, NE	24 (-2)	23 (-1,8)	13 (-0,43)	16 (-0,8)
Alouette, MCL	183 (-1,1)	186 (-1)	252 (+0,5)	249 (+0,4)
Alouette, temps en sec	180 (-0,9)	180 (-0,9)	150 (+0,3)	115 (+1,7)
Alouette, score efficacité CTL	183 (-1)	186 (-1)	302 (+0,3)	389 (+1,3)
Age de lecture en mois (niveau scolaire)	97 (Août CE1)	97 (Août CE1)	122 (Sept CM2)	134 (Sept 6 <sup>ième</sup> )
DeltaText, MCL	172	182	191	192
DeltaText, temps en sec	180	180	132	118
DeltaText, score efficacité CTL	172	182	260	293
Mouette/pingouin, MCL en 2 min	166 (centiles 7 à 20)	157 (centiles < 7)	213 (centiles 21 à 38)	233 (centiles 39 à 62)
Eval2M, MCL en 2 min	135 (centiles 21 à 38)	129 (centiles 7 à 20)	166 (centiles 39 à 62)	172 (centiles 63 à 80)

## Phase 2, « intervention IM »

Après les interventions VA et PHO, l'objectif de la troisième intervention est de renforcer l'automatisation du couplage entre le code orthographique et le code phonologique avec le logiciel *Graphogame*© (10 min) et l'entraînement *LARMA* (5 min). Afin de mesurer l'effet de ces entraînements, des LDB sont effectuées avant et après l'intervention (cf. Tableau 8). Après 2 mois d'entraînement, les moyennes pondérées des contrastes analysés montrent une taille de l'effet modérée significative ( $\tau = 0,47$  ;  $p = .0035$ ) en lecture et en transcription de mots pour les items spécifiques à l'intervention (LDB 1 et LDB 2), modérée significative ( $\tau = 0,55$  ;  $p = .02$ ) pour les items pour lesquels est attendue une généralisation (LDB 3, lecture de mots réguliers) et non significative ( $\tau = 0,2$  ;  $p = .6015$ ) pour les items neutres non spécifiques pour lesquels une amélioration n'est pas attendue (LDB 4, labyrinthe).

Afin de compléter ces résultats, nous effectuons le test 5 pour ré-évaluer toutes les compétences évaluées au test 2. Tous les scores du test 5 sont normalisés (cf. Tableau 9).

**Tableau 8.** Scores aux lignes de base (LDB) pré et post-entraînement intermodalitaire (IC : items corrects, PM : pseudomots, NE : nombre d'erreurs, DRA : dénomination rapide automatisée)

PHASE 2 : ENTRAÎNEMENT INTERMODALITAIRE (durée : 8 semaines)		
Grapholearn (10 min) + LARMA (5 min), 5 j/semaine, durée : 8 semaines	Résultats pré-entraînement	Résultats post-entraînement
LDB1 Lecture de mots travaillés, IC/20 (temps en sec)	17 (14)	20 (10,93)
LDB2 Dictée de mots travaillés, IC/10	5	10
LDB3 Lecture de mots réguliers, IC/20 (temps en sec)	17 (20,79)	18 (14,80)
LDB4 Labyrinthe (temps en sec)	56,47	36,60

**Tableau 9.** Scores du test 5 après l'entraînement intermodalitaire (ET : écart-types, NE : nombre d'erreurs, MCL : mots corrects lus, CTL : (MCL/temps de lecture) x 180), CVC : consonne-voyelle-consonne, CCV : consonne-consonne-voyelle, DRA : dénomination rapide automatisée, EVA : empan visuo-attentionnel, TR : temps de réponse, TE : taux d'erreurs

Tâches et unités de mesure	TEST 1 Scores (ET ou centiles)	TEST 2 Scores (ET ou centiles)	TEST 5 Scores (ET ou centiles)
Alouette, NE	24 (-2)	23 (-1,9)	7 (+0,4)
Alouette, MCL	183 (-1,1)	186 (-1)	258 (+0,7)
Alouette, temps en sec	180 (-0,9)	180 (-0,9)	116 (+1,6)
Alouette, score efficacité CTL	183 (-1)	186 (-1)	400 (+2,3)
Age de lecture en mois (niveau scolaire)	97 (Août CE1)	97 (Août CE1)	142 (Mai 6 <sup>ème</sup> )
DeltaText, MCL	172	182	198
DeltaText, temps en sec	180	180	127
DeltaText, score efficacité CTL	172	182	281
Mouette/Pingouin, MCL en 2 min	166 (centiles 7 à 20)	157 (centiles < 7)	235 (centiles 39 à 62)
Eval2M, MCL en 2 min	135 (centiles 21 à 38)	129 (centiles 7 à 20)	185 (centiles 81 à 93)
Orlec L3, % d'items réussis	55 (-0,6)	69 (+0,2)	89
Chronodictées A/B, NE	29 (-2)	35 (-5)	21 (6 <sup>ème</sup> )
Mots réguliers, % d'erreurs	8,33 (-2)	2,78 (-0,3)	2,78 (-0,3)
Mots réguliers, temps en ms	826 (-0,8)	778 (-0,4)	667 (+0,3)
Mots irréguliers, % d'erreurs	33,33 (-11,3)	33,33 (-11,3)	0 (+0,3)
Mots irréguliers, temps en ms	834 (-0,2)	625 (+0,6)	673 (+0,4)
Pseudomots, % d'erreurs	25,71 (-1,5)	34,29 (-2)	8,57 (+0,6)
Pseudomots, temps en ms	1062 (-0,4)	977 (0)	949 (0)
Questionnaire enfant score total	42	44	49
Questionnaire parent score total	40	45	48
Suppression syllabe, % d'erreurs	36,36 (-1)	36,36 (-1)	20 (-0,9)
Suppression syllabe, Temps en sec	36,60 (0)	54,55 (-1,9)	26,01 (+0,95)
Suppression phonème, CVC, % d'erreurs	3 (-1,92)	4 (-0,8)	0 (+0,4)
Suppression phonème CVC, temps en sec	1,85 (-2,7)	5,56 (-7,2)	22,86 (+0,8)
Suppression phonème CCV, % d'erreurs	38,72 (-0,48)	35,5 (0)	9,09 (+0,3)
Suppression phonème CCV, temps en sec	84 (-2,6)	84 (-2,6)	27,82 (+0,8)
Empan phonologique	3,7 (-1,5)	3,7 (-1,5)	4 (-0,8)
DRA % d'erreurs	1,85 (-2,7)	5,56 (-7,2)	0 (+0,4)
DRA temps en sec	38,72 (-0,48)	35,5 (0)	28,61 (+1)
Seuil de lettre / 150 ms	27,19 (-1)	22,31 (-1)	50 (-0,5)
EVA en report global / 5	-17,73 (-0,8)	-52,30 (-1,3)	4,5 (+0,3)
EVA en report partiel / 5	-11 (-2,8)	-4 (-1,2)	4,7 (+0,5)
Interférence issue du local TR en ms	-44,93 (-1,75)	-74,61 (-2,37)	19,81 (0,39)
Interférence issue du global TR en ms	-27,19 (-0,72)	-22,31 (-1,41)	-16,12 (-1,33)
Asymétrie de l'interférence TR en ms	17,73 (-0,25)	52,30 (+0,15)	-35,93 (-0,88)
Interférence issue du local TE en %	11 (+1,65)	4 (+0,42)	4 (-0,44)
Interférence issue du global TE en %	-1 (-0,8)	3 (-0,29)	-1 (-0,83)
Asymétrie de l'interférence TE en %	-12 (-1,76)	-1 (-0,52)	-5 (-0,97)
Empan de chiffres endroit	4 (2)	4 (2)	5 (3)
Empan de chiffres envers	3 (3)	4 (4)	4 (4)
Empan visuo-spatial endroit	6 (+0,7)	6 (+0,7)	6 (+0,7)
Empan visuo-spatial envers	5 (0)	5 (0)	5 (0)

### Phase 3, arrêt des entraînements

Après 8 semaines sans entraînement, les compétences en lecture sont réévaluées et les scores du test 6 sont présentés et comparés aux résultats obtenus aux tests 1,2,3,4 et 5 (cf. Tableau 10). Les performances à l'épreuve *L'Alouette* sont équivalents à ceux du test 5. Les performances aux épreuves *DeltaText 6*, *Pingouin* au test 6 et *Eval2M* ont augmenté. La Figure 7 présente l'évolution de l'âge de lecture comparativement à l'âge chronologique, et la Figure 8, l'évolu-



tion des scores d'efficacité de toutes les tâches de lecture à voix haute. La durée du protocole, prolongée de 4 mois à cause de l'épidémie du *corona virus*, a été au total de 20 mois au lieu de 16 mois initialement prévus.

**Tableau 10.** Scores du test 6 après la phase 3, sans entraînement intensif (ET : écart-types, C. : centiles, NE : nombre d'erreurs, MCL : mots corrects lus, CTL : (MCL/temps de lecture) x 180)

Tâches et unités de mesure	TEST 1 Scores (ET, c.)	TEST 2 Scores (ET, c.)	TEST 3 Scores (ET, c.)	TEST 4 Scores (ET, c.)	TEST 5 Scores (ET, c.)	TEST 6 Scores (ET, c.)
Alouette, NE	24 (-2)	23 (-1,9)	13 (-0,43)	16 (-0,8)	7 (+0,4)	7 (+0,4)
Alouette, MCL	183 (- 1,1)	186 (-1)	252 (+0,5)	249 (+0,4)	258 (+0,7)	258 (+0,7)
Alouette, temps en sec	180 (- 0,9)	180 (-0,9)	150 (+0,3)	115 (+1,7)	116 (+1,6)	119 (+1,5)
Alouette, score efficacité CTL	183 (-1)	186 (-1)	302 (+0,3)	389 (+1,3)	400 (+2,3)	390 (+2,2)
Age de lecture en mois	97	97	122	134	142	142
Niveau scolaire	Août CE1	Août CE1	Sept CM2	Sept 6 <sup>ème</sup>	Mai 6 <sup>ème</sup>	Mai 6 <sup>ème</sup>
DeltaText, MCL	172	182	191	192	198	199
DeltaText, temps en sec	180	180	132	118	127	123
DeltaText, score efficacité CTL	172	182	260	293	281	291
Mouette/pingouin, MCL en 2 min	166 (c. 7 à 20)	157 (c. < 7)	213 (c. 21 à 38)	233 (c. 39 à 62)	235 (c. 39 à 62)	241 (c. 39 à 62)
Eval2M, MCL en 2 min	135 (c. 21 à 38)	129 (c. 7 à 20)	166 (c. 39 à 62)	172 (c. 63 à 80)	185 (c. 81 à 93)	204 (c. > 93)

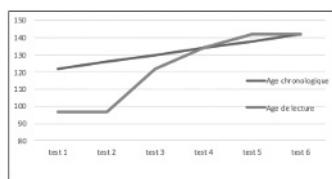


Figure 7. Evolution de l'âge de lecture (L'Alouette) et de l'âge chronologique du tes 1 au test 6.

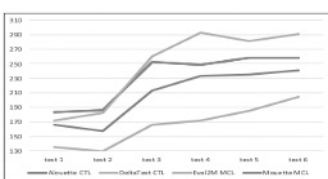


Figure 8. Evolution des scores d'efficacité en lecture (L'Alouette, DeltaText, Eval2M et Mouette/Pingouin) du test 1 au test 6.

## ◆ DISCUSSION

Cette étude de cas – Angélique, 10 ans, LD – illustre le *design* expérimental du protocole DDMR fondé sur une intervention multimodale intensive pour traiter les déficits cognitifs sous-jacents causaux d'un trouble développemental de la lecture. L'objectif principal de cet essai clinique randomisé est d'évaluer l'impact du protocole DDMR sur les compétences en lecture et le maintien des gains après 2 mois d'arrêt. La durée totale a été prolongée de 4 mois à cause de l'épidémie du *corona virus* et des absences liées aux vacances scolaires ou aux maladies. L'analyse des résultats montre une normalisation des compétences en lecture et en orthographe en âge chronologique, 20 mois après son inclusion dans ce protocole expérimental. Les processus cognitifs sous-jacents phonologiques et VA altérés initialement (analyse phonologique, DRA, empan VA et focalisation attentionnelle local/global) sont normalisés. Seule l'interférence issue du local

est encore altérée et traduit un déficit d'inhibition des détails (les lettres) dans le traitement global (le mot). La confiance et l'estime de soi, l'appétence à lire et les résultats scolaires s'améliorent également à la fin du protocole de remédiation.

Nous ne pouvons pas encore publier les résultats de l'étude de groupe car tous les LD inclus n'ont pas terminé l'expérimentation. Toutefois, nous constatons que le gain total en âge de lecture (45 mois) obtenu par Angélique, est supérieur au gain total moyen de 34 mois en âge de lecture obtenu par 20 LD qui ont terminé l'expérimentation. De plus, si nous comparons l'âge de lecture d'Angélique à son âge chronologique, nous ne constatons plus de décalage. Les comparaisons entre les LDB pré- et post-entraînement montrent (1) un effet sur les items spécifiques à l'entraînement (LDB 1 et 2), (2) un effet sur la généralisation aux compétences de lecture et d'orthographe (LDB 3), excepté pour les mots irréguliers après l'intervention VA, (3) et comme attendu, aucun effet sur les items non spécifiques à l'entraînement (LDB 4). Un entraînement des compétences visuo-attentionnelles sur une durée plus longue aurait sans doute permis de réduire l'interférence issue du local, afin de favoriser l'inhibition des détails (les lettres) pour accéder au traitement global de l'information (le mot) et améliorer la lecture globale des mots. De façon générale, les résultats obtenus aux différentes LDB confirment la spécificité de chaque intervention et les gains obtenus aux tests 3, 4 et 5.

Ces résultats peuvent s'expliquer par deux facteurs de protection : l'efficacité de l'intelligence fluide très supérieure à la moyenne (évaluée à l'âge de 6 ans), bien que l'épreuve des Matrices ne reflète pas cette efficacité de l'intelligence (note standard de 9), et le niveau éducatif de la mère. En effet, la normalisation des compétences de lecture, d'orthographe et des processus cognitifs phonologiques et visuo-attentionnels pourraient s'expliquer par l'investissement très important de la mère et de l'enfant pour effectuer les entraînements tout au long de l'expérimentation. Dans cette étude, les principes d'éducation thérapeutique et de décision partagée sont mis en œuvre pour promouvoir la participation des enfants et des parents qui reçoivent toutes les informations nécessaires à la compréhension de la dyslexie développementale et du protocole de soin qui leur est proposé. Ces informations sont présentées et répétées pendant toute la durée de l'étude sur différents supports (diaporama, films, fiches d'informations). Les enfants et leurs parents sont formés pour utiliser de façon autonome les logiciels d'entraînement. Les résultats obtenus aux différents temps de l'étude sont communiqués et expliqués aux parents et aux enfants. Angélique et sa maman ont toujours posé des questions très pertinentes sur l'essai clinique et ont géré les contraintes liées au matériel sans jamais montrer de signes d'impatience, de lassitude ou d'insatisfaction malgré les dysfonctionnements informatiques, les entraînements et les évaluations, tous très longs et répétitifs. Leur attitude très positive s'est traduite par une grande reconnaissance envers l'orthophoniste et un grand intérêt pour l'étude en cours. La réaction positive de l'enseignant, étonné par la progression

en lecture et en orthographe et par une amélioration des résultats scolaires, a également joué un rôle dans la motivation de la mère et de l'enfant. Ces constatations confirment l'absolue nécessité d'entraînements ciblés et intensifs mis en œuvre dans une décision de soin partagée avec le patient et ses parents, en partenariat avec les enseignants et sont en accord avec le consensus récent sur le parcours de soin des troubles du langage écrit (HAS, 2017).

Cette méthodologie de soin répond à la fois à des preuves scientifiques externes fondées sur l'hypothèse causale multimodale de la dyslexie développementale (Menghini *et al.*, 2010 ; Pennington, 2006) et à des preuves cliniques internes fondées sur l'expertise du clinicien, tout en respectant le niveau de compétences de chaque lecteur dyslexique. Ainsi, les modalités du protocole de soin DDMR (objectifs, fréquence et durée de l'intervention) ont été définies selon les conclusions de méta-analyses sur l'efficacité des interventions (Ehri *et al.*, 2001 ; Galuschka *et al.*, 2014), les principes généraux de la rééducation cognitive (Peyroux & Seguin, 2018) et les principes de généralisation et d'efficacité d'une intervention (Tressoldi *et al.*, 2012) dans le contexte de remédiation des troubles de la lecture. Particulièrement, il nous paraît important de souligner la nécessité de l'intensité des entraînements (5 jours par semaine et 15 min par jour) poursuivis à domicile et de l'association systématique d'un entraînement des processus cognitifs sous-jacents avec un entraînement des processus de lecture. De plus, les compétences sont évaluées avec des mesures répétées sur des temps définis par rapport à des critères de généralisation à d'autres compétences au-delà de celles ciblées par l'intervention et par le maintien des gains une fois que l'intervention a cessé.

Selon les principes fondamentaux de la recherche, le design expérimental de ce protocole DDMR peut comporter certaines limites. La première limite que l'on peut évoquer concerne la question de l'impact de possibles effets retests. En effet, une augmentation très conséquente de 45 mois de l'âge de lecture est obtenue entre le test 1 (AL=8 ans 1 mois) et le test 6 (AL= 11 ans 10 mois). Or, la répétition d'un test tous les 3 mois, peut entraîner un effet retest et par conséquent biaiser l'interprétation des résultats. Cependant, ce gain semble ici réellement lié aux entraînements pour plusieurs raisons. Tout d'abord, l'âge de lecture (8 ans 1 mois) est resté identique pendant la phase contrôle entre le test 1 et 2 alors que le gain dû à l'effet retest est généralement plus important à la deuxième passation qu'à la troisième passation à un intervalle de temps de trois mois (Scharfen *et al.*, 2018). De plus, une étude montre que le gain dû à l'effet retest se stabilise après trois mois (Bartels *et al.*, 2010). Ensuite, le gain d'efficacité obtenu à la lecture de textes non significatifs, DeltaText 3 et 4, est également très supérieur au gain d'efficacité obtenu à la lecture des DeltaText 1 et 2, alors que l'effet retest est contrôlé par la présentation de 4 textes différents. Aussi, nous notons que les gains obtenus en lecture de textes non significatifs sont équivalents aux gains

obtenus en lecture de textes signifiants. Et il faut souligner que la présentation de deux textes différents (Mouette aux tests 1, 3, 5 / Pingouin aux tests 2, 4, 6) tous les 4 mois, diminue également le risque de l'effet retest. Enfin, une normalisation des procédures de lecture de mots réguliers, irréguliers et pseudomots, réévaluées à la fin de l'intervention, confirme les résultats obtenus pour la lecture de textes.

La seconde limite concerne la question du groupe contrôle. En effet, la comparaison avec un groupe témoin de LD recevant un entraînement non spécifique (i.e en mathématiques) est normalement nécessaire pour contrôler la spécificité des effets des entraînements. De plus, un groupe témoin de LD sans entraînement est également nécessaire pour contrôler les possibles effets Hawthorne. Cependant, 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 « intersujets » peuvent être supérieurs ou inférieurs aux gains d'un groupe témoin avec un contrôle « intrasujet » et conduire à une surestimation ou à une sous-estimation de la taille de l'effet (McArthur *et al.*, 2015). Par conséquent, nous avons choisi de comparer la pente des gains de la phase 3 (2 mois après l'intervention intensive) à la pente des gains de la phase 1 (2 mois sans intervention intensive). Autrement dit, nous avons fait le choix d'un contrôle « intrasujet » pour évaluer les gains non liés au traitement, tout en respectant les exigences éthiques et scientifiques dans un contexte de faisabilité clinique.

En conclusion, l'originalité de ce protocole expérimental DDMR est de proposer des entraînements intensifs adaptés au profil cognitif et au profil de lecture de chaque lecteur dyslexique. Nous avons ainsi répondu aux exigences scientifiques par le *design* expérimental de l'essai clinique randomisé et aux exigences cliniques par la prescription individuelle de soin fondée sur l'expertise des orthophonistes. Nous espérons que cette approche interventionnelle multimodale curative permettra d'améliorer l'efficacité des remédiations des troubles de la lecture, mais aussi de limiter les prises en charge longues et coûteuses, reflet d'une réalité clinique actuelle. Les analyses statistiques de l'étude de groupe permettront de vérifier si l'effet est généralisable sur un grand échantillon, avec des praticiens différents, à des âges différents et dans des contextes différents, pour une conception et un dosage de l'intervention définis en termes de méthodologie et d'intensité. Ce travail de recherche s'inscrit dans une démarche de prévention et de soin en santé publique, chez l'enfant et l'adolescent présentant un trouble spécifique du langage écrit.

Abréviations : DDMR (Dyslexie Développementale et Méthode de Remédiation), LD (Lecteur Dyslexique), DCSJ (Déficit Cognitif Sous-Jacent), DRA (Dénomination Rapide Automatisée), VA (Visuo-Attentionnel), IM (InterModalitaire), PHO (PHOnologique), LDB (Ligne De Base).

### *Financements approbations éthiques et remerciements*

L'Association Nationale de la Recherche et de la Technologie (ANRT), le Laboratoire d'Anthropologie et de Psychologie clinique, COgnitives et Sociale (LAPCOS) et la société GNOSIA financent ce projet par le biais d'une Convention Industrielle de Formation par la REcherche (CIFRE n° 2018/1089). Le laboratoire LPC à Aix-Marseille Université et les Hôpitaux Pédiatriques de Nice CHU-Lenval financent également cette étude. Une approbation éthique a été validée par le Comité de protection des personnes et par le 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 (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 le 18 juillet 2019, sous la référence NCT4028310. Le protocole d'étude a été soumis à publication dans la revue BMCpediatrics le 13 février 2021 (Harrar-Eskinazi *et al.*, soumis pour publication). Les auteurs ne déclarent aucun conflit d'intérêt.

Nous remercions Angélique et sa maman qui nous ont autorisés à publier ces résultats. 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 Colliat-Dangus, Emilie Coudougnan, Sabrina Courant, Gaëlle Darrot, Agnès De Buttet, Charlotte Desmons, Nathalie De Vauchier, Louise Duloquin, Martine Etard, Camille Fajon, Charlotte Forst, Lola François, Mélanie Gely, Marie Laure Grand, Sylvie Hammerli-Peter, Fanny Hocquet, Laurence Jacquin, Christine Kalck, Carole Lacuentra, Marine Ladoul, Ludivine Lebel, Marion Le Bozec, Mélissa Lecoq, Nathalie Lesaint, Joan Le Scornec, Nadine Lions, Agnes Lonnelafoy, Stéphanie Lorenzati, Juliette Mangin, Alice Motte, Isabelle Muller, Stéphanie Nadaud, Stéphanie Nazaryan, Elisabeth Nettersheim, Odile Nguyen, Julie Nothelier, Clara Pastor, Jennifer Pignon, Manon Py, Charlotte Pycke, Claire Saint Gaudin, Catherine Scheubel-Clerjaut, Odile Tromelin, Ludivine Verlot-Mory, Marine Versio.

Nous remercions le Dr Hervé Caci, MD PhD (DRCI des Hôpitaux Pédiatriques de Nice-CHU-Lenval), le Dr Dominique Donzeau, attachée de recherche clinique et Julie Nothelier, ingénieure d'étude pour leur aide et leurs précieux conseils dans la mise en place et le bon déroulement logistique de cet essai clinique. Nous remercions Edgard Alavoine, Franck Medina et Lionel Vincelas 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.

◆ RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- 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. (2017). Rééquilibrer les analyses visuo-attentionnelles globales et locales pour améliorer la lecture chez des enfants dyslexiques de surface. *ANAE*, *29*(148), 276–294.
- 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.
- 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., OPDEBEECK, H. P., VANDERMOSTEN, M., SCOTT, S. K., GILBERT, 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). À 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.
- 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>
- 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., & 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 Apprentissages 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., 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).
- FLUSS, J., BERTRAND, D., ZIEGLER, J., & BILLARD, C. (2009). *Troubles d'apprentissage de la lecture: Rôle des facteurs cognitifs, comportementaux et socio-économiques*.
- 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., 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>

- 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>
- 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>
- GOUGH, P. B., & TUNMER, W. E. (1986). Decoding, Reading, and Reading Disability. *Remedial and Special Education*, 7(1), 6–10. <https://doi.org/10.1177/074193258600700104>
- GUELFİ, J., & CROCQ, M. (2015). *DSM-5: Manuel diagnostique et statistique des troubles mentaux (5e éd.)(version internationale)(Washington, DC, 2013). Traduction française par JD Guelfi et al. A. Crocq et al., (Elsevier Masson).*
- HAFT, S. L., MYERS, C. A., & HOEFT, F. (2016). Socio-emotional and cognitive resilience in children with reading disabilities. *Current Opinion in Behavioral Sciences*, 10, 133–141. <https://doi.org/10.1016/j.cobeha.2016.06.005>
- 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](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, pp. 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. *Article Submitted for Publication*.
- HARRAR ESKINAZI, K., NOTHELIER, J., & VERSIO, M. (2020). *Naming Speed*.
- HAS. (2017). *Améliorer le parcours de santé d'un enfant avec troubles spécifiques du langage et des apprentissages ?* Haute Autorité de Santé. [https://www.has-sante.fr/jcms/c\\_2822893/fr/comment-ameliorer-le-parcours-de-sante-d-un-enfant-avec-troubles-specifiques-du-langage-et-des-apprentissages](https://www.has-sante.fr/jcms/c_2822893/fr/comment-ameliorer-le-parcours-de-sante-d-un-enfant-avec-troubles-specifiques-du-langage-et-des-apprentissages)
- KEÏTA, L., BEDOIN, N., BURACK, J. A., & LEPORÉ, 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>
- KERSHNER, J. R. (2016). Network dynamics in dyslexia: Review and implications for remediation. *Research in Developmental Disabilities*, 59, 24–34. <https://doi.org/10.1016/j.ridd.2016.07.014>
- 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](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., & 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. (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>
- LEBEL, L., GAMOT, L., & LELOUP, G. (2018). *Protocole expérimental d'entraînement du lexique orthographique chez des enfants tout-venant scolarisés en CE2*. Université de Lille 2.
- 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.
- 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>
- 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.
- 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. (2015). 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. M., FILARDI, N., FRANCIS, D. A., BOYES, M. E., & BADCOCK, N. A. (2020). Self-concept in poor readers: A systematic review and meta-analysis. *PeerJ*, 8, e8772. <https://doi.org/10.7717/peerj.8772>

- 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>
- 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>
- 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>
- PARKER, R. I., VANNEST, K. J., DAVIS, J. L., & SAUBER, S. B. (2011). Combining Nonoverlap and Trend for Single-Case Research: Tau-U. *Behavior Therapy*, 42(2), 284–299. <https://doi.org/10.1016/j.beth.2010.08.006>
- PAULESU, E., DANELLI, L., & BERLINGERI, M. (2014). Reading the dyslexic brain: Multiple dysfunctional routes revealed by a new meta-analysis of PET and fMRI activation studies. *Frontiers in Human Neuroscience*, 20.
- 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>
- PETERS, J. L., DE LOSA, L., BAVIN, E. L., & CREWETHER, S. G. (2019). Efficacy of dynamic visuo-attentional interventions for reading in dyslexic and neurotypical children: A systematic review. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 100, 58–76. <https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2019.02.015>
- PEYROUX, E., & SEGUIN, C. (2018). Critères cliniques et objectifs rééducatifs. In *Rééducation cognitive chez l'enfant* (Deboeck supérieur, pp. 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., & AHISSAR, M. (2012). Developmental dyslexia: The difficulties of interpreting poor performance, and the importance of normal performance. *Cognitive Neuropsychology*, 29(1–2), 104–122. <https://doi.org/10.1080/02643294.2012.677420>
- 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>
- 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.
- 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>
- 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>
- SPRENGER-CHAROLLES, L., COLÉ, P., PIQUARD-KIPFFER, A., POURCIN, L., & LELOUP, G. (2018). *EVALEC: computerized diagnostic assessment battery for specific reading learning disabilities*. Happyneuron.
- STEIN, J. (2019). The current status of the magnocelellular theory of developmental dyslexia. *Neuropsychologia*, 130, 66–77. <https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2018.03.022>
- TARLOW, K. R. (2017). An Improved Rank Correlation Effect Size Statistic for Single-Case Designs: Baseline Corrected Tau. *Behavior Modification*, 41(4), 427–467. <https://doi.org/10.1177/0145445516676750>

- TRESSOLDI, P. E., BREMBATI, F., DONINI, R., IOZZINO, R., & VIO, C. (2012). Treatment of Dyslexia in a Regular Orthography: Efficacy and Efficiency (Cost-Effectiveness) Comparison Between Home vs Clinic-Based Treatments. *Europe's Journal of Psychology*, 8(3), 375–390. <https://doi.org/10.5964/ejop.v8i3.442>
- 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>
- VAN BERGEN, E., VAN DER LEIJ, A., & DE JONG, P. F. (2014). The intergenerational multiple deficit model and the case of dyslexia. *Frontiers in Human Neuroscience*, 8. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2014.00346>
- 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>
- 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>
- WECHSLER, D. (2014). *Echelle d'intelligence de Wechsler pour enfants: Wisc V*. ECPA, les Editions du centre de psychologie appliquée.
- 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>
- WORLD HEALTH ORGANIZATION. (2015). *International Classification of Diseases* (10th edition).
- 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., CASTEL, C., PECH-GEORGEL, C., GEORGE, F., ALARIO, F. X., & PERRY, C. (2008). *Developmental dyslexia and the dual route model of reading: Simulating individual differences and subtypes*. 28.
- 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*, 096372142091587. <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., 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>

**Karine HARRAR ESKINAZI**

Orthophoniste, Doctorante en Neuropsychologie  
Université Côte d'Azur, LAPCOS, Nice  
[karine.harrar@etu.univ-cotedazur.fr](mailto: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](mailto:bruno.de-cara@univ-cotedazur.fr)

**Gilles LELOUP**

Orthophoniste, Docteur en Sciences du Langage  
Université Côte d'Azur, CoBtek, Nice  
[gileloup@gmail.com](mailto:gileloup@gmail.com)

**Ambre DENIS-NOËL**

Ingénieure de recherche  
Université Côte d'Azur, MSHS Sud-Est, Nice  
[ambre.denis-noel@univ-cotedazur.fr](mailto:ambre.denis-noel@univ-cotedazur.fr)

**Élise LEFÈVRE**

Doctorante en Psychologie Cognitive  
Université Lumière Lyon 2, Laboratoire EMC, Lyon  
[elise.lefevre@univ-lyon2.fr](mailto:elise.lefevre@univ-lyon2.fr)

**Julie NOTHELIER**

Orthophoniste, Ingénieure d'Étude  
Aix-Marseille Université, CNRS, LPC, Marseille  
[julie.nothelier@gmail.com](mailto:julie.nothelier@gmail.com)

**Hervé CACI**

Docteur en Médecine, Docteur de l'Université Paris 7  
Hôpitaux Pédiatriques de Nice CHU Lénval &  
CESP - Psychiatrie du Développement et Trajectoires  
U1018 INSERM UPS-UVSQ  
[caci.h@pediatrie-chulenal-nice.fr](mailto:caci.h@pediatrie-chulenal-nice.fr)

**Johannes C. ZIEGLER**

Docteur en Neurosciences, Directeur de Recherche  
Aix-Marseille Université, CNRS, LPC, ILCB, Marseille  
[johannes.ziegler@univ-amu.fr](mailto:johannes.ziegler@univ-amu.fr)

**Sylvane Faure**

Professeur des Universités  
Université Côte d'Azur, LAPCOS, Nice  
[sylvane.faure@univ-cotedazur.fr](mailto: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 ; Facchetti *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.

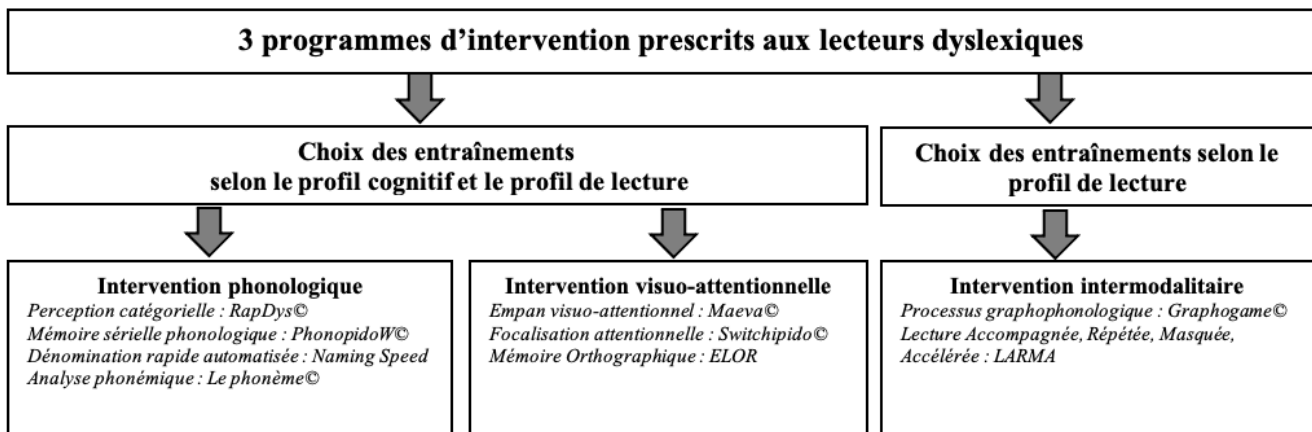


Figure 1. Prescription de remédiation cognitive selon le profil cognitif et le profil de lecture de chaque enfant. Adaptés au profil sémiologique de chaque participant selon une prescription individuelle de soin.

### 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© (Sprengrer-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).

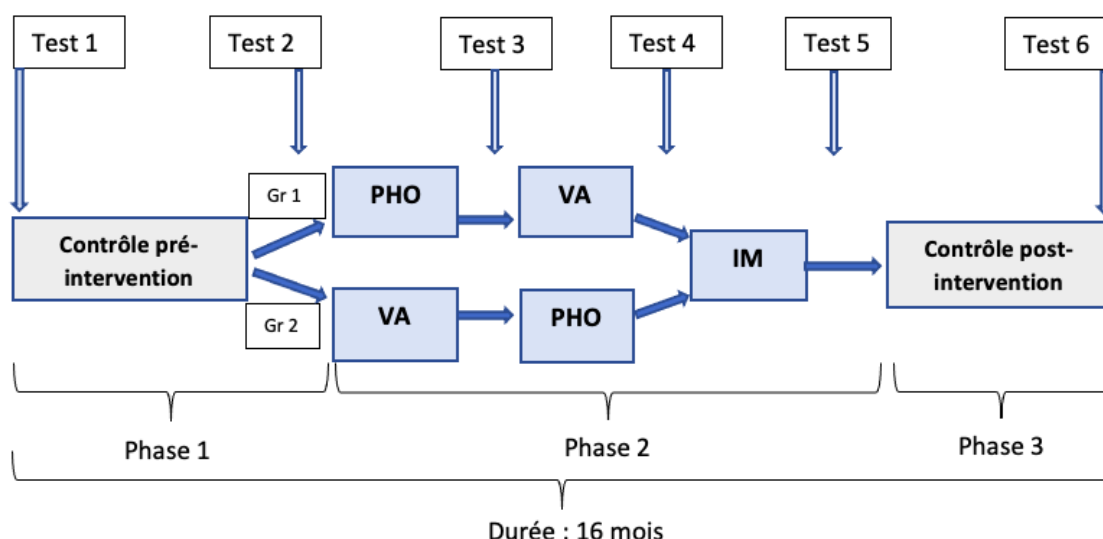


Figure 2. Procédure expérimentale. (PHO : intervention PHOnologique ; VA : intervention Visuo-Attentionnelle ; IM : intervention InterModalitaire).

**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'efficacité 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 *Evaléc 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 *Sigl*® (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)	
	Lecture-compréhension	Phrases (5)	1, 2, 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)	1
		Compréhension morpho-syntaxique (12)	
	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).

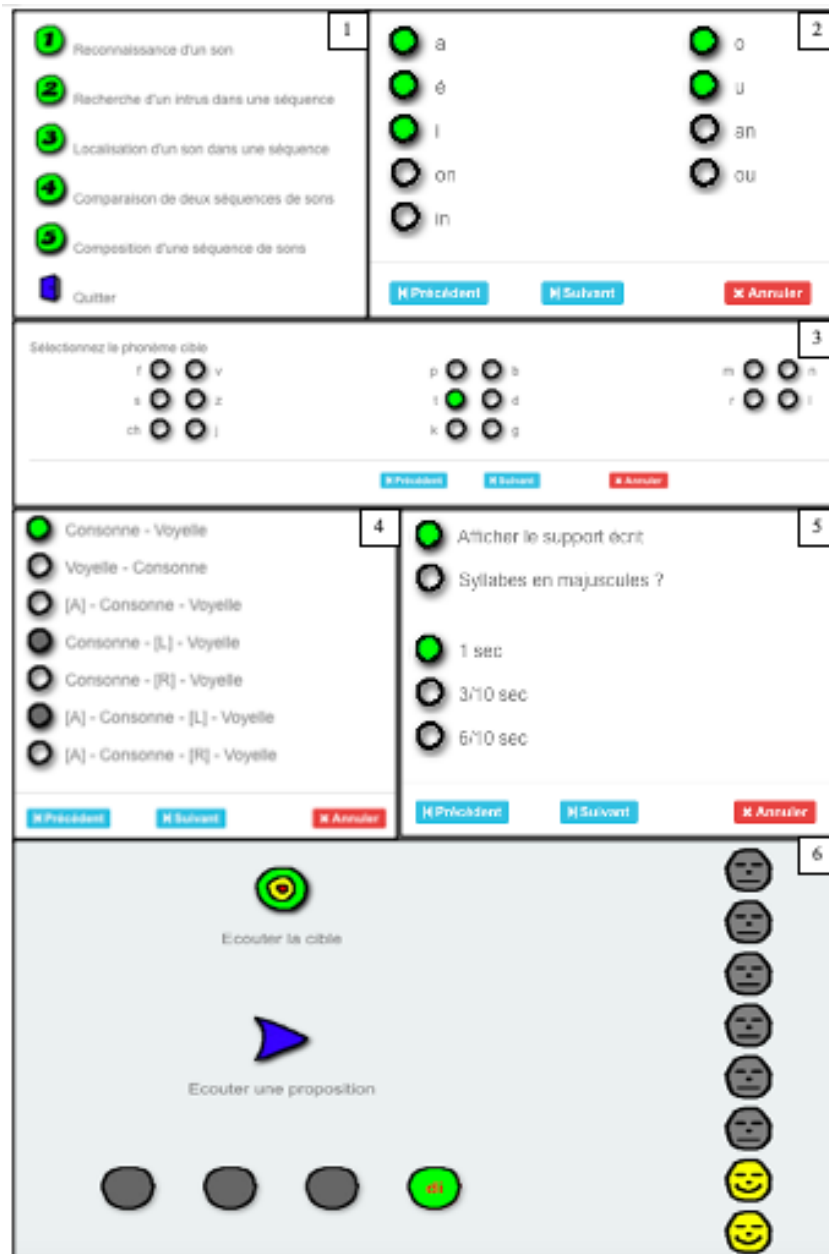


Figure 4. *PhonopidoW*®, un exemple de tâche impliquant la mémoire sérielle phonologique. (1) Sélection de la tâche ; (2) Sélection des voyelles ; (3) Sélection des consonnes ; (4) Sélection de la structure syllabique, (5) Sélection du type d'affichage, de la casse et du temps d'apparition du stimulus ; (6) Localisation d'un son, énoncé par une voix féminine produite 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).

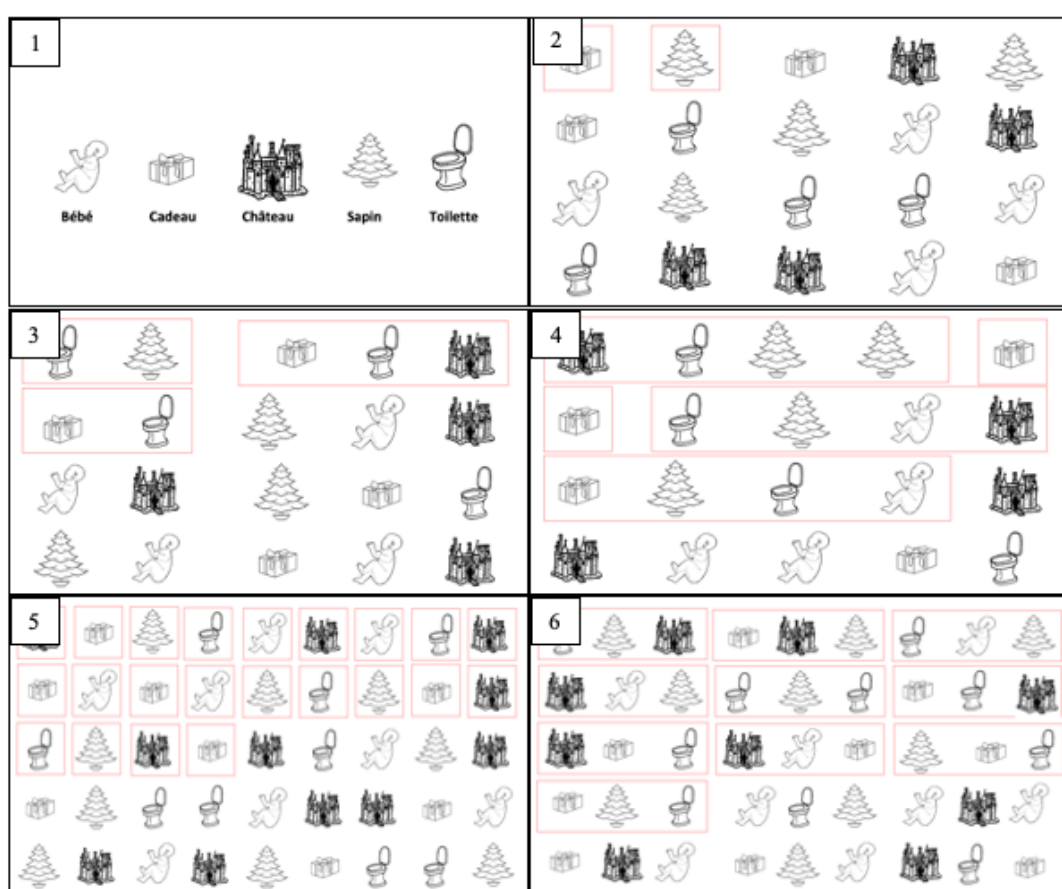


Figure 5. Exemples d'items à dénommer avec Naming Speed© (1) Dénommer les 5 images avec l'aide de l'examinateur si nécessaire, (2) Dénommer une image parmi 20 images au rythme indiqué par le carré rouge. Le carré rouge se déplace horizontalement de la gauche vers la droite à une vitesse variable de 200 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/õ : dragon) et de segmentation de mots en phonèmes (par exemple, jardin : /j/a/r/d/ɛ/) 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. À 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).

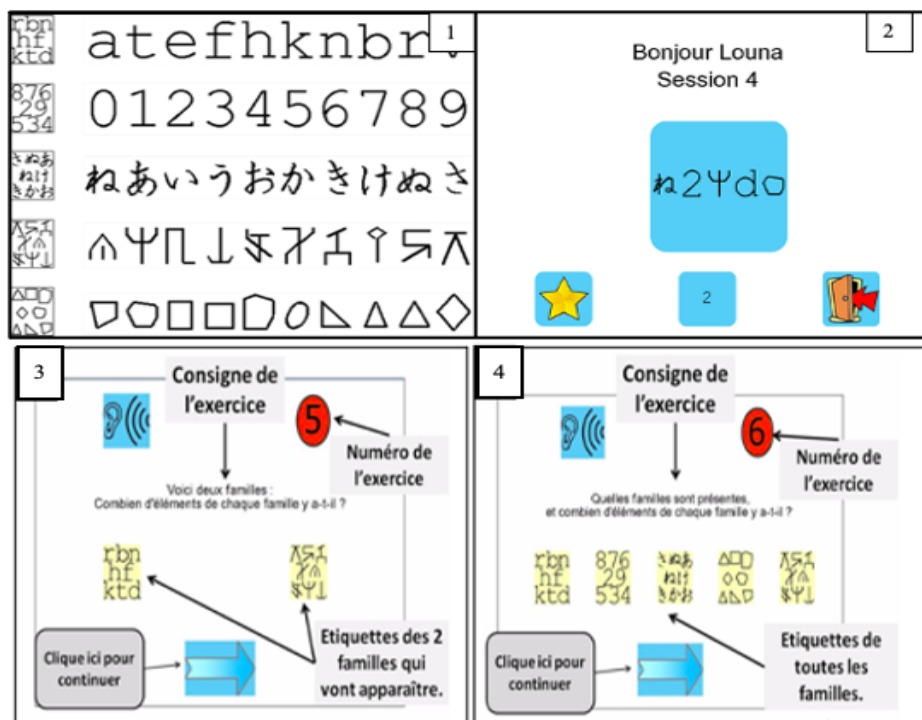


Figure 6. *Maeva*© (1) Étiquettes représentatives des cinq catégories visuelles associées aux 10 éléments représentant respectivement chaque catégorie ; (2) Écran de navigation avec accès à la phase de familiarisation, la phase d'entraînement, les meilleurs scores enregistrés ou la sortie du jeu ; (3)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

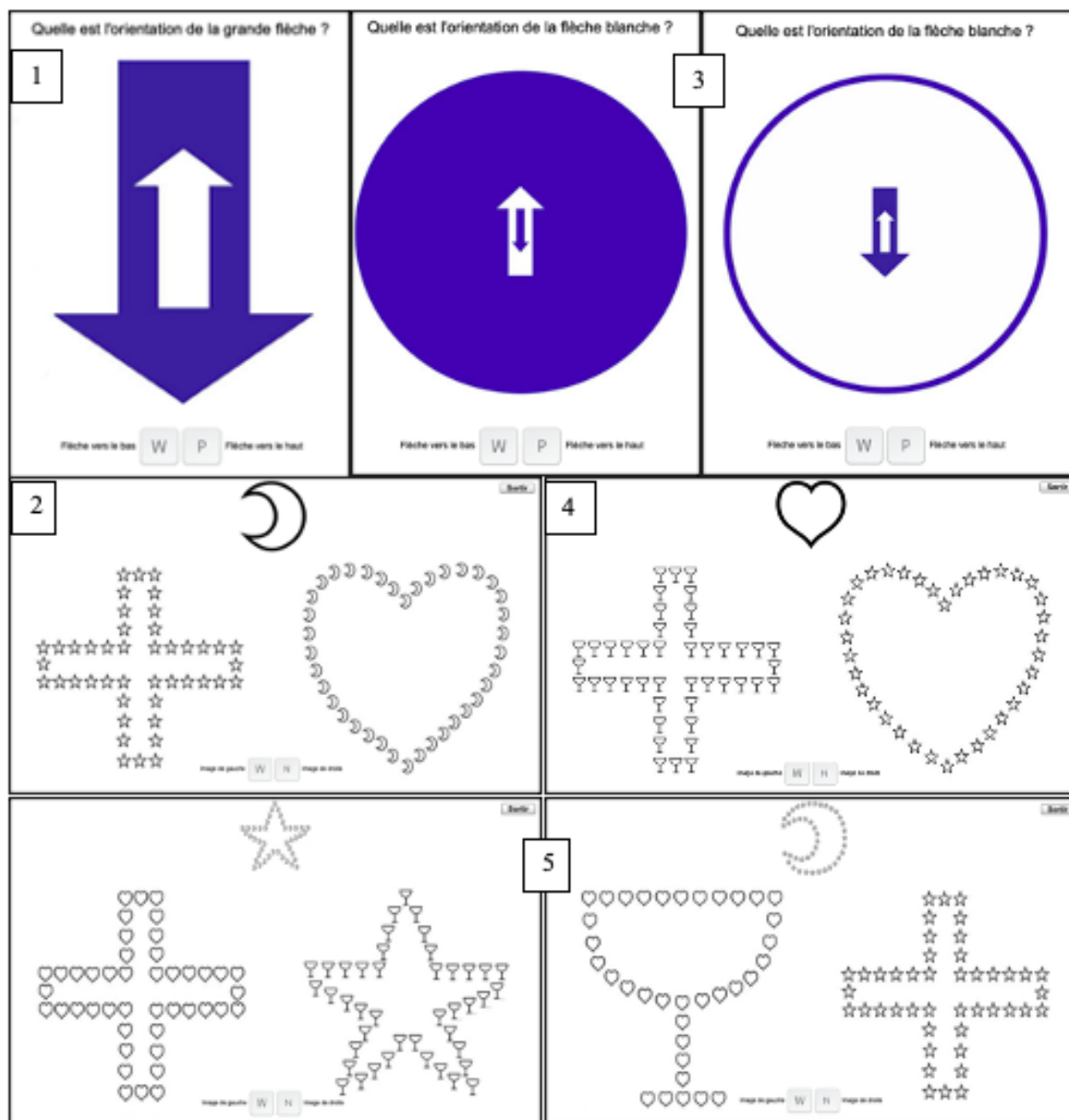


Figure 7. *Switchipido*©, focalisation attentionnelle au niveau global :  
 (1) Panneau global, « indiquer l'orientation de la grande flèche »,  
 (2) Triplet global, « apparier un stimulus simple avec un des deux dessins hiérarchisés identique au niveau global » : bascule de la focalisation entre le 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).

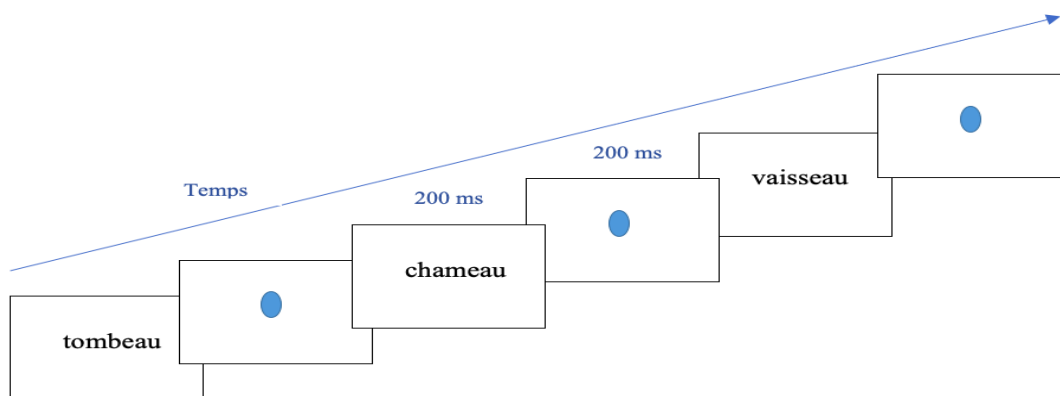


Figure 8. ELOR©, exemples d'items entraînés avec une régularité orthographique « eau », (1) les mots qui apparaissent à l'écran sont lus à voix haute ; (2) les mêmes mots sont écrits en copie différée (mot présenté et caché avant la production écrite) ; (3) les mots sont à nouveau lus à voix haute. Le 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’efficacité en lecture de T1 à T6. Les scores d’efficacité en lecture avant l’intervention multimodale seront comparés entre les deux groupes de participants par un test t de Student pour échantillons indépendants. L’efficacité 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 éta-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’efficacité 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’efficacité en lecture aux tests l’Alouette (AL) et DeltaText (DLT) pour les participants des groupes 1 (n = 32) et 2 (n = 27). Score d’efficacité : 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'efficacité 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 ( $\eta^2 = 0.13$ ). 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 posthoc 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 10 illustre l'évolution globale des scores d'efficacité 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 %.

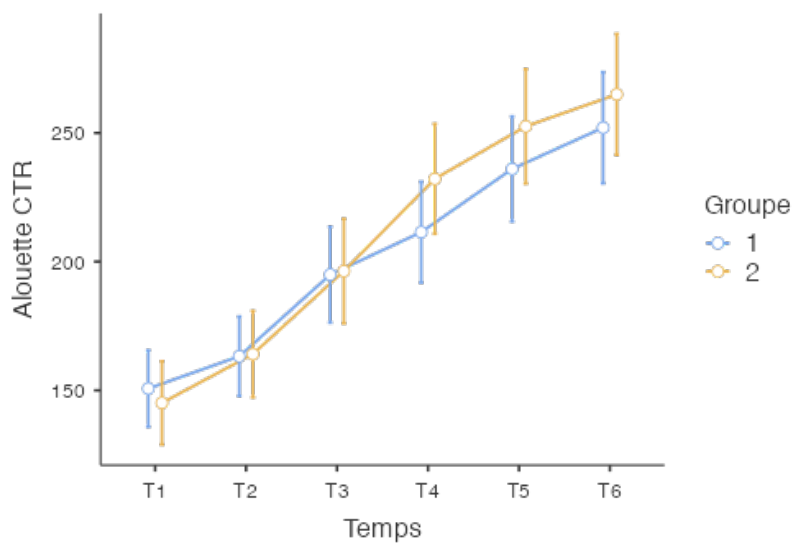


Figure 10. Évolution des moyennes au score d'efficacité CTL de l'Alouette (ronds) pour les groupes 1 et 2 de T1 à T6. Intervalles de confiance intra-sujets à 95 % (barres verticales).

## 2 - Scores d'efficacité 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 ( $t(57) = 0.33$ ,  $p = .745$ ,  $CI95 = [-35.36 ; 49.14]$ ,  $d = 0.09$ ).

L'ANOVA à mesures répétées 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 ( $\eta^2 = 0.09$ ). 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 11 illustre l'évolution globale des scores d'efficacité 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 %.

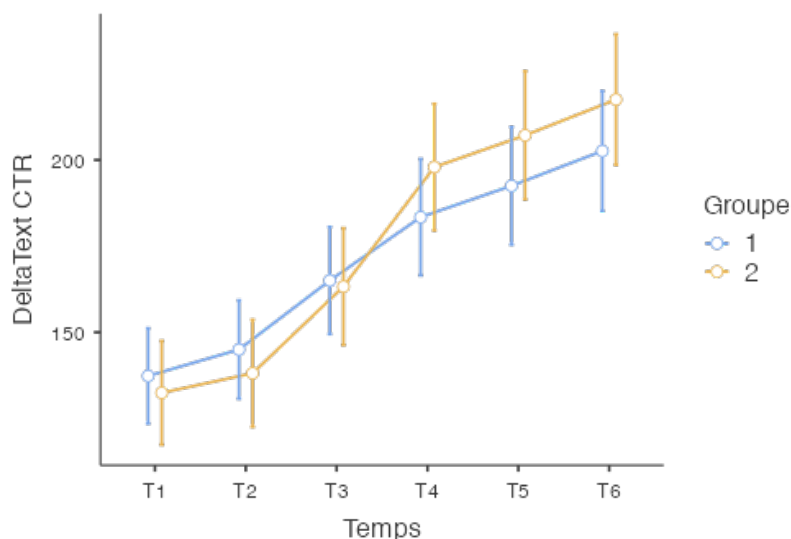


Figure 11. Évolution des moyennes au score d'efficacité CTL de *DeltaText* (ronds) pour les groupes 1 et 2 de T1 à T6. Intervalles de confiance intra-sujets à 95 % (barres verticales).

## 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'efficacité 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 puisqu'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 *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 ; Zoubirnetzky *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 *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 (TI) 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 lorsqu'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'entraînement 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 (5 j/sem, 10 min/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'étaillage 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'étaillage 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'efficacité obtenu à la lecture de textes non signifiants *DeltaText* entre T2 et T3, très supérieur au gain d'efficacité 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 Îles 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 (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 Vincelas pour leur aide dans la gestion des supports informatiques. Nous remercions Sylviane Valdois, Rachel Zoubirnetzky, 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 Vulchier, 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 Lonnelafoy, 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 apprentissages 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](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., Giancesini, 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](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\(2008/08-0009\)](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](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 : Entraînement 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//O022-0663.92.2.263>
- 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 difficulté 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., & Gambrell, 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>
- Veillet, 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 Wechsler 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>

## BMC Pediatrics

### Effects of a developmental dyslexia remediation protocol based on the training of audio-phonological cognitive processes in dyslexic children with high intellectual potential: Study protocol for a multiple-baseline single-case experimental design --Manuscript Draft--

<b>Manuscript Number:</b>	BPED-D-22-00747	
<b>Full Title:</b>	Effects of a developmental dyslexia remediation protocol based on the training of audio-phonological cognitive processes in dyslexic children with high intellectual potential: Study protocol for a multiple-baseline single-case experimental design	
<b>Article Type:</b>	Study protocol	
<b>Section/Category:</b>	Behavior and development	
<b>Funding Information:</b>	Association Nationale de la Recherche et de la Technologie (CIFRE 2018/1089)	Mrs Karine Louna Harrar Eskinazi
	Centre Hospitalier Universitaire de Nice (RECH/AP/DD/LM/19022)	Mrs Karine Louna Harrar Eskinazi
<b>Abstract:</b>	<p>The significant prevalence of children with high intellectual potential (HIP) in the school-age population and the high rate of comorbidity with learning disabilities such as dyslexia has increased the demand for speech and language therapy and made it more complex. However, the management of dyslexic patients with high intellectual potential (HIP-DD) is poorly referenced in the literature. A large majority of studies on HIP-DD children focus on the screening and diagnosis of developmental dyslexia, but only a few address remediation. Developmental dyslexia is a severe and persistent disorder that affects the acquisition of reading and implies the impairment of several underlying cognitive processes. These include deficits in Categorical Perception, Rapid Automatized Naming, and phonological awareness, particularly phonemic awareness. Some authors claim that HIP-DD children's underlying deficits mainly concern rapid automatized naming and phonological awareness. Thus, the purpose of this study is to present a remediation protocol for developmental dyslexia in HIP-DD children. This protocol proposes to compare the effects on reading skills of an intensive intervention targeting categorical perception, rapid automatized naming, and phonemic analysis versus standard speech therapy remediation in HIP-DD children.</p> <p>A multiple-baseline single-case experimental design (A1BCA2) will be proposed to 4 French HIP-DD patients for a period of 30 weeks. Intervention phases B and C correspond to categorical perception training and rapid automatized naming training. During phases B and C, each training session will be associated with phonemic analysis training and a reading and writing task. At inclusion, a speech and language, psychological, and neuropsychological assessment will be performed to define the four patients' profiles. Patients will be assigned to the different baseline lengths using a simple computerized randomization procedure. The duration of the phases will be counterbalanced. The study will be double blinded. A weekly measurement of phonological and reading skills will be performed for the full duration of the study. The purpose of this protocol is to observe the evolution of reading skills with each type of intervention. From this observation, hypotheses concerning the remediation of developmental dyslexia in HIP-DD children can be tested. The strengths and limitations of the study are discussed.</p>	
<b>Corresponding Author:</b>	Karine Louna Harrar Eskinazi, Ph.D student Université Côte d'Azur: Universite Cote d'Azur Nice, Alpes Maritimes FRANCE	
<b>Corresponding Author E-Mail:</b>	karine.harrar@etu.univ-cotedazur.fr	
<b>Corresponding Author Secondary Information:</b>		
<b>Corresponding Author's Institution:</b>	Université Côte d'Azur: Universite Cote d'Azur	
<b>Corresponding Author's Secondary Institution:</b>		

<b>First Author:</b>	Gaëlle Darrot, Speech-language therapist
<b>First Author Secondary Information:</b>	
<b>Order of Authors:</b>	Gaëlle Darrot, Speech-language therapist
	Auriane Gros, Assistant Professor in Neuroscience
	Valeria Manera, Researcher in Psychology
	Bruno De Cara, Researcher in Psychology
	Xavier Corveleyn
	Karine Louna Harrar Eskinazi, Ph.D student
<b>Order of Authors Secondary Information:</b>	
<b>Opposed Reviewers:</b>	
<b>Additional Information:</b>	
<b>Question</b>	<b>Response</b>
Does your study have ethical approval?	Yes, and I have included the relevant documentation as an additional file
Has your study received funding?	Yes, the funding is external with partial industry funding, and I have included the relevant documentation as an additional file
What stage of participant recruitment is your study at?	Participant recruitment is in progress
Has this manuscript been submitted before to this journal or another journal in the <a href="https://www.biomedcentral.com/p/the-bmc-series-journals#journallist" target="_blank">BMC series</a>?	No

[Click here to view linked References](#)

1 **Effects of a developmental dyslexia remediation protocol based on**  
2 **the training of audio-phonological cognitive processes in dyslexic**  
3 **children with high intellectual potential: Study protocol for a**  
4 **multiple-baseline single-case experimental design**

5  
6 Gaëlle Darrot<sup>1,2</sup>, Auriane Gros<sup>1,3</sup>, Valeria Manera<sup>1,3</sup>, Bruno De Cara<sup>4</sup>, Xavier Corveleyn<sup>4</sup> &  
7 Karine Harrar Eskinazi<sup>4,5</sup>

8 *1. Université Côte d'Azur, Département d'Orthophonie de Nice, Faculté de Médecine, Nice, France*

9 *2. Université Côte d'Azur, laboratoire CoBTeK, Nice, France*

10 *3. Université Côte d'Azur, Centre Hospitalier Universitaire de Nice, laboratoire CoBTeK, Service*  
11 *Clinique Gériatrique du Cerveau et du Mouvement, Nice, France*

12 *4. Université Côte d'Azur, laboratoire LAPCOS, Nice, France*

13 *5. Hôpitaux Pédiatriques de Nice CHU-LENVAL, Centre Hospitalier Universitaire de Nice, Nice,*  
14 *France*

15  
16  
17 **Corresponding author:** Karine Harrar Eskinazi

18 [karine.harrar@etu.univ-cotedazur.fr](mailto:karine.harrar@etu.univ-cotedazur.fr)

19 Laboratoire d'Anthropologie et de Psychologie Cliniques, Cognitives et Sociales (LAPCOS), Université  
20 Côte d'Azur, Campus Saint Jean d'Angély/MSHS Sud-Est,

21 3 Boulevard François Mitterrand, 06357 Nice Cedex 4, France.

## Abstract

---

### Background

The significant prevalence of children with high intellectual potential (HIP) in the school-age population and the high rate of comorbidity with learning disabilities such as dyslexia has increased the demand for speech and language therapy and made it more complex. However, the management of dyslexic patients with high intellectual potential (HIP-DD) is poorly referenced in the literature. A large majority of studies on HIP-DD children focus on the screening and diagnosis of developmental dyslexia, but only a few address remediation. Developmental dyslexia is a severe and persistent disorder that affects the acquisition of reading and implies the impairment of several underlying cognitive processes. These include deficits in Categorical Perception, Rapid Automatized Naming, and phonological awareness, particularly phonemic awareness. Some authors claim that HIP-DD children's underlying deficits mainly concern rapid automatized naming and phonological awareness. Thus, the purpose of this study is to present a remediation protocol for developmental dyslexia in HIP-DD children. This protocol proposes to compare the effects on reading skills of an intensive intervention targeting categorical perception, rapid automatized naming, and phonemic analysis versus standard speech therapy remediation in HIP-DD children.

### Methods

A multiple-baseline single-case experimental design ( $A_1BCA_2$ ) will be proposed to 4 French HIP-DD patients for a period of 30 weeks. Intervention phases B and C correspond to categorical perception training and rapid automatized naming training. During phases B and C, each training session will be associated with phonemic analysis training and a reading and writing task. At inclusion, a speech and language, psychological, and neuropsychological assessment will be performed to define the four patients' profiles. Patients will be assigned to the different baseline lengths using a simple computerized randomization procedure. The duration of the phases will be counterbalanced. The study will be double

1 56 blinded. A weekly measurement of phonological and reading skills will be performed for the full  
2  
3 57 duration of the study.  
4  
5

6 58 **Discussion**  
7  
8

9 59 The purpose of this protocol is to observe the evolution of reading skills with each type of intervention.  
10  
11 60 From this observation, hypotheses concerning the remediation of developmental dyslexia in HIP-DD  
12  
13 61 children can be tested. The strengths and limitations of the study are discussed.  
14  
15

16  
17 62 **Trial registration**  
18  
19

20 63 ClinicalTrials.gov, NCT04028310. Registered on July 18, 2019. Version identifier is no. ID RCB 2019-  
21  
22 64 A01453-54, 19-HPNCL-02, 07/18/2019. <https://clinicaltrials.gov/ct2/show/NCT04028310>  
23  
24  
25

26 65 **Keywords**  
27  
28

29 66 Dyslexia, Gifted, Speech Therapy, Underlying Cognitive Deficits, Study Protocol  
30  
31  
32

33 67  
34  
35

36 68  
37  
38  
39

40 69  
41  
42

43 70  
44  
45  
46

47 71  
48  
49

50 72  
51  
52

53 73  
54  
55  
56  
57  
58  
59  
60  
61  
62  
63  
64  
65



## 74 **Background**

---

75         Studies on learning disabilities in children with high intellectual potential (HIP) are  
76 underrepresented in the scientific literature, although their number has been increasing gradually over  
77 the years. However, the high prevalence of HIP children in the school-age population, approximately  
78 2.3% of French school children [1], and the high rate of comorbidity with learning disabilities has  
79 increased the demand for speech and language therapy care. Some studies claim that the prevalence of  
80 HIP among dyslexic readers is higher than the prevalence of HIP among normal readers. For instance,  
81 Toffalini [2] and al. reported a proportion of 5.06% HIP children among dyslexic readers compared to  
82 1.82% HIP children among normal readers. Pradeille [3] indicates a proportion of 10% HIP children  
83 within a sample of 209 dyslexic readers. According to Winner [4], dyslexia is the most frequent  
84 developmental disorder associated with HIP. However, the diagnosis and rehabilitation of children with  
85 a high intellectual potential and developmental dyslexia (HIP-DD) remains difficult due to the co-  
86 existence of both cognitive features.

87         Individuals with high intellectual potential represent a small percentage of the population whose  
88 intelligence quotient (IQ) is higher than 130 on the Weschler intelligence scale, Wisc IV [5]. However,  
89 some authors question the total IQ measure as the only diagnostic tool for these individuals [5–10].  
90 Indeed, the diagnosis of high intellectual potential cannot be limited to the measurement of their IQ, but  
91 must also consider the specific characteristics of their brain’s operation. Besides the high IQ score, an  
92 HIP child has specific intellectual characteristics, as well as a different cognitive organization [11, 12].  
93 Some authors discuss the presence of specific psycho-affective characteristics in HIP individuals, but  
94 there is no consensus on this topic in the literature. Despite this, there are objectively detectable  
95 differences on a purely cerebral level. The cerebral particularities of HIP children have been identified  
96 in many neuroimaging studies. An increased transmission of information between the left temporal and  
97 left central regions, between the left temporal and left parietal regions, and between the left central and  
98 left parietal regions has been demonstrated in individuals with HIP compared to neurotypical  
99 individuals during a scientific hypothesis generation task [13]. Thus, there appears to be a different  
100 distribution of brain activity in HIP individuals, who seem to more efficiently distribute the cognitive

1 101 resources needed for hypothesis generation [13]. The brains of HIP individuals also differ from  
2  
3 102 neurotypical ones in their strength; there is greater activation of certain brain areas in HIP children  
4  
5 103 during certain cognitive tasks, especially in the prefrontal cortex, the anterior cingulate cortex, and the  
6  
7 104 posterior parietal cortex [14]. In 2021, Christoph Fraenz demonstrated that the strength of neuronal  
8  
9 105 connections at rest between frontal and parietal regions correlates with performance in reasoning tests  
10  
11 106 such as those used in IQ tests [15]. Thus, a higher IQ may mean better quality connections between  
12  
13 107 frontal and parietal regions. Differences in connection between the two hemispheres of the brain were  
14  
15 108 also found in the 2007 study by Luders et al. who found a link between corpus callosum thickness and  
16  
17 109 intelligence scores in adulthood [16]. In addition, numerous studies demonstrate a brain volume  
18  
19 110 proportional to IQ, with a consistent increase in volume as IQ increases [17]. Regarding possible  
20  
21 111 emotional and psycho-affective particularities, there is no consensus in the scientific literature.  
22  
23  
24  
25

26 112         Concerning developmental dyslexia (DD), the DSM-V defines it as a severe and persistent  
27  
28 113 disorder that affects reading acquisition, despite a normal intelligence and the absence of neurological  
29  
30 114 or psychiatric pathology, visual and auditory sensory deficits, or socio-educational deficiencies [18].  
31  
32 115 Developmental dyslexia is a neurodevelopmental disorder that disturbs the automatization of  
33  
34 116 associations between written linguistic units (graphemes) and oral linguistic units (phonemes) [19]. This  
35  
36 117 alphabetic decoding disorder leads to an identification disorder of written words, which can have severe  
37  
38 118 consequences on school learning, on daily and professional life, and on the self-esteem of the patients.  
39  
40 119 The phonological causal hypothesis is currently the most widespread [20]. However, over the last few  
41  
42 120 years, the single cause theory has been criticized in favor of a multi-factorial causal theory [21–23]  
43  
44 121 involving multiple underlying cognitive deficits (UCD) [24, 25]. The two types of UCD most described  
45  
46 122 in the literature are audio-phonological deficits and visuo-attentional deficits. In 2019, Ziegler et al [26]  
47  
48 123 acknowledged the multifactorial nature of dyslexia but concluded that phonological deficits tended to  
49  
50 124 prevail over the other types of UCD. According to Saksida's study [20], in the non-HIP dyslexic  
51  
52 125 population, the most frequent UCD concerns phonological awareness (PA) and rapid automatized  
53  
54 126 naming (RAN). PA is a cognitive process that allows individuals to manipulate language syllables,  
55  
56 127 rhymes, or phonemes [27]. In the dyslexic population, it is mainly the manipulation of phonemes that  
57  
58  
59  
60  
61  
62  
63  
64  
65

1 128 is affected [28] and is thus referred to as phonemic awareness. RAN refers to the rapid retrieval of  
2  
3 129 phonological information from a word presented as a picture, followed by its immediate oral production.  
4  
5 130 RAN and phonological awareness are two distinct phonological processes directly involved in dyslexia  
6  
7 131 [29]. In a more recent study [30], phonological awareness was identified as a predictor of word decoding  
8  
9 132 skills and RAN as a predictor of word recognition and reading comprehension. Other researchers agree  
10  
11 133 that the phonological processing deficit in dyslexia is the result of a more fundamental deficit in the  
12  
13 134 perceptual processing of auditory information. Indeed, some dyslexic readers have an allophonic  
14  
15 135 perception of speech sounds which leads to a poor discrimination of acoustic differences, a perceptual  
16  
17 136 deficit in phoneme categorization and consequently a phonological processing deficit. Increased  
18  
19 137 sensitivity to phonemic contrasts between variants of the same phoneme seems to lead to disorders in  
20  
21 138 phoneme categorical perception (CP) [31]. Thus, instead of perceiving sounds in phonemic units,  
22  
23 139 dyslexic readers could perceive them in allophonic units [32].  
24  
25  
26  
27

28  
29 140 Concerning HIP-DD diagnosis, the DSM-V reports that compensatory strategies implemented  
30  
31 141 by HIP-DD children may delay the onset of reading disorders and therefore prevent early diagnosis.  
32  
33 142 Indeed, the cognitive profile of HIP-DD children seems to differ from that of HIP-normal readers, but  
34  
35 143 also from that of dyslexic children without HIP [33, 34]. Their double cognitive particularity, HIP and  
36  
37 144 dyslexia, often complicates the interpretation of scores obtained on IQ subtests, but also the  
38  
39 145 interpretation of scores obtained on diagnostic tasks for DD. HIP-DD children, because of their reading  
40  
41 146 difficulties, rarely reach the cut-off score of 130 IQ points determined as an indicator of high intellectual  
42  
43 147 potential. For some authors, it is even meaningless to calculate an IQ when the patient has dyslexia [33].  
44  
45 148 Similarly, because of their HIP, dyslexic readers sometimes obtain non-pathological scores on the  
46  
47 149 reading and writing tasks used to diagnose dyslexia [35, 36]. The diagnosis of HIP DD children is made  
48  
49 150 difficult by reading and spelling performances that fall between the performances of non-HIP normo-  
50  
51 151 readers and the performances of non-dyslexic HIP [35]. The diagnosis of dyslexia in an HIP child is  
52  
53 152 therefore delayed because of performances that are considered normal by some tests that were not  
54  
55 153 standardized on an HIP population. With their protective factors, HIP children should score above  
56  
57 154 average on some subtests. Thus, when their scores are only average, it often means that their results are  
58  
59  
60  
61  
62  
63  
64  
65

1 155 actually below what should be expected of them. Several authors describe a phenomenon of  
2  
3 156 "discrepancy" [37, 38], in which dyslexia overshadows HIP and HIP masks dyslexia [33]. So, the  
4  
5 157 cognitive profile of HIP DD is characterized both by phonological deficits related to dyslexia and by  
6  
7 158 often higher verbal and visual-spatial working memory skills, as well as richer vocabulary and grammar  
8  
9 159 than non-HIP readers [34]. Moreover, the study conducted by Van Viersen [35] asserts that the HIP-  
10  
11 160 DD children's UCD primarily concern RAN and phonological awareness. Targeted interventions on  
12  
13 161 RAN or phonological awareness significantly improve reading skills in dyslexic populations [39]. We  
14  
15 162 also know that phonological awareness training combined with print knowledge is more effective than  
16  
17 163 phonological awareness training alone [40, 41]. The effects of RAN training on reading performances  
18  
19 164 have also been proven in a study published in 2019 [42]. Also, an intervention on categorical perception  
20  
21 165 of French phonemes has shown effects on phonemic awareness and reading skills in dyslexic readers  
22  
23 166 [43]. However, remediation methods focused on PA, RAN and CP have not been tested on the specific  
24  
25 167 population of HIP-DD children. Given the large number of differences in brain function between HIP  
26  
27 168 and non-HIP, it would therefore seem appropriate to conduct more studies to improve the therapy of  
28  
29 169 these "twice-exceptional" children. This term refers to individuals with a double particularity; on the  
30  
31 170 one hand, a high intellectual potential, and on the other hand, a comorbid learning disability [44]. Thus,  
32  
33 171 the purpose of this study is to present a single-case experimental protocol proposing an intervention on  
34  
35 172 phonological processes in dyslexic children with high intellectual potential. The detailed methods of  
36  
37 173 this intervention are derived from an ongoing group study evaluating the effectiveness of a UCD  
38  
39 174 intervention on dyslexic children aged 8 to 13 years [45]. The training programs described in this  
40  
41 175 protocol are tailored to the cognitive profile of each participant and can therefore be applied to HIP-DD  
42  
43 176 children.  
44  
45  
46  
47  
48  
49  
50

## 51 177 **Methods and design**

---

### 54 178 **Study design choice**

57 179 To meet our objectives, we propose an experimental protocol in the form of a single-case multiple-  
58  
59 180 baseline design (A<sup>1</sup>-B-C-A<sup>2</sup>) across 4 patients. Phase A<sup>1</sup> represents the baseline, which constitutes the  
60  
61  
62  
63  
64  
65

1 181 patient's initial state, and during which the participant attends standard speech therapy sessions weekly,  
2  
3 182 without intensive training. Phases B and C represent the intervention phases in which remediation is  
4  
5 183 performed : categorical perception (CP) and rapid automatized naming (RAN) are each associated with  
6  
7 184 a phonemic analysis (PA) task. Finally, as it is impossible to return to the A<sup>1</sup> baseline because of the  
8  
9 185 expected ongoing benefits of the intervention, the A<sup>2</sup> phase represents a post-intervention phase. During  
10  
11 186 the A<sup>2</sup> phase, the patient no longer undergoes intensive training but continues to attend standard speech  
12  
13 187 therapy sessions, and the judgment criteria continue to be measured [46]. In cognitive rehabilitation  
14  
15 188 studies, the multiple-baseline single-case experimental design is considered particularly suitable [47].  
16  
17 189 Several patients with similar cognitive profiles are assigned the same protocol, but the baseline duration  
18  
19 190 differs between them. This additional control ensures that the effect obtained in the B or C phase is  
20  
21 191 attributable to the intervention and that the baseline trend would remain stable in the absence of  
22  
23 192 intervention, which excludes a possible temporal and/or session number bias [48]. The interventions  
24  
25 193 are combined in the form A-B-C without any intermediate baseline return in order to compare the  
26  
27 194 separate effects of each intervention on the studied variable [46]. To control the independent  
28  
29 195 effectiveness of both the B and C interventions [48], a crossover between patients will be achieved by  
30  
31 196 changing the order of interventions. Thus, with four patients, the training order will be counterbalanced  
32  
33 197 so that two of the patients start with PC training, and the two others start with RAN training.  
34  
35  
36  
37  
38  
39

## 40 198 **Recruitment and study population**

### 43 199 **Population**

46 200 Four French children with a diagnosis of developmental dyslexia and HIP will be recruited for this  
47  
48 201 study. Participants will be enrolled by the principal investigator in the context of her clinical practice.  
49  
50 202 Patients will therefore be informed of the possibility of participating in the study during their regular  
51  
52 203 speech and language therapy appointments. After clarifying the protocol, the speech and language  
53  
54 204 therapist will provide information sheets for the parents and children. A slide presentation will be shown  
55  
56 205 to explain in a simple and entertaining way how the intervention can modify the cognitive processes  
57  
58 206 involved in HIP-DD. Participants and their legal guardians will sign an information sheet and complete  
59  
60  
61  
62  
63  
64  
65

1 207 an informed consent form before entering the protocol. The inclusion and exclusion criteria are  
 2  
 3 208 presented in *Table 1*.

6 209 *Table 1. Inclusion, non-inclusion, and exclusion criteria*

<b>Inclusion criteria</b>	<b>Non-inclusion criteria</b>	<b>Exclusion criteria</b>
- Age $\geq$ 8 years and $\leq$ 13 years - Diagnosis of HIP confirmed by standardized tests and neuropsychological expertise - Diagnosis of dyslexia confirmed by performance $\leq$ - 1.5 standard deviations on leximetry tests compared to the child's developmental age. - Performance $\leq$ -1.5 standard deviations from the norm on phonological tasks in phonological tests - Ownership of a personal computer and an internet connection - Signature of an informed consent form by the parents or legal guardian - Social insurance coverage	- Intellectual deficiency - Neurological Disorders - Pervasive Developmental Disorder - Primary Sensory Impairment - Educational deficits - ADHD - Specific oral language disorders - Previous exposure to intensive daily phonological training - Bilingualism	- Non-compliance with the protocol - Withdrawal from the experiment upon request of the subject or his/her legal guardian

30 210  
 31  
 32  
 33 211 **Pre-test & recruitment**  
 34  
 35  
 36 212 The four participants will be matched in age and will have a similar cognitive profile. This will be  
 37  
 38 213 achieved by conducting an inclusion assessment consisting of a complete set of tests assessing written  
 39  
 40 214 language and underlying cognitive deficits of reading (*see Table 2*). This assessment will take place in  
 41  
 42 215 three one-hour sessions. The inclusion assessment will determine the participants' selection before the  
 43  
 44 216 A<sup>1</sup> phase. The assessment procedure is the same as for the group study: “Developmental dyslexia and  
 45  
 46 217 methods for remediation (DDMR). Multimodal intervention in French-speaking children aged between  
 47  
 48 218 8 and 13 years: study protocol for a randomized multicenter controlled crossover trial” [45].  
 49  
 50  
 51  
 52  
 53 219

220 Table 2. An overview of the assessment batteries [45]

Cognitive Processes		Measures	Software
Reading and spelling assessments	Reading aloud	Meaningless text reading	Alouette©
		Meaningful text reading	Evaléo©
		2-min word reading	Evaléo©: Eval2M
		Regular, irregular, pseudo-word reading	Evalec©
	Reading comprehension	Multiple choice statements	Orlec 3©
Spelling	Phonetic, lexical and grammatical spelling	Chronosdictées©	
Underlying cognitive process assessments	Phonological process	Phonological analysis	Evalec©
		Phonological short-term memory	Evalec©
		Rapid automatized naming	Evalec©
	Visual-attentional process	Visual-attentional span	Evadys©
		Global/local analysis	Sigl©
Complementary assessments	Span memory	Digit span	Evaléo©
		Visual-spatial span	Corsi©
	Oral language	Vocabulary and syntactic comprehension	Evalec© E.co.s.se©

222 **READING AND SPELLING ASSESSMENT**

223 Reading aloud

224 Non-significant text

225 *Alouette*© [49, 50] is a test (265 words) considered as the *gold standard* of leximetry tests. It evaluates  
 226 speed and accuracy when reading a meaningless text. This test provides a reading age [49], a reading  
 227 speed score, a reading accuracy score, and a combined accuracy and speed index, called reading  
 228 efficiency [50].

229 Significant texts

230 *La Mouette, Le Pingouin* (Evaléo 6-15© [51]): These two meaningful texts (n=450 words) are equally  
 231 balanced in terms of word and sentence length, lexical frequency, and syllabic and phonemic

1 232 complexity to control a retest effect. Reading time and reading accuracy are measured. The maximum  
2  
3 233 reading time is 2 minutes.  
4  
5

6 234 Two-minute word reading

7  
8 235 *Eval2M (Evaléo 6-15© [51])*: This test (n=263 words) assesses the percentage of words presented in 10  
9  
10 236 columns and ordered based on length and frequency correctly read within a limited time of 2 minutes.  
11  
12

13  
14 237 Regular, irregular and pseudo-word reading

15 238 *Evalec© [52]*: This computerized test displays the words that need to be identified individually on the  
16  
17 239 screen. The unique feature of this test is to measure the time needed to correctly read words using voice  
18  
19 240 detection. The lexical or sublexical reading processes are assessed by calculating the latency time of  
20  
21 241 correctly read items in msec and the error percentage when reading regular words (n=36), pseudo-words  
22  
23 242 (n=36), and irregular words (n=36).  
24  
25  
26

27  
28 243 Reading comprehension assessment

29 244 The *ORLEC L3* test [53–55] assesses word decoding speed and sentence comprehension. This test  
30  
31 245 presents sentences that need to be finished (n=36) with a word chosen from 5 suggested words. The raw  
32  
33 246 score corresponds to the number of correct items completed in 5 minutes.  
34  
35  
36

37 247 Spelling assessment

38  
39 248 *Chronosdictées© [56]*: Two dictations of sentences ("A" and "B" for test and retest) are proposed to  
40  
41 249 assess lexical, morphosyntactic and phonetic spelling for each grade of primary and secondary school.  
42  
43 250 Results are given in number of phonetic, lexical, and grammatical errors and in number of segmentation  
44  
45 251 errors and word omissions.  
46  
47  
48

49 252 UNDERLYING COGNITIVE PROCESS ASSESSMENT

50  
51 253 Phonological processes

52  
53 254 The software used for all these tasks calculates a speed and an accuracy score (*Evalec© [52]*).  
54  
55  
56  
57  
58  
59  
60  
61  
62  
63  
64  
65



1 255 Phonological short-term memory  
2 256 The pseudo-word repetition task assesses the phonological short-term memory and is composed of  
3  
4 257 pseudo-words of simple consonant/vowel (CV) syllabic structure (n=12) and of pseudo-words of  
5  
6 258 complex consonant/vowel/consonant (CCV) syllabic structure (n=12), from 3 to 6 syllables.  
7  
8  
9  
10 259 Phonological analysis  
11 260 The task of removing the first syllable from trisyllabic pseudowords (n=10) assesses phonological  
12  
13 261 analysis (e.g. coluti/luti). Two tasks of first phoneme removal from monosyllabic pseudo-words (n=24)  
14  
15 262 assess phonemic analysis (e.g. baf/af and tru/ru).  
16  
17  
18  
19  
20 263 Rapid Automatized Naming  
21 264 The color naming task assesses rapid automatized naming. Two formats are presented: a matrix of visual  
22  
23 265 color (n=54) and a matrix of written color names (n=54) displayed in 9 lines of 6 colors in a random  
24  
25 266 order. Three colors have a CVC syllabic structure in French (*rouge, jaune, vert*) and three colors have  
26  
27 267 a CCV syllabic structure in French (*bleu, blanc, gris*).  
28  
29  
30  
31 268 Visual-attentional span  
32 269 The visual-attentional span is measured by a global report task and a partial report task (*Evadys*© [57]).  
33  
34 270 In the global report condition, the subject has to name a sequence of five consonants immediately after  
35  
36 271 the sequence disappears from the screen. In the partial report condition, a vertical line appears and  
37  
38 272 indicates the position of the letter to be named among the five letters displayed. The letter sequences  
39  
40 273 are assembled to avoid activating any memorized lexical knowledge and to prevent any perceptual  
41  
42 274 crowding. An isolated letter identification task is presented beforehand in order to exclude a letter  
43  
44 275 recognition disorder. The software calculates a score in number of successful sequences and a letter  
45  
46 276 span.  
47  
48  
49  
50  
51  
52 277 Global or local visual analysis  
53 278 *SIGL*© software [58] assesses the ability to focus the attention on a global or on a local visual  
54  
55 279 information analysis mode. The stimuli are hierarchized drawings displayed during 175 msec. The  
56  
57 280 software calculates the gap of performance between the control condition and the interference condition  
58  
59  
60  
61  
62  
63  
64  
65

1 281 in order to assess the local and global interference. Results are given in response times and in error  
2  
3 282 percentages. To determine the interference asymmetry, the local interference effect is subtracted from  
4  
5 283 the global interference effect.  
6  
7

## 8 284 COMPLEMENTARY ASSESSMENTS

### 9 285 Memory span

#### 10 286 Digit span

11 287 Verbal memory is assessed by a repetition task of 2 to 7 numbers in forward (short-term memory) and  
12  
13 288 in backward (working memory) order (*Evaléo 6-15*©, [51]). The digit span is determined by the number  
14  
15  
16 289 of correctly repeated numbers.  
17  
18  
19  
20  
21

#### 22 290 Visual-spatial span

23 291 The Corsi block-tapping test (*CORSI*© [59]) consists in reproducing the sequence in which the clinician  
24  
25 292 points to different cubes, in the same or in reverse order. The number of cubes tapped in the sequence  
26  
27  
28 293 is progressively increased to determine the visual-spatial span.  
29  
30

### 31 294 Oral language assessment

32 295 If the oral language of the participant has not been assessed previously, three measures will be taken to  
33  
34 296 assess lexical stock and morphosyntactic oral comprehension. The image naming task (*Evaléo 6-15*©,  
35  
36 297 [51]) assesses the participant's lexical stock of known words and the naming latency time. The  
37  
38 298 image/word association (*Evaléo 6-15*©, [51]) assesses the comprehension's lexical stock. The  
39  
40 299 image/phrase association (*E.CO.S.SE*, [60]) assesses the syntactic-semantic comprehension.  
41  
42  
43  
44  
45

## 46 300 **Procedure**

47  
48  
49 301 For this multiple-baseline A<sub>1</sub>BCA<sub>2</sub> design across four participants, A<sub>1</sub> phase corresponds to the baseline,  
50  
51 302 where the participants follow a standard speech therapy remediation program. This standard  
52  
53 303 remediation corresponds to a speech and language therapy intervention without daily training. The  
54  
55 304 speech and language therapists target the symptoms and pathological behavioral manifestations of  
56  
57  
58 305 dyslexia without specifically working on the underlying cognitive processes. Both the B and C phases  
59  
60  
61  
62  
63  
64  
65

1 306 correspond to two distinct types of audio-phonological training, respectively categorical perception  
2  
3 307 (CP) training, and rapid automatized naming (RAN) training. During both the B and C phases, each  
4  
5 308 training session is coupled with phonemic analysis (PA) training and a reading and writing task. A<sub>2</sub>  
6  
7 309 phase represents the post intervention phase where the participants stop the intensive training but  
8  
9 310 continue to follow a standard remediation program. The detailed timeline of the participants is presented  
10  
11 311 in *Figure 1*. To obtain enough data for statistical analysis, each phase of this protocol involves at least  
12  
13 312 6 measurement sessions [61] held on a weekly basis. Phases B and C will be introduced in a staggered  
14  
15 313 timeframe across participants. In other words, each participant's baseline will vary in length and number  
16  
17 314 of measurement points. Thus, with one measurement session per week, Participants 1, 2, 3 and 4 will  
18  
19 315 respectively begin the intervention after a baseline period of 6 weeks (6 measurement sessions), 7 weeks  
20  
21 316 (7 measurement sessions), 8 weeks (8 measurement sessions), and 9 weeks (9 measurement sessions).  
22  
23 317 The two training phases are designed to avoid any confounding values of time or number of sessions.  
24  
25 318 The follow-up phase (A<sub>2</sub>) will also be introduced sequentially but will last 6 weeks (6 measures) for all  
26  
27 319 participants. As a result, the total duration of the four phases will not exceed 30 weeks. Throughout the  
28  
29 320 entire protocol, patients will continue standard weekly speech therapy sessions with their speech and  
30  
31 321 language therapist. Measurement sessions will be performed at the end of each of these sessions by the  
32  
33 322 principal investigator.  
34  
35  
36  
37  
38  
39

40 323 Figure 1. Overview of participants' timeline. RAN: rapid automatized naming.  
41  
42

## 43 324 **Objectives**

44  
45  
46 325 **The main objective** is to compare the effect on the phonological abilities of HIP-DD subjects of an  
47  
48 326 intensive intervention combining training in categorical perception (CP), rapid automatized naming  
49  
50 327 (RAN), and phonemic analysis (PA) versus a standard remediation program, at the end of the training  
51  
52 328 program and at 6 weeks post-training.  
53  
54  
55  
56  
57  
58  
59  
60  
61  
62  
63  
64  
65

1  
2  
3  
4  
5  
6  
7  
8  
9  
10  
11  
12  
13  
14  
15  
16  
17  
18  
19  
20  
21  
22  
23  
24  
25  
26  
27  
28  
29  
30  
31  
32  
33  
34  
35  
36  
37  
38  
39  
40  
41  
42  
43  
44  
45  
46  
47  
48  
49  
50  
51  
52  
53  
54  
55  
56  
57  
58  
59  
60  
61  
62  
63  
64  
65

329  
330 **Main Hypothesis:** We assume that intensive training coupled with standard dyslexia remediation will  
331 significantly improve participants' phonological skills.

332 Two secondary objectives were identified:

333 **Objective 2:** To compare the effect on reading efficiency of an intensive intervention on CP, RAN, and  
334 PA versus standard remediation, at the end of the training program and at 6 weeks post-training.

335 **Hypothesis 2:** We hypothesize that intensive CP, RAN, and PA training significantly improves reading  
336 skills at the end of the training period and 6 weeks after.

337 **Objective 3:** We explore the effect of the sequence of CP and RAN training phases on participant's  
338 phonological and reading skills.

## 339 **Intervention**

### 340 Remediation protocol

341 In phase A, the standard speech therapy session for dyslexia contains grapheme-phoneme conversion  
342 exercises, lexical spelling tasks, and phonological awareness tasks without visual support. According  
343 to the NGAP [62], the session should last at least 30 minutes.

344 During the B and C intervention phases, the children continue standard speech therapy sessions (as in  
345 phase A) and add 15 minutes of daily training at home, 5 days a week. The main experimenter organizes  
346 a practice training session with the legal guardians and patients at the beginning of the protocol to ensure  
347 that the participants understand how to complete the training sessions correctly without any assistance.

348 The first type of intervention corresponds to a 10-minute training session on categorical perception  
349 using Rapdys© [43]. The second type of intervention is rapid automatized naming and lasts 10 minutes.

350 Both interventions (RAN and CP) are systematically combined with 5 additional minutes of phonemic  
351 analysis. On the two days off each week, the child does not perform any training.

1 352 *Descriptions of specific interventions*

4 353 CATEGORIAL PERCEPTION - RAPDYS©

6 354 Categorical perception training is carried out at home: 10 minutes per day, 5 times per week for the  
7  
8 355 whole duration of the phase using RAPDYS© [43]. This software proposes a series of training sessions  
9  
10 356 allowing the patient to discriminate more and more finely between two phonemes with different voicing  
11  
12 357 (e.g. /d/ and /t/). The stimuli used depend on the level of difficulty: 5 levels based on the difference in  
13  
14 358 VOT (Voice Onset Time) between the stimuli. Training consists of two tasks: identification and  
15  
16 359 discrimination. In the identification task, the participant listens to a sound stimulus and has to determine  
17  
18 360 which phoneme was heard. In the discrimination task, the participant hears two phonemes in a row and  
19  
20 361 has to say whether they were the same or different.  
21  
22  
23  
24

25 362 RAPID AUTOMATIZED NAMING - NAMING SPEED

27 363 The rapid automatized RAN training is performed at home: 10 minutes per day, 5 days per week for the  
28  
29 364 whole duration of the phase, using the Naming Speed program. This program was created by Karine  
30  
31 365 Harrar Eskinazi, Julie Nothelier, and Marine Versio for the needs of the forthcoming study  
32  
33 366 "Developmental dyslexia and method of remediation (DDMR): Multimodal intervention in French  
34  
35 367 children aged from 8 to 13 years" [45] because no other software for rapid naming training was available  
36  
37  
38 368 in French. This program was inspired by the Italian software "Run the RAN" [42]. Five black and white  
39  
40 369 drawings of objects from the LEAD lexicon database [63] are displayed on the screen and repeated on  
41  
42 370 horizontal lines randomly displayed in boards of 20 to 60 stimuli. The patient must name, as quickly  
43  
44 371 and accurately as possible, all the images presented, from left to right (in the direction of reading)  
45  
46 372 following an imposed cadence; a red frame is automatically displayed on the screen and gives the patient  
47  
48 373 the naming rhythm. A single image is framed at first, and as the training progresses, the frame surrounds  
49  
50 374 more images (up to 5) and the naming speed increases (from 200ms/item to 50ms/item) (*Figure 2*).

55 375 Figure 2: An example of the RAN board and the preliminary practice line [45]

1 376 PHONOLOGICAL ANALYSIS - PHONEME FUSION AND SEGMENTATION (IN BOTH  
2 377 THE B & C PHASES)

3  
4 378 During both training phases (PC and RAN), a phonemic analysis task is associated with the daily  
5  
6 379 exercises. This task combines two processes: phonemic segmentation and phonemic fusion. Phonemic  
7  
8 380 fusion consists in merging phonemes pronounced in oral form; for instance, the child hears the  
9  
10 381 phonemes /p/-/i/-/r/-/ø/ one after the other and has to fuse the phonemes together in order to pronounce  
11  
12 382 the logatome "piron". The segmentation task is the exact opposite: the child hears the logatome and  
13  
14 383 must segment it into phonemes. In order to train the grapheme-phoneme conversion processes, the child  
15  
16 384 is asked to read the ten items at the end of the training session, and to train the phoneme-grapheme  
17  
18 385 conversion process, he must also write them. The logatomes are computer-generated. Participants are  
19  
20 386 asked to fuse ten logatomes per day after each categorical perception training and to segment ten  
21  
22 387 logatomes per day after each RAN training.  
23  
24  
25  
26

27 388 **Outcomes**

28  
29  
30 389 The two primary judgment criteria are each evaluated by three different measures. In order to meet the  
31  
32 390 internal and external validity criteria of the Risk of Bias in N of 1 Trials (RoBiNT) scale [64], the  
33  
34 391 outcome measures are assessed once a week throughout the entire protocol, from the beginning of phase  
35  
36 392 A<sub>1</sub> to the end of phase A<sub>2</sub>. The measurement session is performed at the end of each weekly speech and  
37  
38 393 language therapy appointment (*Figure 3*).  
39  
40  
41  
42

43 394 Figure 3: Weekly measurement session for each participant during the entire protocol period  
44  
45

46 395 **Primary outcomes**

47  
48  
49 396 The first outcome is a performance gain in audio-phonological skills. It is evaluated by three distinct  
50  
51 397 measures as recommended by Tate et al. [65]:  
52  
53  
54

55 398 **RAPDYS© ASSESSMENT**

56  
57 399 Rapdys© [43] is a program designed to assess and improve the discrimination of voicing boundaries of  
58  
59 400 the phonemes of the French language (opposition of muted and voiced consonant sounds, for example  
60  
61  
62  
63  
64  
65

1 401 /b/ & /d/). The integrated evaluation software provides an assessment of the child's perceptual system  
2  
3 402 and thus an objective measure of potential progress achieved during training. According to the authors,  
4  
5 403 there is no test/retest effect since the stimuli are presented in a random order and no feedback is  
6  
7 404 provided. Studies conducted did not show any increase in perceptual performance in the control group  
8  
9 405 when the evaluation task was repeated at regular intervals. The score is the percentage of correct  
10  
11 406 answers and will be the judgment criterion for this measure.  
12  
13  
14

### 15 407 PHONEME COUNTING

16 408 To assess phonological analysis skills, a list of 10 logatomes is presented to patients from an oral input.  
17  
18 409 The examiner reads the logatome to the child and asks for a count of the phonemes composing it. For  
19  
20 410 example, for the logatome /pabou/, the participant has to segment the phonemes and count them: /p/-  
21  
22 411 /a/-/b/-/ou/ = four phonemes. The child has to answer four. The logatome lists were generated from the  
23  
24 412 free software *Logatron* [58]. In order to obtain 10 different logatomes in each of the 30 repeated  
25  
26 413 measurement sessions, a list of 300 bisyllabic logatomes was generated. The logatomes in this list  
27  
28 414 follow the phonotactic rules of French. Some of them contain complex phoneme groups (consonant  
29  
30 415 clusters) and others are simpler. If the child makes a mistake, the item is presented again until it is  
31  
32 416 successfully answered. The time (in seconds) is measured and used as a judgement criterion.  
33  
34  
35  
36  
37

### 38 417 RAN COLORS

39 418 To measure rapid automatized naming skills, a board of 54 colors (9 lines of 6 colors) is presented in a  
40  
41 419 random order. Its organization is based on the initial "Naming Speed" board [45] but with more complex  
42  
43 420 colors (purple, orange, turquoise etc.) displayed in a different computer-generated random order for  
44  
45 421 each measurement to reduce the learning effect. The participant must name all the colors on the board  
46  
47 422 in the direction of reading (from left to right) and as quickly as possible while making as few mistakes  
48  
49 423 as possible. The raw scores collected are the time in seconds and the number of errors per board. An  
50  
51 424 accuracy score is calculated by dividing the number of correctly named colors by the total number of  
52  
53 425 colors on a board. A second score is computed by dividing the time spent naming the entire board by  
54  
55  
56  
57  
58  
59  
60  
61  
62  
63  
64  
65

1 426 the number of correctly named colors. An example of a test board is shown in *Figure 4* next to the  
2  
3 427 preliminary practice line.  
4

5  
6 428 Figure 4: An example of a test board next to the preliminary practice line.  
7  
8

9  
10 429 **Secondary outcomes**  
11

12  
13 430 The generalization measure –the measure of reading efficiency– is also assessed using three different  
14  
15 431 scores, all from the "*DeltaText*" leximetry test (*Bedoin, 2017*).  
16

17  
18 432 The *DeltaText* consists of four meaningless texts matched for word count and syntactic, lexical, and  
19  
20 433 phonological difficulty. Each text is composed of 201 regular words. The maximum reading time is set  
21  
22 434 to 3 minutes. During the test, the number of errors and the number of words read at the end of 1 mn 30  
23  
24 435 and at the end of the 3 minutes are recorded. The instruction given to the patient is to read as quickly as  
25  
26 436 possible and with the fewest mistakes as possible. If the 201 words are read before the end of the  
27  
28 437 allocated time, the reading time is recorded. Three measures are obtained:  
29  
30

31  
32  
33 438 **READING SPEED**

34  
35 439 The reading speed (in number of words read per minute)  
36  
37

38 440 **READING ACCURACY**

39  
40 441 The reading accuracy (in percentage of words correctly read)  
41  
42

43 442 **READING EFFICIENCY**

44  
45 443 The reading efficiency:  $CTL = [C \text{ (number of words read correctly)} / TL \text{ (child reading time)}] \times 120s$   
46  
47 444  $\text{(maximum reading time)}$   
48  
49

50  
51 445 **Control item**  
52

53  
54 446 To control the specificity of the training, a control test is also proposed, in which non-linguistic target  
55  
56 447 symbols must be circled among visual distractors. A board contains 300 items, including 30 targets.  
57

58 448 The participant has to find all the targets among the 270 distractor animals on the board during a given  
59  
60



1 449 time. The board is printed in A4 format, and the participant has 60 seconds to circle as many targets as  
2  
3 450 possible as fast as possible without circling the distractors. For each measurement session, a new board  
4  
5 451 is randomly generated in a different disposition through a computerized process. An example of a board  
6  
7 452 is shown in *Figure 5*.

10 453 Figure 5. Example of a control item board with the instructions for the participant in French

## 14 454 **Randomization allocation and blinding**

17 455 To introduce a single-blind effect, the children will know what their training program involves but not  
18  
19  
20 456 the expected effects. To ensure double blinding, the speech therapist will be aware of the experimental  
21  
22 457 phases the children are in, but will not intervene in the measurements nor in the collection of results.  
23  
24 458 The members of the experimental teams will not know which phase the children are in, and will simply  
25  
26 459 collect the measurements during the weekly measurement session. This will maintain double blinding.

28  
29  
30 460 The internal validity of the single-case experimental design (SCED) is increased when patients are  
31  
32 461 assigned in an unbiased manner to the baseline duration [66]. Thus, patients will be randomly assigned  
33  
34 462 to the different baseline lengths using a simple computerized randomization procedure. The duration of  
35  
36 463 the intervention phases is also determined in a counterbalanced manner. Two of the four participants  
37  
38  
39 464 will begin with categorical perception training and the other two will begin with rapid automatized  
40  
41 465 naming training. This order follows the baseline durations assigned at the beginning of the experiment:  
42  
43 466 the number of weeks per phase is calculated to avoid confounding variables. The allocation of  
44  
45 467 participants to the 4 designs (type of intervention and length) is thus randomized.

## 49 468 **Training supervision and treatment integrity**

52 469 The daily training sessions are carried out at the patient's home, and the parents or legal guardians are  
53  
54 470 asked to fill in protocol monitoring forms. These forms contain both simplified training instructions for  
55  
56  
57 471 the parents and charts to record the child's scores each day. However, the weekly speech and language  
58  
59 472 therapy sessions also provide an effective way to ensure proper completion of the protocol and

1 473 compliance with the training instructions. Therefore, these records will be checked at each weekly  
2  
3 474 speech and language therapy appointment to confirm that the training program is correctly followed.  
4  
5 475 The RapDys© software will also provide a record of the dates and results of each training session. The  
6  
7 476 measurements will be assessed by a member of experimental teams after each weekly speech therapy  
8  
9 477 session.

## 13 478 **Confidentiality**

16 479 All computerized experimental data from the study will be stored on a password secured network only  
17  
18 480 known by the investigators. Paper data will be kept in a locked case. Patients will be anonymized when  
19  
20 481 data are published.

## 24 482 **Refusal of study participation and drop-out**

27 483 Consent for study participation is obtained at the pre-inclusion assessment and no justification is  
28  
29 484 required in case of refusal. Withdrawal from the protocol is possible at any time at the request of the  
30  
31 485 patient or legal guardian and in case of non-compliance. The criteria for exceptional discontinuation or  
32  
33 486 modification of the protocol are withdrawal of consent to participate, a medical condition, or any other  
34  
35 487 event involving a non-compliance.

## 40 488 **Adverse events**

43 489 There are no predicted adverse or dangerous events for the participants in this study.

## 47 490 **Intended descriptive and inferential statistical analyses**

50 491 First, a visual and descriptive analysis will be performed (Glass'  $\Delta$  and Cohen's  $d$  [67]). Then, we will  
51  
52 492 use the Tau-U analysis [68], which measures effect size for single-case studies. The baseline trend could  
53  
54 493 be controlled by the Baseline Corrected Tau [69].

1 494 To fit the design, missing measurement sessions will be considered as missing data and will not be  
2  
3 495 imputed. Also, according to James E. Pustejovsky, we will make available the raw data used for effect  
4  
5 496 size calculations, so that other researchers can easily replicate and extend our analyses [70].  
6  
7

## 8 497 **Discussion**

---

10  
11 498 This paper presents an experimental protocol for a single-case multiple-baseline design across 4  
12  
13 499 participants to observe the effects of an intensive audio-phonological training program on the  
14  
15 500 phonological and reading skills of four children with developmental dyslexia and HIP (HIP-DD). The  
16  
17 501 lack of data regarding the remediation of HIP-DD children forces clinicians to use non-specific  
18  
19 502 remediation methods for twice-exceptional children, which are often not very effective.  
20  
21  
22

23 503 The results of this study, if successful, will provide a partial answer to this problem. Furthermore, the  
24  
25 504 link between the single-case design and Evidence Based Practice (EBP) [71], which is widely used by  
26  
27 505 clinicians in their daily practice, opens a real gateway between the research and clinical worlds. The  
28  
29 506 American Speech-Language-Hearing Association has also recommended the use of EBP in  
30  
31 507 interventions for communication disorders since 2005 [72]. Most speech and language therapists are  
32  
33 508 therefore familiar with the use of baselines and with the within-subject control approach. Thus, if the  
34  
35 509 results are consistent, they can be directly interpreted by clinicians, and the data regarding remediation  
36  
37 510 can be easily adapted and quickly applied in their practice.  
38  
39  
40  
41

42 511 Furthermore, small sample studies allow for a detailed qualitative analysis and are a good alternative to  
43  
44 512 group studies when the target population is rare. The single-case design allows a more exhaustive  
45  
46 513 qualitative analysis of the anamnesis and screening data in order to better understand the cognitive  
47  
48 514 language profile of each participant. The staggered configuration of the participants' timeline allows a  
49  
50 515 control of temporal and session number variables. Despite the thorough attention paid to respecting  
51  
52 516 scientific criteria that ensure the highest reliability of the outcomes, some limitations were found when  
53  
54 517 preparing this protocol. To avoid cognitive overload and participant dropout, an intervention targeting  
55  
56 518 all underlying cognitive deficits was excluded. First, the time required for a measurement session would  
57  
58  
59  
60  
61

1 519 be excessive, as would the total duration of the protocol. Also, since phonological theory is still the  
2  
3 520 most widely believed causal hypothesis of developmental dyslexia [66], an intervention that only targets  
4  
5 521 the audio-phonological processes involved in dyslexia was selected. Thus, only RAN and CP were  
6  
7 522 measured and offered as training in this study. A similar protocol focusing on visual-attentional aspects  
8  
9 523 could be considered at a later stage. If the results are conclusive, a remediation protocol focusing on all  
10  
11 524 underlying cognitive deficits should be tested in a larger sample study without the constraints of  
12  
13 525 repeated measurements induced by the SCED.

16  
17 526 In conclusion, the population of HIP-DD patients represents a significant part of speech and language  
18  
19 527 therapists' patient base but remains underrepresented in the scientific literature. Consequently, the  
20  
21 528 therapeutic approaches for these patients are still not sufficiently structured and validated. The results  
22  
23 529 of this study should constitute a starting point for further progress in the remediation of written language  
24  
25 530 disorders in children with HIP, both in the clinical and the research fields.

## 30 531 **List of Abbreviations**

---

32 532 **HIP:** High intellectual potential

34 533 **HIP-DD:** dyslexic with high intellectual potential

36 534 **IQ:** Intellectual Quotient

38 535 **DD:** Developmental Dyslexia

40 536 **UCD:** Underlying Cognitive Deficit(s)

42 537 **RAN:** Rapid Automatized Naming

44 538 **CP:** Categorical Perception

46 539 **PA:** Phonemic Analysis

48 540 **CV:** Consonant/Vowel

50 541 **CCV:** Consonant/Consonant/Vowel

52 542 **VOT:** Voice Onset Time

54 543 **SCED:** Single-Case Experimental Design

56 544 **EBP:** Evidence Based Practice

## Declarations

---

### ETHIC APPROVAL AND CONSENT TO PARTICIPATE

This study received ethics approval from two independent expert committees. First ethics approval was provided by the French National Committee for the Protection of Persons (CPP); Ile de France IV, IRB 00003835, reference number 2019/50, ID-RCB 2019-A01453-54. Second ethics approval was provided by the local Ethics Committee for Non-Interventional Research at Université Côte d'Azur (CERNI); reference number 2019-7.

Written informed consent will be received from each participant's legal guardian or parent in accordance with the Jardé law decree on research involving the human person (Decree no. 2016-1537 of 16 November 2016) and the Declaration of Helsinki. Major modifications to the protocol will be submitted to the CPP IDF VI ethics committee for approval. Any changes will be implemented and added to the protocol. The modifications will be communicated in a new consent form to the study participants. The results of the study will be shared with patients and legal guardians upon request.

### CONSENT FOR PUBLICATION

Not applicable - No individual data were shared for the purpose of this article.

### AVAILABILITY OF DATA AND MATERIALS

This manuscript does not contain any data at this stage, but future data will be made available upon reasonable request by sending a mail to [darrot\\_research@yahoo.com](mailto:darrot_research@yahoo.com) or through a permanent weblink to datasets.

### COMPETING INTERESTS

The authors declare no competing interest.

1 566 FUNDING

2  
3 567 This study is funded by the Ministry of Higher Education, Research, and Innovation and the National  
4  
5 568 Association for Research and Technology (ANRT) through a doctoral grant awarded to the last author.  
6  
7 569 This grant is a French industrial agreement for applied research, CIFRE reference no. 2018/1089. This  
8  
9  
10 570 work was also sponsored by the Fondation Lenval - Hôpitaux Pédiatriques de Nice CHU- Lenval  
11  
12 571 (Lenval Foundation - University Hospitals for Children in Nice) for regulatory and ethical submission  
13  
14 572 requirements. The funders of the research had no role, neither in the design of the study nor in writing  
15  
16 573 the study protocol. The trial sponsor and funders had no influence on the planning, conduct, and design  
17  
18 574 of this trial and will not have any role during its execution, analyses, interpretation of the data, or  
19  
20  
21 575 decision to submit results.  
22  
23

24  
25 576 AUTHORS' CONTRIBUTIONS

26  
27 577 KHE designed the remediation protocol, is responsible for the proper execution of the remediation  
28  
29 578 protocol, has approved the submitted version, and has agreed to be personally accountable for the  
30  
31 579 author's own contributions.  
32  
33

34  
35 580 XC is responsible for the development of the experimental design and the statistical analysis, has  
36  
37 581 approved the submitted version, and has agreed to be personally accountable for the author's own  
38  
39 582 contributions.  
40  
41

42  
43 583 AG has supervised the draft, has substantively revised the work, has approved the submitted version,  
44  
45 584 and has agreed to be personally accountable for the author's own contributions.  
46  
47

48  
49 585 VM has substantively revised the work, has approved the submitted version, and has agreed to be  
50  
51 586 personally accountable for the author's own contributions.  
52  
53

54  
55 587 GD has drafted and designed the work, has approved the submitted version, and has agreed to be  
56  
57 588 personally accountable for the author's own contributions.  
58  
59  
60  
61

1 589 All authors have read and approved the manuscript.

4 590 ACKNOWLEDGMENTS

7 591 We would like to thank Sylvane Faure, Johannes Ziegler, Hervé Caci, Gilles Leloup and Dominique  
9 592 Donzeau for their help, support and valuable advice.

13 593 TRIAL STATUS

15 594 The recruitment process is in progress. This single case study protocol implements the same  
17 595 methodology as the randomised clinical trial study protocol: Version identifier is no. ID RCB 2019-  
20 596 A01453-54, 19-HPNCL-02, 07/18/2019. [Developmental Dyslexia and Remediation Methods - Full  
22 597 Text View - ClinicalTrials.gov](#)

26 598 AUTHORS' DETAILS

28 599 Karine Harrar Eskinazi,

30 600 PhD student

33 601 Laboratory of Anthropology and Clinical, Cognitive and Social Psychology (LAPCOS)

35 602 Université Côte d'Azur, France

37 603 [karine.eskinazi@univ-cotedazur.fr](mailto:karine.eskinazi@univ-cotedazur.fr)

39 604

42 605 Xavier Corveleyn,

44 606 Researcher (Assistant Professor in Integrative Clinical Psychology)

46 607 Laboratory of Anthropology and Clinical, Cognitive and Social Psychology (LAPCOS)

48 608 Université Côte d'Azur, France

50 609 [xavier.corveleyn@unice.fr](mailto:xavier.corveleyn@unice.fr)

53 610

55 611 Gaëlle Darrot,

57 612 Speech and language therapist

59 613 Nice Medical Faculty

1 614 Université Côte d'Azur, France  
2  
3 615 [darrot\\_research@yahoo.com](mailto:darrot_research@yahoo.com)  
4  
5 616  
6  
7 617 Auriane Gros,  
8  
9 618 Assistant Professor in Neuroscience  
10  
11 619 CoBTeK laboratory, Nice Speech Therapy Department  
12  
13 620 Université Côte d'Azur, Nice Medical Faculty  
14  
15 621  
16  
17 622 Valeria Manera  
18  
19 623 Researcher in Psychology  
20  
21 624 CoBTeK laboratory, Nice Speech Therapy Department  
22  
23 625 Université Côte d'Azur, Nice Medical Faculty  
24  
25 626  
26  
27 627 Bruno De Cara  
28  
29 628 Researcher (Assistant Professor in Developmental Psychology)  
30  
31 629 Laboratory of Anthropology and Clinical, Cognitive and Social Psychology (LAPCOS)  
32  
33 630 Université Côte d'Azur, France  
34  
35  
36  
37  
38  
39  
40  
41  
42  
43

## 44 632 **Additional files**

---

45  
46 633 Additional file 1: SPENT-Checklist (Pdf with page numbers for each item)  
47  
48

## 49 634 **References**

- 50  
51  
52  
53 635 1. Delaubier J-P. La scolarisation des élèves intellectuellement précoces : rapport à Monsieur le Ministre  
54  
55 636 de l'éducation nationale. Rapp Off Ministère L'Éducation Natl. 2002.  
56  
57  
58  
59 637 2. Toffalini E, Pezzuti L, Cornoldi C. Einstein and dyslexia: Is giftedness more frequent in children  
60  
61  
62  
63  
64  
65



- 1 638 with a specific learning disorder than in typically developing children? *Intelligence*. 2017;62:175–9.  
2  
3
- 4 639 3. Pradeille F-M. The support of the family by the general practitioner, since the discovery of giftness  
5  
6 640 for children with undera-chievement to the establishment of solutions. U - Thesis (Thesis). Université  
7  
8 641 de Picardie; 2012.  
9
- 10  
11  
12 642 4. Winner E. *Surdoués: mythes et réalités*. Aubier; 1997.  
13  
14
- 15 643 5. Turon-Lagot E. *WISC-IV : Une mesure des manifestations de l'intelligence chez l'enfant*. Eric  
16  
17 644 Turon-Lagot; 2012.  
18  
19  
20
- 21 645 6. Revol O, Bléandonu G. Enfants intellectuellement précoces : comment les dépister ? *Arch Pédiatrie*.  
22  
23 646 2012;19:340–3.  
24  
25  
26
- 27 647 7. Wahl G. *Les enfants intellectuellement précoces*. Paris cedex 14: Presses Universitaires de France;  
28  
29 648 2015.  
30  
31
- 32 649 8. Vaumoron S, Pouhet A. *Tests de QI : et que faire après ?* Editions Tom Pousse; 2019.  
33  
34  
35
- 36 650 9. Grégoire J. Les défis actuels de l'identification des enfants à haut potentiel. *ANAE Approche*  
37  
38 651 *Neuropsychol Apprentiss Chez Enfant*. 2012;25.  
39  
40  
41
- 42 652 10. Liratni M, Wagner A, Pry R. Performances d'écriture de 12 enfants à haut potentiel intellectuel.  
43  
44 653 *ANAE Approche Neuropsychol Apprentiss Chez Enfant*. 2012; 116:86–94.  
45  
46
- 47 654 11. Suprano I, Delon-Martin C, Kocevar G, Stamile C, Hannoun S, Achard S, et al. Topological  
48  
49 655 Modification of Brain Networks Organization in Children With High Intelligence Quotient: A Resting-  
50  
51 656 State fMRI Study. *Front Hum Neurosci*. 2019;13.  
52  
53  
54
- 55 657 12. Solé-Casals J, Serra-Grabulosa JM, Romero-Garcia R, Vilaseca G, Adan A, Vilaró N, et al.  
56  
57 658 Structural brain network of gifted children has a more integrated and versatile topology. *Brain Struct*  
58  
59 659 *Funct*. 2019;224:2373–83.  
60  
61  
62  
63  
64  
65

- 1 660 13. Jin S-H, Kwon Y-J, Jeong J-S, Kwon S-W, Shin D-H. Differences in Brain Information  
2  
3 661 Transmission between Gifted and Normal Children during Scientific Hypothesis Generation. *Brain*  
4  
5 662 *Cogn.* 2006;62:191–7.  
6  
7  
8  
9 663 14. Lee KH, Choi YY, Gray JR, Cho SH, Chae J-H, Lee S, et al. Neural correlates of superior  
10  
11 664 intelligence: stronger recruitment of posterior parietal cortex. *NeuroImage.* 2006;29:578–86.  
12  
13  
14 665 15. Fraenz C, Schlüter C, Friedrich P, Jung RE, Güntürkün O, Genç E. Interindividual differences in  
15  
16 666 matrix reasoning are linked to functional connectivity between brain regions nominated by Parieto-  
17  
18 667 Frontal Integration Theory. *Intelligence.* 2021;87:101545.  
19  
20  
21  
22 668 16. Luders E, Narr KL, Bilder RM, Thompson PM, Szeszko PR, Hamilton L, et al. Positive correlations  
23  
24 669 between corpus callosum thickness and intelligence. *NeuroImage.* 2007;37:1457–64.  
25  
26  
27  
28 670 17. Gignac GE, Bates TC. Brain volume and intelligence: The moderating role of intelligence  
29  
30 671 measurement quality. *Intelligence.* 2017;64:18–29.  
31  
32  
33  
34 672 18. American Psychiatric Association. *Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders.* Fifth.  
35  
36 673 American Psychiatric Association; 2013.  
37  
38  
39 674 19. Lachmann T, Leeuwen C. Reading as functional coordination: not recycling but a novel synthesis.  
40  
41 675 *Front Psychol.* 2014;5.  
42  
43  
44  
45 676 20. Saksida A, Iannuzzi S, Bogliotti C, Chaix Y, Démonet J-F, Bricout L. Phonological skills, visual  
46  
47 677 attention span, and visual stress in developmental dyslexia. *Dev Psychol.* 2016;52:1503–16.  
48  
49  
50  
51 678 21. Menghini D, Carlesimo GA, Marotta L, Finzi A, Vicari S. Developmental dyslexia and explicit  
52  
53 679 long-term memory. *Dyslexia.* 2010;16:213–25.  
54  
55  
56 680 22. Pennington BF. From single to multiple deficit models of developmental disorders. *Cognition.*  
57  
58 681 2006;101:385–413.  
59  
60  
61  
62  
63  
64  
65

- 1 682 23. Bergen E, A L, PF J. The intergenerational multiple deficit model and the case of dyslexia. Front  
2  
3 683 Hum Neurosci. 2014;8.  
4  
5  
6 684 24. Zoubrinetzky R, Bielle F, Valdois S. New Insights on Developmental Dyslexia Subtypes:  
7  
8 685 Heterogeneity of Mixed Reading Profiles. PLOS ONE. 2014;9:e99337.  
9  
10  
11  
12 686 25. Peters JL, De Losa L, Bavin EL, Crewther SG. Efficacy of dynamic visuo-attentional interventions  
13  
14 687 for reading in dyslexic and neurotypical children: A systematic review. Neurosci Biobehav Rev.  
15  
16 688 2019;100:58–76.  
17  
18  
19  
20 689 26. Ziegler J, Perry C, Zorzi M. Modeling the Variability of Developmental Dyslexia. 2019.  
21  
22  
23 690 27. Gombert J-E. Le Développement métalinguistique. Paris: Presses Universitaires de France - PUF;  
24  
25 691 1990.  
26  
27  
28  
29 692 28. Swan D, Goswami U. Picture Naming Deficits in Developmental Dyslexia: The Phonological  
30  
31 693 Representations Hypothesis. Brain Lang. 1997;56:334–53.  
32  
33  
34  
35 694 29. Wolf M, Bowers PG. Naming-Speed Processes and Developmental Reading Disabilities: An  
36  
37 695 Introduction to the Special Issue on the Double-Deficit Hypothesis. J Learn Disabil. 2000;33:322–4.  
38  
39  
40  
41 696 30. Mundy IR, Hannant P. Exploring the phonological profiles of children with reading difficulties: A  
42  
43 697 multiple case study. Dyslexia. 2020;26:411–26.  
44  
45  
46 698 31. Zoubrinetzky R, Collet G, Serniclaes W, Nguyen-Morel M-A, Valdois S. Relationships between  
47  
48 699 Categorical Perception of Phonemes. In: Phoneme Awareness, and Visual Attention Span in  
50  
51 700 Developmental Dyslexia. PLoS ONE. 2016.  
52  
53  
54 701 32. Serniclaes W, Van Heghe S, Mousty P, Carré R, Sprenger-Charolles L. Allophonic mode of speech  
55  
56 702 perception in dyslexia. J Exp Child Psychol. 2004;87:336–61.  
57  
58  
59  
60 703 33. Brody LE, Mills CJ. Gifted Children with Learning Disabilities: A Review of the Issues. J Learn  
61  
62  
63  
64  
65

- 1 704 Disabil. 1997;30:282–96.
- 2
- 3
- 4 705 34. van Viersen S, de Bree EH, Kroesbergen EH, Slot EM, de Jong PF. Risk and protective factors in
- 5
- 6 706 gifted children with dyslexia. *Ann Dyslexia*. 2015;65:178–98.
- 7
- 8
- 9
- 10 707 35. van Viersen S, Kroesbergen EH, Slot EM, de Bree EH. High Reading Skills Mask Dyslexia in
- 11
- 12 708 Gifted Children. *J Learn Disabil*. 2014;49:189–99.
- 13
- 14
- 15 709 36. Berninger VW, Abbott RD. Differences Between Children With Dyslexia Who Are and Are Not
- 16
- 17 710 Gifted in Verbal Reasoning. *Gift Child Q*. 2013;57:223–33.
- 18
- 19
- 20
- 21 711 37. Foley Nicpon M, Allmon A, Sieck B, Stinson RD. Empirical Investigation of Twice-Exceptionality:
- 22
- 23 712 Where Have We Been and Where Are We Going? *Gift Child Q*. 2011;55:3–17.
- 24
- 25
- 26
- 27 713 38. Assouline SG, Foley Nicpon M, Whiteman C. Cognitive and Psychosocial Characteristics of Gifted
- 28
- 29 714 Students With Written Language Disability. *Gift Child Q*. 2010;54:102–15.
- 30
- 31
- 32
- 33 715 39. Vander Stappen C, Reybroeck M. Phonological Awareness and Rapid Automatized Naming Are
- 34
- 35 716 Independent Phonological Competencies With Specific Impacts on Word Reading and Spelling: An
- 36
- 37 717 Intervention Study. *Front Psychol*. 2018;9.
- 38
- 39
- 40
- 41 718 40. Hatcher PJ, Hulme C, Snowling MJ. Explicit phoneme training combined with phonic reading
- 42
- 43 719 instruction helps young children at risk of reading failure. *J Child Psychol Psychiatry*. 2004;45:338–58.
- 44
- 45
- 46 720 41. Layes S, Guendouz M, Lalonde R, Rebai M. Combined Phonological Awareness and Print
- 47
- 48 721 Knowledge Training Improves Reading Accuracy and Comprehension in Children with Reading
- 49
- 50 722 Disabilities. *Int J Disabil Dev Educ*. 2020;0:1–15.
- 51
- 52
- 53
- 54 723 42. Pecini C, Spoglianti S, Bonetti S, Lieto MCD, Guaran F, Martinelli A, et al. Training RAN or
- 55
- 56 724 reading? A telerehabilitation study on developmental dyslexia. *Dyslexia*. 2019;25:318–31.
- 57
- 58
- 59
- 60 725 43. Serniclaes W, Gregory C, Cécile C. Remédiation audio-phonologique de la dyslexie (RapDys□) :

- 1 726 un logiciel visant à modifier la perception allophonique des sons de la parole en perception phonémique.  
2  
3 727 ANAE - Approche Neuropsychol Apprentiss Chez Enfant. 2017;148.  
4  
5  
6 728 44. Ronksley-Pavia M. A Model of Twice-Exceptionality: Explaining and Defining the Apparent  
7  
8 729 Paradoxical Combination of Disability and Giftedness in Childhood. *J Educ Gift*. 2015;38:318–40.  
9  
10  
11 730 45. Harrar Eskinazi K, De Cara B, Leloup G, Nothelier J, Caci H, Ziegler J, et al. Developmental  
12  
13 731 dyslexia and methods for remediation (DDMR). Multimodal intervention in French-speaking children  
14  
15 732 aged between 8 and 13 years: study protocol for a randomized multicenter controlled crossover trial.  
16  
17 733 *BMC Pediatr*. 2021;Article submitted for publication.  
18  
19  
20  
21 734 46. Gana K, Gallé-Tessonneau M, Broc G. Le protocole individuel en psychologie : tutoriel à l’usage  
22  
23 735 des psychologues praticiens. *Prat Psychol*. 2019;25:153–67.  
24  
25  
26  
27 736 47. Evans J, Gast D, Perdices M, Manolov R. Single case experimental designs: Introduction to a special  
28  
29 737 issue of *Neuropsychological Rehabilitation*. *Neuropsychol Rehabil*. 2014.  
30  
31 738 <https://doi.org/10.1080/09602011.2014.903198>.  
32  
33  
34  
35 739 48. Janosky JE, Leininger SL, Hoerger MP, Libkuman TM. Application of the Single Subject Design  
36  
37 740 in Biomedicine. In: Janosky JE, Leininger SL, Hoerger MP, Libkuman TM, editors. *Single Subject*  
38  
39 741 *Designs in Biomedicine*. Dordrecht: Springer Netherlands; 2009. p. 81–96.  
40  
41  
42  
43 742 49. Lefavrais P. *Manuel du test de l’alouette*. Paris, France: Centre de psychologie appliquée; 1967.  
44  
45  
46  
47 743 50. Lefavrais P. *Alouette-R: test d’analyse de la vitesse en lecture à partir d’un texte*.  
48  
49  
50  
51 744 51. Launay L, Roustit J, Maeder C, Touzin M. *Evaléo 6-15 : Evaluation du langage écrit et du langage*  
52  
53 745 *oral 6-15 ans*. Isbergues: Ortho édition; 2018.  
54  
55  
56 746 52. Sprenger-Charolles L, Colé P, Piquard-Kipffer A, EVALEC LG. *Batterie informatisée d’évaluation*  
57  
58 747 *diagnostique des troubles spécifiques d’apprentissage de la lecture*. 2010.  
59  
60  
61  
62  
63  
64  
65

- 1 748 53. Lobrot M. OrLec : Batterie d'épreuves pour mesurer la lecture et l' orthographe : partie lecture,  
2  
3 749 partie orthographe. Etablissements D'Applications Psychotech EAP. 1988.  
4  
5  
6 750 54. Lobrot M. OrLec : Batterie d'épreuves pour mesurer la lecture et l' orthographe : partie lecture,  
7  
8 751 partie orthographe. Beaumont-sur-Oise: Bureau d'études et de recherches; 1967.  
9  
10  
11  
12 752 55. Pierart B, Gregoire J. Déchiffrer et comprendre : le test de closure en lecture revisité : Etalonnage  
13  
14 753 belge du L3 de Lobrot. Déchiffrer Compr Test Clos En Lect Revisité Etalonnage Belge L3 Lobrot.  
15  
16 754 2004;39:87–100.  
17  
18  
19  
20 755 56. Baneath B, Boutard C, Alberti C. Chronosdictées : Outils d'évaluation des performances  
21  
22 756 orthographiques : avec et sans contrainte temporelle : du CE1 à la troisième. Isbergues: Ortho édition;  
23  
24 757 2006.  
25  
26  
27  
28 758 57. Valdois S, Guinet E, Embs JL, Bosse M-L, Peyrin C. Evadys : logiciel d'évaluation de l'empan  
29  
30 759 visuo-attentionnel chez l'enfant dyslexique ; Coreva : Exercices progressifs d'entraînement des  
31  
32 760 capacités d'empan visuo-attentionnel. ZA Proxima: Happy Neuron Pro; 2014.  
33  
34  
35  
36 761 58. SIGL : Sélection et inhibition des traitements global et local. GNOSIA; 2014.  
37  
38  
39 762 59. Kessels RPC, van ZMJE, Postma A, Kappelle LJ, de HEHF. The Corsi Block-Tapping Task:  
40  
41 763 Standardization and Normative Data. Appl Neuropsychol. 2000;7:252–8.  
42  
43  
44  
45 764 60. Lecocq P. É.co.s.se une épreuve de compréhension syntaxico-sémantique (manuel et épreuve):  
46  
47 765 Deux volumes. Presses Univ. Septentrion; 1998.  
48  
49  
50  
51 766 61. Krasny-Pacini A, Evans J. Single-case experimental designs to assess intervention effectiveness in  
52  
53 767 rehabilitation: A practical guide. Ann Phys Rehabil Med. 2018;61:164–79.  
54  
55  
56 768 62. NGAP (nomenclature générale des actes professionnels) - Ministère des Solidarités et de la Santé.  
57  
58  
59  
60 769 63. Bonin P, Peereman R, Malardier N, Méot A, Chalard M. A new set of 299 pictures for  
61  
62  
63  
64  
65

1 770 psycholinguistic studies: French norms for name agreement, image agreement, conceptual familiarity,  
2  
3 771 visual complexity, image variability, age of acquisition, and naming latencies. *Behav Res Methods*  
4  
5 772 *Instrum Comput.* 2003;35:158–67.  
6  
7  
8  
9 773 64. Tate RL, Perdices M, Rosenkoetter U, Wakim D, Godbee K, Togher L. Revision of a method quality  
10  
11 774 rating scale for single-case experimental designs and n-of-1 trials: The 15-item Risk of Bias in N-of-1  
12  
13 775 Trials (RoBiNT) Scale. *Neuropsychol Rehabil.* 2013;23:619–38.  
14  
15  
16 776 65. Tate RL, Perdices M, Rosenkoetter U, Shadish W, Vohra S, Barlow DH, et al. The Single-Case  
17  
18 777 Reporting Guideline In BEhavioural Interventions (SCRIBE) 2016 Statement †. *Neuropsychol Rehabil.*  
19  
20 778 2017;27:1–15.  
21  
22  
23  
24 779 66. Kratochwill T, Levin J. Enhancing the Scientific Credibility of Single-Case Intervention Research:  
25  
26 780 Randomization to the Rescue. *Psychol Methods.* 2010;15:124–44.  
27  
28  
29  
30 781 67. Lane JD, Gast DL. Visual analysis in single case experimental design studies: Brief review and  
31  
32 782 guidelines. *Neuropsychol Rehabil.* 2014;24:445–63.  
33  
34  
35  
36 783 68. Parker RI, Vannest KJ, Davis JL, Sauber SB. Combining Nonoverlap and Trend for Single-Case  
37  
38 784 Research: Tau-U. *Behav Ther.* 2011;42:284–99.  
39  
40  
41  
42 785 69. Tarlow KR. An Improved Rank Correlation Effect Size Statistic for Single-Case Designs: Baseline  
43  
44 786 Corrected Tau. *Behav Modif.* 2017;41:427–67.  
45  
46  
47 787 70. Pustejovsky, James E. What is Tau-U? James E. Pustejovsky. 2016. [https://www.jepusto.com/what-](https://www.jepusto.com/what-is-tau-u/)  
48  
49 788 [is-tau-u/](https://www.jepusto.com/what-is-tau-u/). Accessed 6 Mar 2022.  
50  
51  
52  
53 789 71. Byiers Breanne J, Joe R, J SF. Single-Subject Experimental Design for Evidence-Based Practice.  
54  
55 790 *Am J Speech Lang Pathol.* 2012;21:397–414.  
56  
57  
58  
59 791 72. American Speech-Language-Hearing Association. Evidence-based practice in communication  
60  
61  
62  
63  
64  
65

1 792 disorders [Position Statement. Position Statement Am Speech-Lang-Hear Assoc. 2005.  
2  
3 793 <https://doi.org/10.1044/policy.PS2005-00221>.  
4  
5

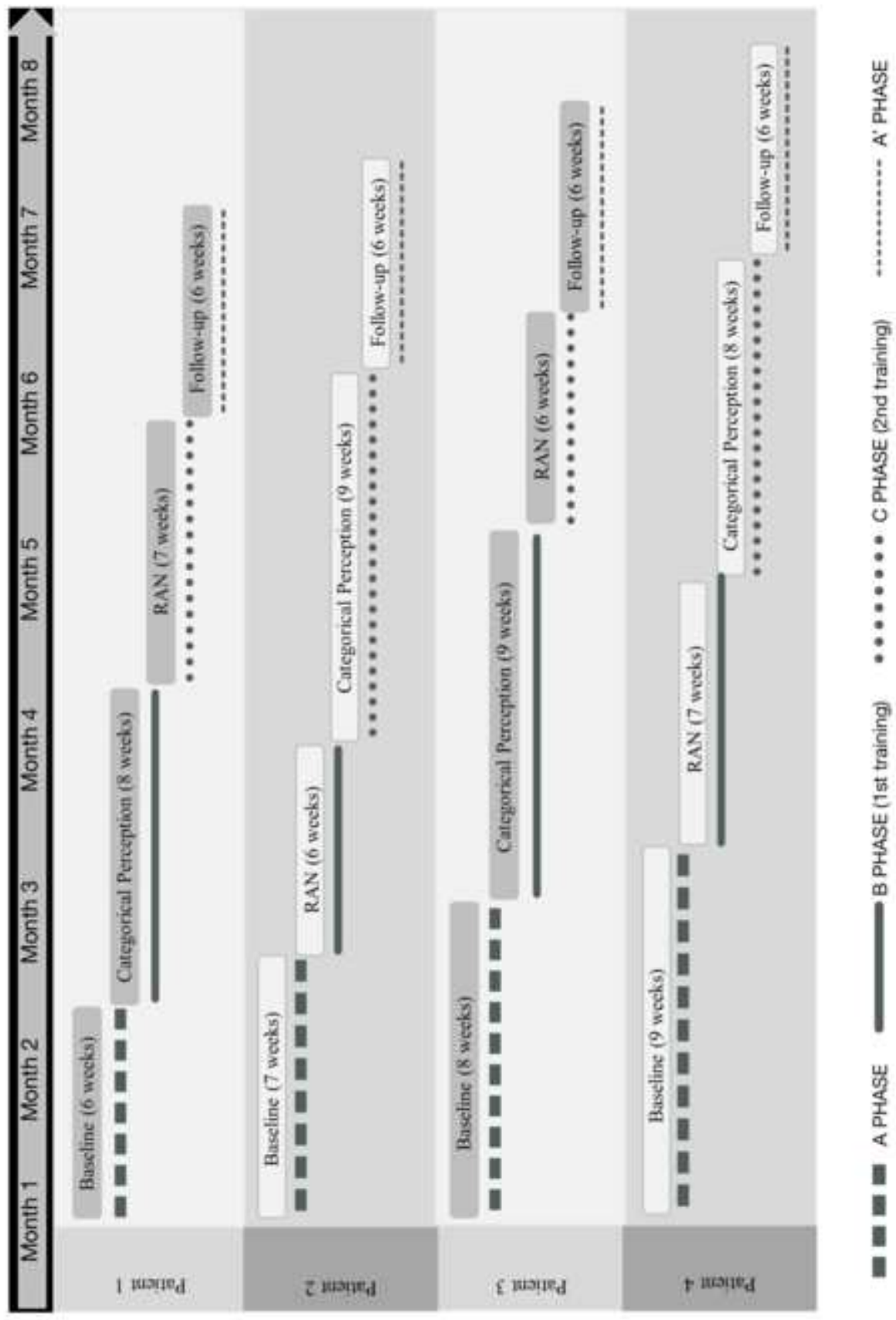
6 794  
7  
8 795  
9

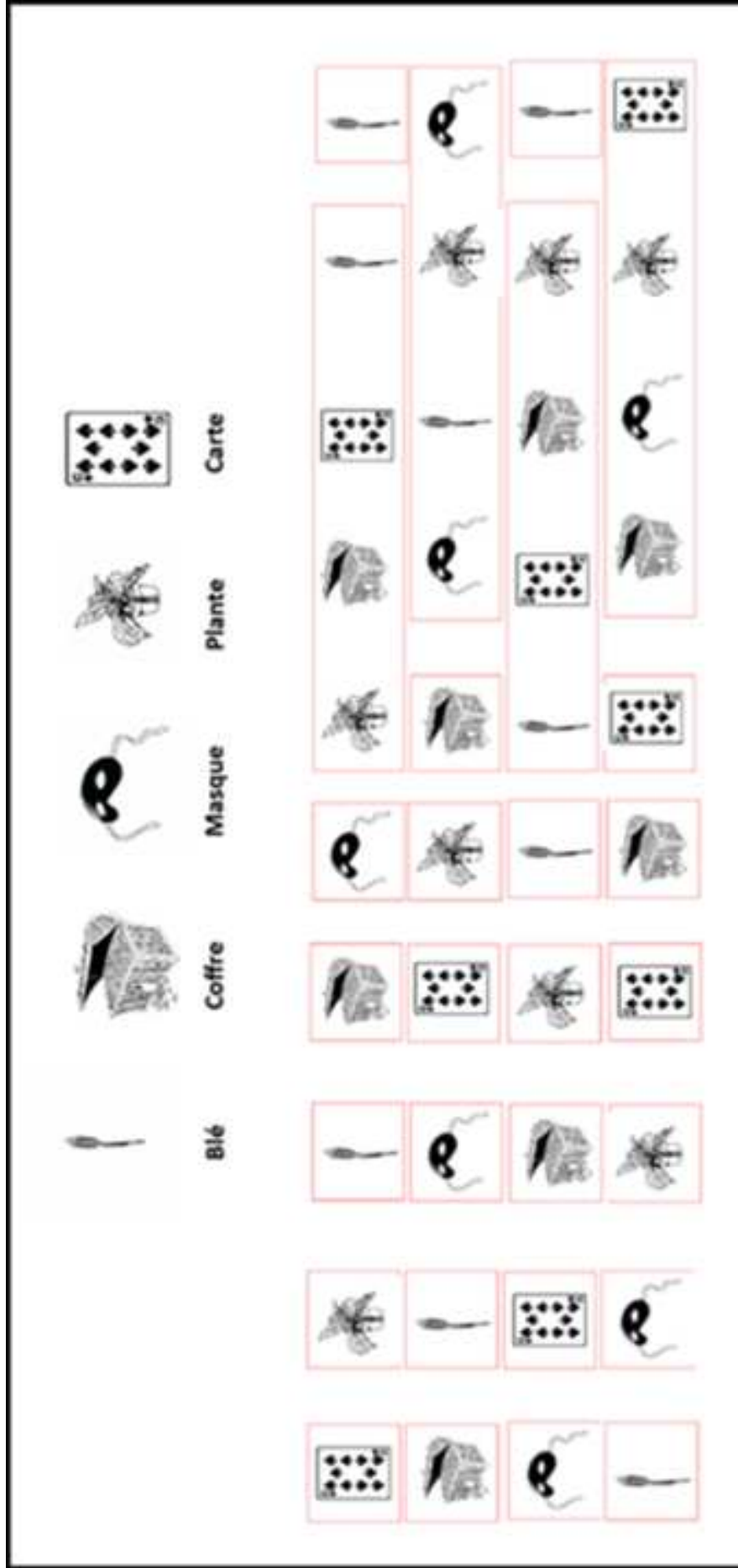
10  
11 **Figure Legends**  
12

- 13  
14 797 Figure 1. Overview of participants' timeline 14  
15  
16 798 Figure 2. An example board of the RAN training and the preliminary learning line 16  
17  
18 799 Figure 3. Weekly measurements 17  
19  
20 800 Figure 4. An example of the RAN test board with the preliminary learning line 18  
21  
22 801 Figure 5. An example of control item board with the French given indication to the participant 20  
23  
24  
25  
26  
27  
28  
29  
30  
31  
32  
33  
34  
35  
36  
37  
38  
39  
40  
41  
42  
43  
44  
45  
46  
47  
48  
49  
50  
51  
52  
53  
54  
55  
56  
57  
58  
59  
60  
61  
62  
63  
64  
65



Figure 1





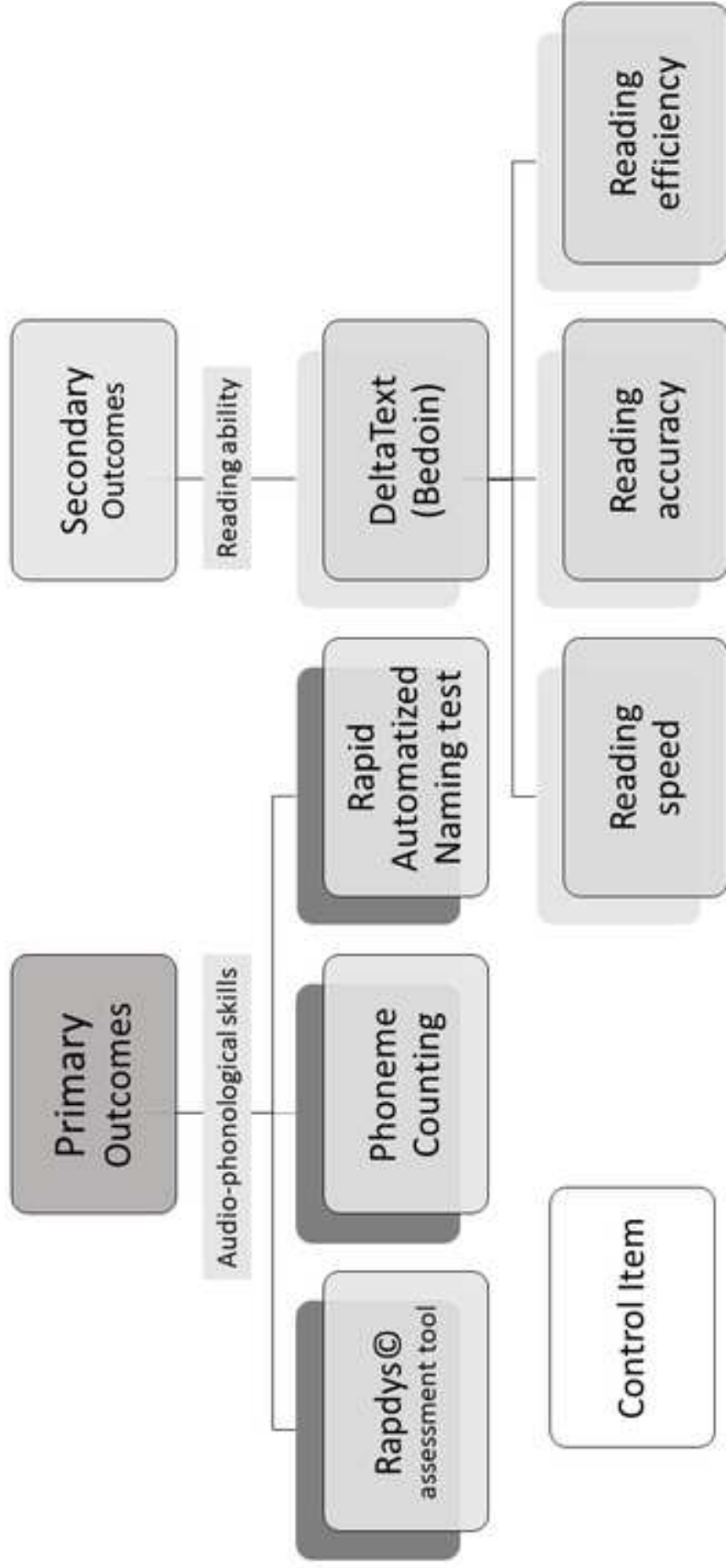


Figure 3

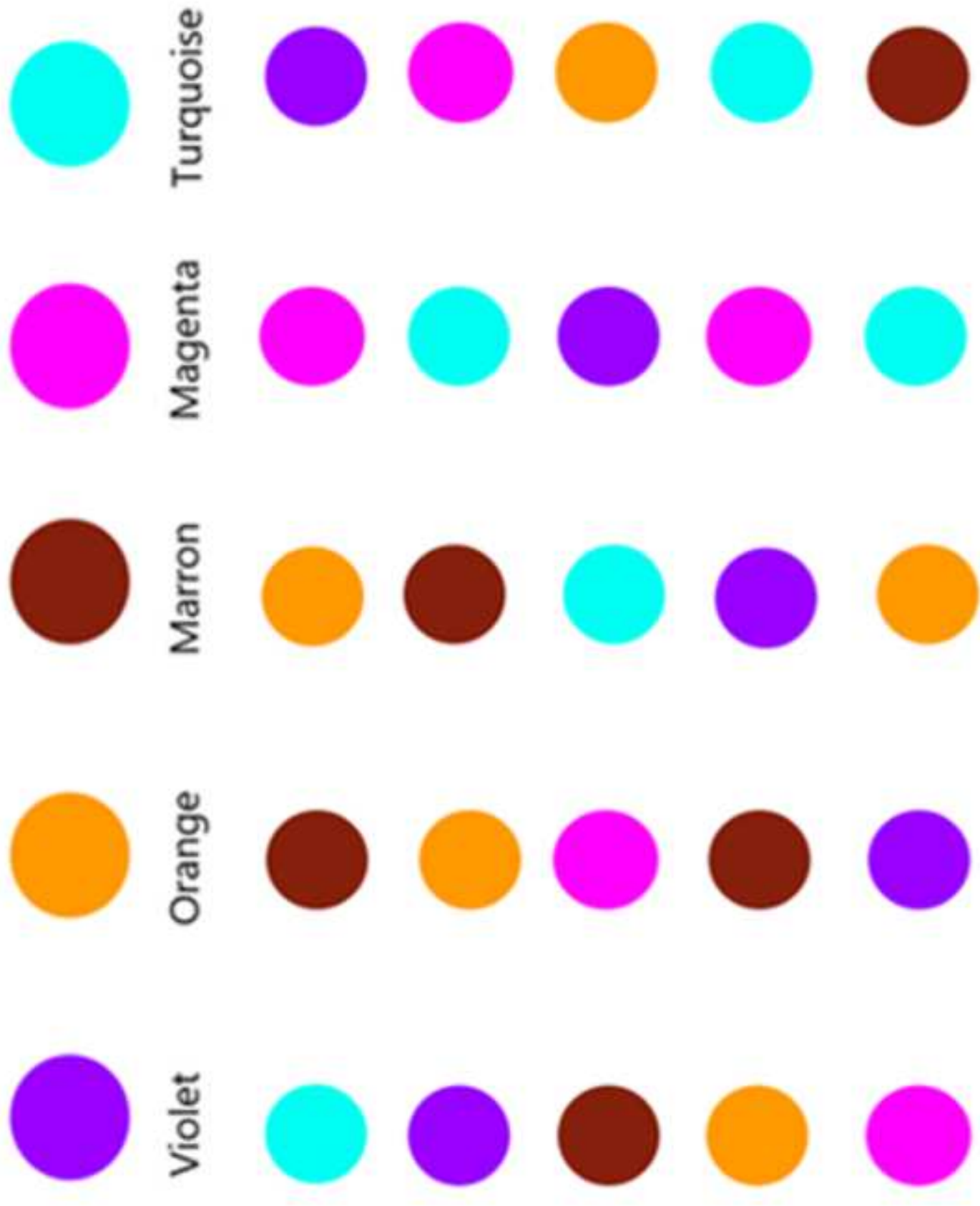


Figure 4

Entoure le plus vite possible tous les lamas (  ) que tu trouves en essayant de ne pas faire d'erreur.



## ANNEXE 22

*Moyennes des scores standardisés et écarts-types de l'échantillon partiel au Temps 1 des participants ayant terminé le protocole (n=93)*

	<b>Groupe PHO-VA n=48</b> Moyennes z (écarts- types)	<b>Groupe VA- PHO n=45</b> Moyennes z (écarts- types)	<b>t de Student</b>	<b>Valeur de p</b>	<b>d de Cohen</b>
Age chronologique (mois)	127.07 (19.5)	117.7 (15.2)	2.58	0.01*	0.53
Genre (1:féminin; 0:masculin)	0.5 (0.5)	0.68 (0.5)	-1.78	0.08	-0.37
Classe en années d'école élémentaire	5.11 (1.7)	4.38 (1.3)	2.31	0.02*	0.48
Niveau d'étude de la mère	3.22 (1.6)	3.66 (1.6)	-1.35	0.18	-0.28
Age lecture - âge chronologique	-33.17 (13.8)	-25.94 (11.6)	-2.73	0.007**	-0.56
Alouette efficacité	-1.32 (0.8)	-1.3 (0.6)	-0.16	0.872	-0.03
Mouette/Pingouin (classes)	1.28 (0.7)	1.45 (0.9)	-0.95	0.342	-0.19
Eval MCL (classes)	1.41 (0.7)	1.51 (0.9)	-0.57	0.566	-0.11
Mots réguliers (précision)	-1.62 (2)	-1.98 (2.1)	0.78	0.435	0.16
Mots réguliers (vitesse)	-2.74 (2.3)	-2.13 (2.2)	-1.29	0.199	-0.27
Mots irréguliers (précision)	-3.86 (4.5)	-3.04 (3.5)	-0.96	0.336	-0.20
Mots irréguliers (vitesse)	-1.72 (1.9)	-1.27 (2.3)	-1.01	0.312	-0.21
Pseudomots (précision)	-2.41 (2)	-2.51 (2)	0.20	0.84	0.05
Pseudomots (vitesse)	-1.31 (1.5)	-0.51 (1)	-2.36	0.022*	-0.62
Compréhension écrite (quartiles)	3.62 (0.7)	3.6 (0.8)	0.12	0.899	0.02
Orthographe (nombre d'erreurs)	-3.07 (1.7)	-2.51 (2.1)	-1.42	0.156	-0.29
Segmentation syllabe (précision)	-0.66 (1.4)	-0.16 (1.1)	-1.86	0.0658	-0.39
Segmentation syllabe (vitesse)	-1.11 (1.7)	-0.65 (1.5)	-1.34	0.181	-0.28
Segmentation phonème CVC (précision)	-1.02 (1.3)	-0.27 (1)	-3.10	<.01**	-0.65
Segmentation phonème CVC (vitesse)	-1.87 (1.8)	-0.62 (1.6)	-3.51	<.001***	-0.74
Segmentation phonème CCV (précision)	-1.69 (1.6)	-0.77 (1.2)	-3.03	0.003**	-0.63
Segmentation phonème CCV (vitesse)	-1.71 (1.9)	-0.83 (1.4)	-2.49	0.01*	-0.52
Empan phonologique	-0.45 (1.2)	-0.45 (1)	0.002	0.998	0
DRA couleurs (précision)	-1.04 (2.2)	-1.3 (2.1)	0.49	0.619	0.12
DRA couleurs (vitesse)	-2.04 (1.7)	-1.1 (1.4)	-2.85	<.01**	-0.59
Seuil de lettre (ms)	-1.22 (1.6)	-1.82 (2.1)	1.52	0.13	0.31
Empan global de lettres	-1.36 (1.5)	-1.76 (1.3)	1.40	0.164	0.29
Empan partiel de lettres	0.08 (1.2)	0.1 (1.1)	-0.08	0.933	-0.01
Interférence/global TE	-0.75 (0.3)	-0.9 (0.3)	2.22	0.02*	0.46
Interférence/global TR (ms)	-0.84 (1.3)	-0.44 (1.4)	-1.39	0.167	-0.29
Interférence/local TE	-0.86 (0.3)	-0.86 (0.3)	0.01	0.985	0.003
Interférence /local TR (ms)	-0.24 (1.6)	-0.19 (1.2)	-0.14	0.886	-0.029
Empan chiffres endroit (classes)	2.83 (0.7)	2.67 (0.7)	0.99	0.324	0.20
Empan chiffres envers (classes)	2.85 (1)	2.87 (1.3)	-0.08	0.929	-0.01
Empan visuospatial endroit	-0.01 (1.2)	-0.22 (1.2)	0.83	0.406	0.17
Empan visuospatial envers	-0.32 (1)	-0.1 (1)	-1.03	0.302	-0.21
Vocabulaire déno (précision, classes)	4 (1.8)	3.72 (1.8)	0.72	0.468	0.15
Vocabulaire déno (Vitesse, classes)	3.33 (2)	3.68 (2)	-0.86	0.39	-0.17
Vocabulaire désignation (RC, classes)	4.2 (1.9)	4.94 (1.7)	-1.97	0.051	-0.41
Compréhension orale (NE)	0.38 (0.7)	0.44 (0.5)	-0.49	0.624	-0.10
Matrices (notes standards)	11.15 (2.8)	10.65 (2.5)	0.87	0.39	0.19

*Notes.* Moyennes, écarts-types et comparaison des deux groupes : PHO-VA, groupe qui commence par l'entraînement phonologique ; VA-PHO, groupe qui commence par l'entraînement visuo-attentionnel ; classes en grades de 3 (CE2) à 8 (quatrième) ; Certaines valeurs correspondent aux scores standardisés exprimés en Classe 1 = centiles inférieurs à 7, zone dite « pathologique », Classe 2 = centiles 7 à 20, zone dite « de fragilité », Classe 3 = centiles 21 à 38, Classe 4 = centiles 39 à 62, Classe 5 = centiles 63 à 80, Classe 6 = centiles 81 à 93, Classe 7 = centiles supérieurs à 93. Les autres moyennes correspondent aux scores z standardisés calculés selon leur écart-type par rapport aux données normatives. Les scores standardisés de la compréhension écrite correspondent à des quartiles (le quartile 4 représente les scores les plus faibles et le quartile 1 représente les scores les plus élevés).

*Moyennes des scores standardisés et écarts-types de l'échantillon partiel au Temps 5 des participants ayant terminé le protocole (n=93)*

	<b>Groupe PHO-VA n=48</b>	<b>Groupe VA- PHO n=45</b>	<b>t de Student</b>	<b>Valeur de p</b>	<b>d de Cohen</b>
	Moyennes z (écarts- types)	Moyennes z (écarts- types)			
Age chronologique (mois)	127.07 (19.5)	117.7 (15.2)	2.58	0.01*	0.53
Genre (1:féminin; 0:masculin)	0.5 (0.5)	0.68 (0.5)	-1.78	0.08	-0.37
Classe en années d'école élémentaire	5.11 (1.7)	4.38 (1.3)	2.31	0.02*	0.48
Niveau d'étude de la mère	3.22 (1.6)	3.66 (1.6)	-1.35	0.18	-0.28
Age lecture - âge chronologique	-15.35 (19.5)	-8.61 (17.4)	-1.74	0.08	-0.36
Alouette efficacité	-0.37 (1.1)	-0.14 (1)	-1.04	0.29	-0.21
Mouette/Pingouin (classes)	2.43 (1.5)	2.76 (1.5)	-1.03	0.301	-0.21
Eval MCL (classes)	2.85 (1.5)	2.96 (1.7)	-0.32	0.745	-0.06
Mots réguliers (précision)	-0.38 (1.4)	-0.54 (1.6)	0.49	0.623	0.10
Mots réguliers (vitesse)	-1.58 (1.8)	-1.08 (1.4)	-1.50	0.136	-0.31
Mots irréguliers (précision)	-0.47 (2.3)	-0.64 (1.9)	0.39	0.693	0.08
Mots irréguliers (vitesse)	-0.99 (1.3)	-0.65 (1.3)	-1.26	0.211	-0.26
Pseudomots (précision)	-1.57 (1.8)	-1.09 (1.7)	-1.08	0.284	-0.27
Pseudomots (vitesse)	-0.68 (1)	-0.24 (0.8)	-1.80	0.0774	-0.46
Comprehension écrite (quartiles)	2.69 (1.1)	2.54 (1)	0.66	0.51	0.14
Orthographe	-1.63 (1.9)	-1.31 (1.9)	-0.80	0.424	-0.16
Segmentation syllabe (précision)	0.21 (0.7)	0.4 (0.7)	-1.21	0.229	0.25
Segmentation syllabe (vitesse)	-0.23 (1.2)	-0.14 (1.4)	-0.35	0.727	-0.07
Segmentation phonème CVC (précision)	0.17 (0.7)	0.34 (0.6)	-1.37	0.171	-2.28
Segmentation phonème CVC (vitesse)	-0.62 (1.5)	0.04 (1.2)	-2.28	0.025*	-0.47
Segmentation phonème CCV (précision)	-0.22 (1.1)	0.27 (1)	-2.19	0.03*	-0.46
Segmentation phonème CCV (vitesse)	-0.58 (1.3)	0.08 (1.2)	-2.55	0.01*	-0.53
Empan phonologique	0.07 (0.9)	-0.06 (1.1)	0.63	0.529	0.13
DRA couleurs (precision)	-0.7 (1.9)	-0.31 (1.7)	-0.86	0.39	-0.21
DRA couleurs (vitesse)	-0.93 (1.2)	-0.2 (1.2)	-2.86	0.005**	-0.61
Seuil de lettre (ms)	0.14 (1.5)	-0.27 (1.8)	1.19	0.235	0.25
Empan global de lettres	-0.42 (1.2)	-0.7 (1.3)	1.08	0.28	0.22
Empan partiel de lettres	-0.78 (0.3)	-0.92 (0.3)	1.92	0.058	0.27
Interférence/global TE	-0.86 (1.1)	-0.44 (1.3)	-1.65	0.101	0.43
Interférence/global TR (ms)	-0.92 (0.3)	-0.86 (0.3)	-1.06	0.292	-0.36
Interférence/local TE	-0.23 (1.4)	-0.31 (1)	0.27	0.784	-0.23
Interférence /local TR (ms)	-0.78 (0.3)	-0.92 (0.3)	1.92	0.058	0.06
Empan chiffres endroit	2.93 (0.6)	3.2 (0.8)	-1.78	0.0782	-0.37
Empan chiffres envers	3.07 (1.5)	3.38 (1.2)	-1.05	0.294	-0.22
Empan visuospatial endroit	0.16 (1.3)	0.18 (1.1)	-0.09	0.926	-0.01
Empan visuospatial envers	-0.04 (1.1)	0.01 (1.1)	-0.19	0.843	-0.04

*Notes.* Moyennes, écarts-types et comparaison des deux groupes : PHO-VA, groupe qui commence par l'entraînement phonologique ; VA-PHO, groupe qui commence par l'entraînement visuo-attentionnel ; classes en grades de 3 (CE2) à 8 (quatrième) ; Certaines valeurs correspondent aux scores standardisés exprimés en Classe 1 = centiles inférieurs à 7, zone dite « pathologique », Classe 2 = centiles 7 à 20, zone dite « de fragilité », Classe 3 = centiles 21 à 38, Classe 4 = centiles 39 à 62, Classe 5 = centiles 63 à 80, Classe 6 = centiles 81 à 93, Classe 7 = centiles supérieurs à 93. Les autres moyennes correspondent aux scores z standardisés calculés selon leur écart-type par rapport aux données normatives. Les scores standardisés de la compréhension écrite correspondent à des quartiles (le quartile 4 représente les scores les plus faibles et le quartile 1 représente les scores les plus élevés).

## ANNEXE 23

### *(a) Combinaison de déficits par sujet au Temps 1*

Nbr de déficits	Participants	Déficit - 1 ds à T1	Déficit - 1.5 ds à T1
5	DE78	EVA, Interférence, Phono, MCT, DRA	EVA, Interférence, Phono, MCT, DRA
5	LN3	EVA, Interférence, Phono, MCT, DRA	EVA, Interférence, Phono, MCT, DRA
5	PT118	EVA, Interférence, Phono, MCT, DRA	EVA, Interférence, Phono, MCT, DRA
5	ZG42	EVA, Interférence, Phono, MCT, DRA	EVA, Interférence, Phono, MCT, DRA
5	JB137	EVA, Interférence, Phono, MCT, DRA	EVA, Interférence, Phono, MCT, DRA
5	ME61	EVA, Interférence, Phono, MCT, DRA	EVA, Interférence, Phono, MCT, DRA
5	VA107	EVA, Interférence, Phono, MCT, DRA	EVA, Interférence, Phono, MCT, DRA
5	ZK65	EVA, Interférence, Phono, MCT, DRA	EVA, Interférence, Phono, MCT, DRA
4	AL50	EVA, Interférence, Phono, MCT, DRA	Interférence, Phono, MCT, DRA
4	BC11	EVA, Interférence, Phono, DRA	EVA, Interférence, Phono, DRA
4	BE48	EVA, Interférence, Phono, MCT, DRA	Interférence, Phono, MCT, DRA
4	BJ128	Interférence, Phono, MCT, DRA	Interférence, Phono, MCT, DRA
4	CJ132	EVA, Interférence, Phono, DRA	EVA, Interférence, Phono, DRA
4	CM19	EVA, Interférence, Phono, MCT, DRA	EVA, Phono, MCT, DRA
4	DA140	EVA, Interférence, Phono, DRA	EVA, Interférence, Phono, DRA
4	DQ36	EVA, Interférence, Phono, MCT, DRA	EVA, Phono, MCT, DRA
4	FC106	EVA, Interférence, Phono, MCT, DRA	EVA, Phono, MCT, DRA
4	GA17	EVA, Interférence, Phono, DRA	EVA, Interférence, Phono, DRA
4	GE98	Interférence, Phono, MCT, DRA	Interférence, Phono, MCT, DRA
4	JK96	EVA, Interférence, Phono, MCT, DRA	EVA, Interférence, Phono, MCT, DRA
4	SI62	EVA, Phono, MCT, DRA	EVA, Phono, MCT, DRA
4	CE55	EVA, Interférence, Phono, DRA	EVA, Interférence, Phono, DRA
4	CL123	EVA, Phono, MCT, DRA	EVA, Phono, MCT, DRA
4	CN139	EVA, Interférence, Phono, DRA	EVA, Interférence, Phono, DRA
4	GL89	EVA, Phono, MCT, DRA	EVA, Phono, MCT, DRA
4	HC135	EVA, Interférence, Phono, DRA	EVA, Interférence, Phono, DRA
4	KR6	EVA, Interférence, Phono, DRA	EVA, Interférence, Phono, DRA
4	SA113	EVA, Interférence, Phono, DRA	EVA, Interférence, Phono, DRA
4	SE16	EVA, Phono, MCT, DRA	EVA, Phono, MCT, DRA
4	TV2	EVA, Interférence, Phono, DRA	EVA, Interférence, Phono, DRA
4	LM71	EVA, Interférence, MCT, DRA	EVA, Interférence, MCT, DRA
4	JK68	EVA, Interférence, Phono, DRA	EVA, Interférence, Phono, DRA
3	KS108	EVA, Phono, DRA	EVA, Phono, DRA
3	BL134	Interférence, Phono, MCT, DRA	Interférence, Phono, DRA
3	BN124	EVA, Phono, MCT, DRA	Phono, MCT, DRA
3	BR56	EVA, Phono, DRA	EVA, Phono, DRA
3	BT122	Interférence, Phono, DRA	Interférence, Phono, DRA
3	CJ30	EVA, Interférence, Phono, DRA	EVA, Interférence, Phono



3	CM44	EVA, Phono, DRA	EVA, Phono, DRA
3	DA58	Phono, MCT, DRA	Phono, MCT, DRA
3	DF46	Phono, MCT, DRA	Phono, MCT, DRA
3	DF84	EVA, Interférence, Phono, MCT, DRA	Phono, MCT, DRA
3	DM136	EVA, Phono, DRA	EVA, Phono, DRA
3	GC38	EVA, Interférence, Phono, MCT, DRA	Phono, MCT, DRA
3	GC74	EVA, Phono, MCT, DRA	Phono, MCT, DRA
3	GL15	EVA, Interférence, Phono, DRA	EVA, Phono, DRA
3	HR144	Interférence, Phono, DRA	Interférence, Phono, DRA
3	HT66	Interférence, Phono, DRA	Interférence, Phono, DRA
3	KY9	EVA, Phono, DRA	EVA, Phono, DRA
3	LL90	EVA, Phono, DRA	EVA, Phono, DRA
3	PA24	EVA, Phono, DRA	EVA, Phono, DRA
3	PC34	Interférence, Phono, DRA	Interférence, Phono, DRA
3	PE120	EVA, Interférence, Phono, DRA	Interférence, Phono, DRA
3	PG82	Phono, MCT, DRA	Phono, MCT, DRA
3	PJ13	EVA, Interférence, Phono, DRA	Interférence, Phono, DRA
3	RE28	EVA, Interférence, Phono, DRA	EVA, Phono, DRA
3	RL110	EVA, Interférence, Phono, DRA	EVA, Phono, DRA
3	RT5	EVA, Interférence, Phono, DRA	EVA, Interférence, Phono
3	RZ116	Interférence, Phono, DRA	Interférence, Phono, DRA
3	SI60	Interférence, Phono, MCT, DRA	Interférence, Phono, DRA
3	AL117	EVA, Phono, DRA	EVA, Phono, DRA
3	AT45	Interférence, Phono, MCT, DRA	Interférence, Phono, DRA
3	BE121	EVA, Interférence, Phono, DRA	EVA, Phono, DRA
3	BL69	EVA, Interférence, Phono, DRA	EVA, Phono, DRA
3	CC91	EVA, Interférence, MCT, DRA	EVA, MCT, DRA
3	CL29	EVA, Interférence, MCT, DRA	EVA, MCT, DRA
3	CS141	EVA, Interférence, Phono, DRA	EVA, Phono, DRA
3	DN57	EVA, Interférence, Phono, DRA	EVA, Interférence, DRA
3	DO111	EVA, Interférence, Phono, DRA	EVA, Phono, DRA
3	ET8	EVA, Interférence, Phono, DRA	EVA, Phono, DRA
3	GI103	EVA, Interférence, Phono, MCT, DRA	EVA, Interférence, DRA
3	JC59	EVA, Phono, DRA	EVA, Phono, DRA
3	LA81	EVA, Phono, DRA	EVA, Phono, DRA
3	LP115	EVA, Interférence, DRA	EVA, Interférence, DRA
3	ME97	EVA, Interférence, Phono, DRA	EVA, Phono, DRA
3	MM87	EVA, Interférence, Phono, DRA	EVA, Phono, DRA
3	MU105	Interférence, Phono, DRA	Interférence, Phono, DRA
3	NJ63	EVA, Interférence, Phono, DRA	EVA, Interférence, DRA
3	NM47	EVA, Interférence, Phono, DRA	EVA, Phono, DRA
3	OL109	EVA, Interférence, Phono, MCT, DRA	Phono, MCT, DRA

3	OS35	EVA, Phono, MCT	EVA, Phono, MCT
3	PM14	EVA, Interférence, Phono, DRA	EVA, Interférence, DRA
3	PV4	EVA, Interférence, Phono, MCT, DRA	EVA, Interférence, Phono
3	SG53	Interférence, Phono, DRA	Interférence, Phono, DRA
3	SM49	EVA, Interférence, Phono, DRA	EVA, Phono, DRA
3	TL67	EVA, Interférence, Phono, DRA	EVA, Interférence, DRA
3	VA21	EVA, Interférence, Phono, DRA	EVA, Phono, DRA
3	VA41	EVA, Phono, MCT, DRA	Phono, MCT, DRA
2	AG76	Phono, DRA	Phono, DRA
2	BC80	MCT, DRA	MCT, DRA
2	BK130	EVA, Phono, DRA	EVA, Phono
2	BS102	EVA, Phono, DRA	Phono, DRA
2	CJ7	Phono, DRA	Phono, DRA
2	EJ72	Phono, DRA	Phono, DRA
2	FE54	Interférence, Phono, DRA	Interférence, Phono
2	GA114	EVA, Interférence, Phono, DRA	EVA, Phono
2	GL1	EVA, Interférence, Phono, DRA	EVA, DRA
2	GS104	Interférence, Phono, DRA	Phono, DRA
2	GT40	EVA, Interférence, DRA	EVA, DRA
2	HP142	EVA, Phono, DRA	EVA, Phono, DRA
2	MA32	Phono, DRA	Phono, DRA
2	ML64	EVA, Phono, DRA	EVA, Phono
2	MM92	Interférence, Phono, DRA	Phono, DRA
2	MS52	Phono, DRA	Phono, DRA
2	NC138	EVA, Phono, DRA	Phono, DRA
2	RI112	Phono, DRA	Phono, DRA
2	RS94	Interférence, Phono, DRA	Phono, DRA
2	SA88	Phono, MCT, DRA	Phono, DRA
2	BJ85	EVA, DRA	EVA, DRA
2	BP129	Phono, DRA	Phono, DRA
2	BR99	Interférence, Phono, DRA	Interférence, Phono
2	BT75	EVA, Phono, DRA	EVA, DRA
2	CJ119	EVA, Phono, MCT, DRA	Phono, MCT
2	CJ83	EVA, Interférence, DRA	Interférence, DRA
2	DA31	EVA, Interférence, DRA	EVA, DRA
2	FS93	EVA, DRA	EVA, DRA
2	GA73	Phono, MCT	Phono
2	GE51	Interférence, Phono, DRA	Phono, DRA
2	HL143	EVA, Interférence, Phono, MCT, DRA	Phono, DRA
2	IS125	EVA, Phono, MCT, DRA	Phono, DRA
2	LJ131	Phono, DRA	Phono, DRA
2	LL79	EVA, DRA	EVA, DRA

2	ME101	EVA, Phono, DRA	EVA, DRA
2	MM25	EVA, Interférence, DRA	EVA, DRA
2	NR23	EVA, Interférence, DRA	EVA, DRA
2	PA145	Phono, DRA	Phono, DRA
2	SA133	Interférence, Phono, DRA	Phono, DRA
2	SJ18	EVA, Interférence, Phono, MCT, DRA	Phono, DRA
2	TC37	EVA, Interférence, MCT, DRA	EVA, DRA
2	VG95	EVA, Interférence, Phono, DRA	EVA, DRA
2	FV12	EVA, Interférence	EVA, Interférence
1	BI26	Phono, MCT	Phono
1	DL70	Interférence, Phono	Phono
1	MD100	Phono	Phono
1	RN20	Phono, DRA	DRA
1	RY126	Interférence, Phono	Interférence
1	SZ22	EVA, Interférence, DRA	DRA
1	BA27	Interférence, DRA	DRA
1	CN127	Interférence, Phono	Phono
1	CR39	DRA	DRA
1	NR77	EVA, Phono	EVA
1	RV10	Phono	Phono

(b) Combinaisons de déficits par sujet au Temps 5

<b>Nbr de déficits</b>	<b>Participants</b>	<b>Déficits -1 sd</b>	<b>Déficits -1,5 sd</b>
4	CJ132	EVA,Interférence, Phono, DRA	EVA,Interférence, Phono, DRA
4	PA24	EVA,Interférence, Phono, DRA	EVA,Interférence, Phono, DRA
4	ZG42	EVA,Interférence, Phono, MCT, DRA	EVA, Phono, MCT, DRA
4	LA81	EVA,Interférence, Phono, MCT, DRA	Interférence, Phono, MCT, DRA
4	SA113	EVA,Interférence, Phono, MCT, DRA	EVA,Interférence, Phono, DRA
3	BC11	Interférence, Phono, DRA	Interférence, Phono, DRA
3	BE48	EVA,Interférence, Phono, DRA	EVA, Phono, DRA
3	BS102	EVA,Interférence, Phono, DRA	Interférence, Phono, DRA
3	DA58	Interférence, MCT, DRA	Interférence, MCT, DRA
3	GA17	EVA,Interférence, Phono, DRA	EVA,Interférence, Phono
3	GC38	EVA,Interférence, Phono, DRA	Interférence, Phono, DRA
3	GL15	Interférence, Phono, DRA	Interférence, Phono, DRA
3	JK68	EVA, Phono, DRA	EVA, Phono, DRA
3	KY9	Interférence, Phono, DRA	Interférence, Phono, DRA
3	SA88	Interférence, Phono, DRA	Interférence, Phono, DRA
3	BE121	EVA, Phono, DRA	EVA, Phono, DRA
3	BL69	EVA,Interférence, Phono, DRA	EVA,Interférence, Phono
3	GI103	EVA,Interférence, DRA	EVA,Interférence, DRA
3	GL89	Interférence, MCT, DRA	Interférence, MCT, DRA
3	IS125	EVA,Interférence, Phono, DRA	EVA, Phono, DRA
3	MU105	Interférence, Phono, DRA	Interférence, Phono, DRA
3	VA41	Interférence, Phono, DRA	Interférence, Phono, DRA
2	AL50	Phono, MCT, DRA	Phono, DRA
2	BR56	EVA,Interférence, Phono, DRA	Interférence, DRA
2	BT122	Interférence, DRA	Interférence, DRA
2	CJ7	Phono, DRA	Phono, DRA
2	DA140	EVA, Phono, DRA	EVA, DRA
2	DF46	Interférence, Phono, DRA	Phono, DRA
2	DM136	EVA, DRA	EVA, DRA
2	FC106	EVA, DRA	EVA, DRA
2	LN3	EVA,Interférence	EVA,Interférence
2	ML64	EVA,Interférence, Phono	Interférence, Phono
2	NC138	EVA, DRA	EVA, DRA
2	PC34	Interférence, DRA	Interférence, DRA
2	RE28	EVA,Interférence, Phono, DRA	Phono, DRA
2	RL110	EVA, DRA	EVA, DRA
2	BP129	Interférence, DRA	Interférence, DRA
2	CS141	EVA, DRA	EVA, DRA

2	JC59	EVA, Phono, DRA	EVA, DRA
2	LP115	EVA,Interférence, Phono	EVA, Phono
2	MM25	Interférence, DRA	Interférence, DRA
2	OL109	Phono, DRA	Phono, DRA
2	SJ18	Interférence, Phono, MCT	Phono, MCT
2	TV2	EVA,Interférence, DRA	EVA, DRA
1	AG76	Interférence, DRA	DRA
1	BI26	Interférence, Phono	Phono
1	BJ128	Interférence, Phono	Phono
1	GA114	Phono	Phono
1	GC74	Interférence, DRA	DRA
1	JK96	Interférence, DRA	DRA
1	PE120	DRA	DRA
1	PJ13	Interférence, Phono, DRA	DRA
1	AL117	DRA	DRA
1	BR99	DRA	DRA
1	CJ119	MCT	MCT
1	CL123	Interférence, Phono, MCT	MCT
1	CL29	Interférence, DRA	DRA
1	DO111	EVA,Interférence, MCT, DRA	DRA
1	ET8	DRA	DRA
1	FV12	MCT	MCT
1	KR6	Phono, DRA	Phono
1	ME101	Phono, DRA	DRA
1	ME97	EVA,Interférence, DRA	EVA
1	MN33	Interférence	Interférence
1	PV4	EVA	EVA
1	VG95	EVA,Interférence, DRA	Interférence
1	ZK65	EVA,Interférence	EVA
1	HP142	EVA,Interférence	EVA
1	MA32	Interférence, DRA	Interférence
1	CC91	EVA,Interférence, Phono	Phono
1	BN124	EVA, Phono, DRA	Phono
0	CM19	Interférence, Phono, DRA	
0	CM44	EVA, DRA	
0	DL70	Interférence	
0	GE98	Interférence, DRA	
0	GL1		
0	GT40	EVA,Interférence	
0	HR144		
0	HT66	Phono	
0	MD100	Interférence	

0	MM92		
0	PG82	Interférence, Phono	
0	RY126		
0	RZ116	Interférence, Phono	
0	SZ22	Interférence	
0	AT45		
0	CJ83	EVA	
0	CN127	Interférence	
0	CN139	Interférence	
0	CR39	Interférence	
0	DA31	EVA	
0	MM87	EVA	
0	NR23	Interférence	
0	NR77	Interférence	
0	OS35	EVA, DRA	
0	PA145		
0	PL43	Interférence	
0	RV10		
0	SG53	Interférence, Phono	
0	TC37	EVA, Interférence	
0	LM71	Interférence	

## ANNEXE 24

### (a) Sujets par combinaison de déficits au Temps 1

Nombre de déficits	Combinaisons de déficits	Déficits - 1sd	Déficit - 1.5sd	Nombre de participants
5	EVA, Interférence, Phono, MCT, DRA	AL50, BE48, CM19, DQ36, FC106, GC38, GH103, HL143, OL109, PV4, SJ18	DE78, LN3, PT118, JB137, ME61, VA107, ZK65	7
4	EVA, Interférence, Phono, DRA	CJ30, DF84, GA114, GL1, GL15, PE120, PJ13, RE28, RL110, RT5, BE121, BL69, CN139, CS141, DN57, DO111, ET8, ME97, MM87, NJ63, NM47, PM14, SM49, TL67, VA21, VG95	BC11, CJ132, DA140, GA17, JK96, ZG42, CE55, HC135, KR6, SA113, TV2	11
4	Interférence, Phono, MCT, DRA	BL134, AT45	AL50, BE48, BJ128	3
4	EVA, Phono, MCT, DRA	BN124, GC74, IS125, VA41	CM19, DQ36, FC106, SI62, CL123, GL89, SE16	7
4	EVA, Interférence, MCT, DRA	CC91, TC37	LM71	1
3	EVA, Phono, DRA	BK130, BS102, ML64, NC138, BT75, CJ119, ME101	BR56, CM44, DM136, GL15, HP142, KS108, KY9, LL90, PA24, RE28, RL110, AL117, BE121, BL69, CN139, CS141, DO111, ET8, JC59, LA81, ME97, MM87, NM47, SM49, VA21	25
3	Interférence, Phono, DRA	FE54, GS104, MM92, RS94, BR99, GE51, SA133	BL134, BT122, GE98, HR144, HT66, PC34, PE120, PJ13, RZ116, AT45, MU105, SG53	12
3	Phono, MCT, DRA	SA88, SI60	BN124, DA58, GC38, GC74, PG82, OL109, VA41	7
3	EVA, Interférence, DRA	GT40, SZ22, CJ83, CL29, DA31, MM25, NR23	DN57, GH103, LP115, NJ63, PM14, TL67	6
3	EVA, Interférence, Phono		CJ30, JK68, RT5, PV4	4
3	EVA, MCT, DRA		CC91	1
2	Phono, DRA	RN20	AG76, BS102, CJ7, DF46, DF84, EJ72, GS104, MA32, MM92, MS52, NC138, RI112, RS94, SA88, SI60, BP129, GE51, HL143, IS125, LJ131, PA145, SA133, SJ18	23
2	MCT, DRA		BC80	1
2	Phono, MCT	BI26, GA73		
2	Interférence, Phono	DL70, RY126, CN127	FE54, BR99	2
2	Interférence, DRA	BA27	CJ83	1
2	EVA, DRA		GL1, GT40, BJ85, BT75, CL29, DA31, FS93, LL79, ME101, MM25, NR23, TC37, VG95	13
2	EVA, Interférence		FV12	1
2	EVA, Phono	NR77	GA114, ML64, OS35	3
1	Phono		BI26, DL70, MD100, CJ119, CN127, GA73, RV10	7
1	DRA		RN20, SZ22, BA27, CR39	4
1	Interférence	MN33	RY126	1
1	EVA		BK130, NR77	2

(b) Sujets par combinaisons de déficits au Temps 5

Nombre de déficits	Combinaisons de déficits	Déficits à - 1 sd	Déficits à - 1,5 sd	Nombre de participants
5	EVA, Interférence, Phono, MCT, DRA	ZG42, LA81, SA113		0
4	EVA, Interférence, Phono, DRA	BE48, BR56, BS102, GA17, GC38, PA24, RE28, BL69, IS125	CJ132, SA113	2
4	EVA, Interférence, MCT, DRA	DO111		
4	EVA, Phono, MCT, DRA		ZG42	1
4	Interférence, Phono, MCT, DRA		LA81	1
3	Phono, MCT, DRA	AL50		1
3	EVA, Phono, DRA	BN124, DA140, JC59	BE48, JK68, PA24, BE121, IS125	5
3	Interférence, Phono, DRA	CM19, DF46, PJ13	BS102, GC38, GL15, KY9, SA88, MU105, VA41	7
3	Interférence, MCT, DRA		DA58, GL89	2
3	EVA, Interférence, Phono	ML64, CC91, LP115	GA17, BL69	2
3	Interférence, Phono, MCT	CL123, SJ18		2
3	EVA, Interférence, DRA	ME97, VG95	GI103	1
2	Interférence, DRA	AG76, GC74, GE98, JK96, MA32, CL29	BR56, BT122, PC34, BP129, MM25	5
2	Phono, DRA	KR6, ME101	AL50, BC11, CJ7, DF46, RE28, OL109	6
2	Interférence, Phono	BI26, BJ128, PG82, RZ116, SG53	ML64	1
2	EVA, DRA	CM44, OS35	DA140, DM136, FC106, NC138, RL110, CS141, JC59	7
2	EVA, Interférence	GT40, HP142, TC37, TV2, ZK65	LN3	1
2	EVA, Phono		LP115	1
2	Phono, MCT		SJ18	1
1	Interférence	DL70, MD100, SZ22, CN127, CN139, CR39, NR23, NR77, PL43, LM71	MA32, MN33, VG95	3
1	Phono	HT66	BI26, BJ128, BN124, GA114, CC91, KR6	6
1	DRA		AG76, GC74, JK96, PE120, PJ13, AL117, BR99, CL29, DO111, ET8, ME101	11
1	EVA	CJ83, DA31, MM87	HP142, ME97, PV4, TV2, ZK65	5
1	MCT		CL123, FV12	2
0			CM19, CM44, DL70, GE98, GL1, GT40, HR144, HT66, MD100, MM92, PG82, RY126, RZ116, SZ22, AT45, CJ119, CJ83, CN127, CN139, CR39, DA31, MM87, NR23, NR77, OS35, PA145, PL43, RV10, SG53, TC37, LM71	31
				101



Combinaisons de déficits par sujet au Temps 5 et au Temps 6

Nbr de déficits	Sujets	Déficits -1 sd	Déficits -1.5 sd	T5		T6	
				Ecart Alouette (mois) entre AL et AC	Nbr mots correct Mou/Pin (classe)	Ecart (mois) entre AL et AC	Nbr mots correct Mou/Pin (classe)
4	CJ132	EVA,Interférence, Phono, DRA	EVA,Interférence, Phono, DRA	-3	123 (3)	-6	136 (3)
4	PA24	EVA,Interférence, Phono, DRA	EVA,Interférence, Phono, DRA	-19	93 (1)	-19	79 (1)
4	ZG42	EVA,Interférence, Phono, MCT, DRA	EVA, Phono, MCT, DRA	-9	246 (2)	-9	246 (2)
4	LA81	EVA,Interférence, Phono, MCT, DRA	Interférence, Phono, MCT, DRA	-25	193 (1)	-28	207 (1)
4	SA113	EVA,Interférence, Phono, MCT, DRA	EVA,Interférence, Phono, DRA	-26	114 (1)	-25	114 (1)
3	BC11	Interférence, Phono, DRA	Interférence, Phono, DRA	-25	57 (1)	-21	85 (2)
3	BE48	EVA,Interférence, Phono, DRA	EVA, Phono, DRA	-53	200 (1)	-53	204 (1)
3	BS102	EVA,Interférence, Phono, DRA	Interférence, Phono, DRA	-26	310 (4)	-26	323 (5)
3	DA58	Interférence, MCT, DRA	Interférence, MCT, DRA	-10	162 (4)	-7	124 (3)
3	GA17	EVA,Interférence, Phono, DRA	EVA,Interférence, Phono	-10	154 (3)	-5	184 (4)
3	GC38	EVA,Interférence, Phono, DRA	Interférence, Phono, DRA	18	348 (5)	18	320 (5)
3	GL15	Interférence, Phono, DRA	Interférence, Phono, DRA	-31	138 (1)	-30	139 (1)
3	JK68	EVA, Phono, DRA	EVA, Phono, DRA	-24	48 (1)	-34	45 (1)
3	KY9	Interférence, Phono, DRA	Interférence, Phono, DRA	-20	96 (1)	-22	76 (1)
3	SA88	Interférence, Phono, DRA	Interférence, Phono, DRA	-44	187 (1)	-44	206 (2)
3	BE121	EVA, Phono, DRA	EVA, Phono, DRA	-31	102 (1)	-28	122 (1)
3	BL69	EVA,Interférence, Phono, DRA	EVA,Interférence, Phono	-10	87 (2)	-10	87 (2)
3	GI103	EVA,Interférence, DRA	EVA,Interférence, DRA	-18	100 (1)	-18	83 (1)
3	GL89	Interférence, MCT, DRA	Interférence, MCT, DRA	-31	99 (2)	-28	97 (2)
3	IS125	EVA,Interférence, Phono, DRA	EVA, Phono, DRA	-11	163 (2)	-8	154 (2)
3	MU105	Interférence, Phono, DRA	Interférence, Phono, DRA	-44	153 (1)	-46	132 (1)
3	VA41	Interférence, Phono, DRA	Interférence, Phono, DRA	23	235 (4)	23	241 (4)
2	AL50	Phono, MCT, DRA	Phono, DRA	-34	153 (1)	-34	141 (1)
2	BR56	EVA,Interférence, Phono, DRA	Interférence, DRA	-25	94 (2)	-27	70 (1)
2	BT122	Interférence, DRA	Interférence, DRA	-31	126 (1)	-30	139 (1)
2	CJ7	Phono, DRA	Phono, DRA	1	188 (1)	-14	182 (1)
2	DA140	EVA, Phono, DRA	EVA, DRA	-24	135 (1)	-24	169 (2)
2	DF46	Interférence, Phono, DRA	Phono, DRA	-34	194 (2)	-26	182 (1)
2	DM136	EVA, DRA	EVA, DRA	-29	48 (1)	-28	39 (1)
2	FC106	EVA, DRA	EVA, DRA	-21	29 (1)	-21	21 (1)
2	LN3	EVA,Interférence	EVA,Interférence	-13	108 (2)	NA	NA

2	ML64	EVA,Interférence, Phono	Interférence, Phono	-11	107 (2)	-11	117 (3)
2	NC138	EVA, DRA	EVA, DRA	-37	97 (1)	-33	129 (1)
2	PC34	Interférence, DRA	Interférence, DRA	3	347 (5)	13	318 (5)
2	RE28	EVA,Interférence, Phono, DRA	Phono, DRA	-14	215 (3)	-14	215 (3)
2	RL110	EVA, DRA	EVA, DRA	-43	258 (2)	-30	223 (1)
2	BP129	Interférence, DRA	Interférence, DRA	-42	174 (1)	-39	183 (1)
2	CS141	EVA, DRA	EVA, DRA	-30	160 (2)	-28	143 (1)
2	JC59	EVA, Phono, DRA	EVA, DRA	-22	32 (1)	-21	39 (1)
2	LP115	EVA,Interférence, Phono	EVA, Phono	-13	158 (2)	-10	159 (2)
2	MM25	Interférence, DRA	Interférence, DRA	-13	168 (2)	-13	168 (2)
2	OL109	Phono, DRA	Phono, DRA	-44	95 (1)	-37	69 (1)
2	SJ18	Interférence, Phono, MCT	Phono, MCT	-23	182 (1)	-23	181 (1)
2	TV2	EVA,Interférence, DRA	EVA, DRA	-9	85 (2)	-5	102 (2)
1	AG76	Interférence, DRA	DRA	-1	286 (4)	-11	317 (5)
1	BI26	Interférence, Phono	Phono	20	226 (4)	31	232 (4)
1	BJ128	Interférence, Phono	Phono	-24	285 (4)	-5	285 (4)
1	GA114	Phono	Phono	-26	164 (2)	-29	162 (2)
1	GC74	Interférence, DRA	DRA	3	329 (6)	13	353 (6)
1	JK96	Interférence, DRA	DRA	-34	148 (1)	-30	120 (1)
1	PE120	DRA	DRA	-30	146 (1)	-30	121 (1)
1	PJ13	Interférence, Phono, DRA	DRA	-19	213 (3)	-6	213 (3)
1	AL117	DRA	DRA	-1	108 (3)	-4	107 (3)
1	BR99	DRA	DRA	1	320 (6)	17	343 (6)
1	CJ119	MCT	MCT	17	175 (4)	17	183 (4)
1	CL123	Interférence, Phono, MCT	MCT	-5	115 (3)	-4	105 (2)
1	CL29	Interférence, DRA	DRA	11	226 (4)	13	215 (3)
1	DO111	EVA,Interférence, MCT, DRA	DRA	-24	96 (1)	-24	95 (1)
1	ET8	DRA	DRA	-8	184 (3)	-3	184 (3)
1	FV12	MCT	MCT	-2	176 (4)	-2	176 (4)
1	KR6	Phono, DRA	Phono	-16	266 (4)	-4	222 (1)
1	ME101	Phono, DRA	DRA	-16	213 (3)	-18	172 (2)
1	ME97	EVA,Interférence, DRA	EVA	-23	182 (3)	-23	NA
1	MN33	Interférence	Interférence	2	222 (5)	3	228 (5)
1	PV4	EVA	EVA	-5	208 (3)	13	209 (3)
1	VG95	EVA,Interférence, DRA	Interférence	-4	131 (3)	-3	131 (3)
1	ZK65	EVA,Interférence	EVA	2	160 (4)	-1	143 (3)
1	HP142	EVA,Interférence	EVA	-22	157 (2)	-18	158 (2)
1	MA32	Interférence, DRA	Interférence	31	367 (6)	31	355 (6)
1	CC91	EVA,Interférence, Phono	Phono	-5	153 (3)	-1	164 (4)
1	BN124	EVA, Phono, DRA	Phono	-22	256 (2)	5	256 (2)

0	CM19	Interférence, Phono, DRA		-13	185 (3)	0	220 (3)
0	CM44	EVA, DRA		-22	131 (3)	-18	148 (3)
0	DL70	Interférence		-23	167 (2)	-23	194 (3)
0	GE98	Interférence, DRA		-3	96 (2)	-1	100 (2)
0	GL1			12	205 (3)	16	195 (3)
0	GT40	EVA,Interférence		18	202 (3)	16	245 (4)
0	HR144			-15	271 (4)	-9	215 (2)
0	HT66	Phono		33	283 (5)	50	307 (6)
0	MD100	Interférence		-13	190 (3)	-14	190 (3)
0	MM92			3	236 (4)	-3	226 (4)
0	PG82	Interférence, Phono		-29	233 (1)	-26	235 (1)
0	RY126			NA	NA	NA	NA
0	RZ116	Interférence, Phono		-29	230 (1)	-25	249 (2)
0	SZ22	Interférence		NA	NA	NA	NA
0	AT45			-19	261 (4)	0	221 (2)
0	CJ83	EVA		-14	182 (3)	-14	182 (3)
0	CN127	Interférence		24	297 (5)	24	310 (5)
0	CN139	Interférence		NA	NA	NA	NA
0	CR39	Interférence		-6	268 (4)	2	281 (4)
0	DA31	EVA		10	171 (4)	NA	172 (4)
0	MM87	EVA		-23	121 (1)	-20	128 (1)
0	NR23	Interférence		-3	137 (3)	-3	158 (2)
0	NR77	Interférence		33	310 (6)	45	334 (6)
0	OS35	EVA, DRA		-9	170 (2)	-5	170 (2)
0	PA145			14	236 (4)	NA	NA
0	PL43	Interférence		10	244 (4)	10	242 (4)
0	RV10			23	368 (6)	23	358 (6)
0	SG53	Interférence, Phono		2	304 (4)	5	285 (4)
0	TC37	EVA,Interférence		-1	229 (4)	2	226 (4)
0	LM71	Interférence		-11	195 (3)	-11	196 (3)
Moyenne :							
1,36							

## ANNEXE 25

*Combinaisons de déficits par sujet aux Temps 1 et 5 et scores en lecture aux Temps 1, 5 et 6*

LD	Temps 1				Temps 5				Temps 6	
	Déficits -1.5 sd	ND	Ecart AL	NMC Mou- Pin	Déficits -1.5 sd	ND	Ecart AL	NMC Mou-Pin	Ecart AL	NMC Mou-Pin
CJ132	EVA, Interférence, Phono, DRA	4	-17	58 (1)	EVA, L/G, Phono, DRA	4	-3	125 (3)	-6	136 (3)
PA24	EVA, Phono, DRA	3	-25	51 (1)	EVA, L/G, Phono, DRA	4	-19	93 (1)	-19	79 (1)
ZG42	EVA, Interférence, Phono, MCT, DRA	5	-46	152 (1)	EVA, Phono, MCT, DRA	4	-9	223 (1)	-9	246 (3)
LA81	EVA, Phono, DRA	3	-53	155 (1)	L/G, Phono, MCT, DRA	4	-25	193 (1)	-28	207 (1)
SA113	EVA, Interférence, Phono, DRA	4	-29	69 (1)	EVA, L/G, Phono, DRA	4	-26	114 (1)	-25	114 (1)
BC11	EVA, Interférence, Phono, DRA	4	-28	26 (1)	L/G, Phono, DRA	3	-25	57 (1)	-21	85 (2)
BE48	Interférence, Phono, MCT, DRA	4	-57	161 (1)	EVA, Phono, DRA	3	-53	200 (1)	-53	204 (1)
BS102	Phono, DRA	2	-46	288 (4)	L/G, Phono, DRA	3	-26	310 (4)	-26	323 (5)
DA58	Phono, MCT, DRA	3	-17	97 (2)	L/G, MCT, DRA	3	-10	162 (4)	-7	124 (3)
GA17	EVA, Interférence, Phono, DRA	4	-20	80 (1)	EVA, L/G, Phono	3	-10	154 (3)	-5	184 (4)
GC38	Phono, MCT, DRA	3	-29	258 (2)	L/G, Phono, DRA	3	18	348 (5)	18	320 (5)
GL15	EVA, Phono, DRA	3	-39	105 (1)	L/G, Phono, DRA	3	-31	138 (1)	-30	139 (1)
JK68	EVA, Interférence, Phono, DRA	4	-37	17 (1)	EVA, Phono, DRA	3	-24	48 (1)	-34	45 (1)
KY9	EVA, Phono, DRA	3	-28	40 (1)	L/G, Phono, DRA	3	-20	96 (1)	-22	76 (1)
SA88	Phono, DRA	2	-50	161 (1)	L/G, Phono, DRA	3	-44	187 (1)	-44	206 (3)
BE121	EVA, Phono, DRA	3	-38	75 (1)	EVA, Phono, DRA	3	-31	102 (1)	-28	122 (1)
BL69	EVA, Phono, DRA	3	-19	23 (1)	EVA, L/G, Phono	3	-10	87 (2)	-10	87 (2)
GI103	EVA, Interférence, DRA	3	-24	74 (1)	EVA, L/G, DRA	3	-18	100 (1)	-18	83 (1)
GL89	EVA, Phono, MCT, DRA	4	-37	66 (1)	L/G, MCT, DRA	3	-31	99 (2)	-28	97 (2)
IS125	Phono, DRA	2	-22	134 (1)	EVA, Phono, DRA	3	-11	163 (2)	-8	154 (2)
MU105	Interférence, Phono, DRA	3	-53	103 (1)	L/G, Phono, DRA	3	-44	153 (1)	-46	132 (1)
VA41	Phono, MCT, DRA	3	-22	166 (2)	L/G, Phono, DRA	3	23	235 (4)	23	241 (4)
AL50	Interférence, Phono, MCT, DRA	4	-43	108 (1)	Phono, DRA	2	-34	153 (1)	-34	141 (1)
BR56	EVA, Phono, DRA	3	-34	37 (1)	L/G, DRA	2	-25	94 (2)	-27	70 (1)
BT122	Interférence, Phono, DRA	3	-37	99 (1)	L/G, DRA	2	-31	126 (1)	-30	139 (1)
CJ7	Phono, DRA	2	-37	155 (1)	Phono, DRA	2	1	188 (1)	-14	182 (1)
DA140	EVA, Interférence, Phono, DRA	4	-36	141 (1)	EVA, DRA	2	-24	135 (1)	-24	169 (1)

DF46	Phono, MCT, DRA	3	-43	149 (1)	Phono, DRA	2	-34	194 (2)	-26	182 (2)
DM136	EVA, Phono, DRA	3	-31	30 (1)	EVA, DRA	2	-29	48 (1)	-28	39 (1)
FC106	EVA, Phono, MCT, DRA	4	-23	15 (1)	EVA, DRA	2	-21	29 (1)	-21	21 (1)
LN3	EVA, Interférence, Phono, MCT, DRA	5	-20	78 (1)	EVA, L/G	2	-13	108 (2)	NA	NA
ML64	EVA, Phono	2	-20	68 (1)	L/G, Phono	2	-11	107 (2)	-11	117 (2)
NC138	Phono, DRA	2	-41	82 (1)	EVA, DRA	2	-37	97 (1)	-33	129 (1)
PC34	Interférence, Phono, DRA	3	-37	197 (1)	L/G, DRA	2	3	347 (5)	13	318 (5)
RE28	EVA, Phono, DRA	3	-42	164 (2)	Phono, DRA	2	-14	217 (3)	-14	215 (3)
RL110	EVA, Phono, DRA	3	-62	208 (1)	EVA, DRA	2	-43	258 (2)	-30	223 (2)
BP129	Phono, DRA	2	-46	148 (1)	L/G, DRA	2	-42	174 (1)	-39	183 (2)
CS141	EVA, Phono, DRA	3	-40	125 (1)	EVA, DRA	2	-30	160 (2)	-28	143 (1)
JC59	EVA, Phono, DRA	3	-23	17 (1)	EVA, DRA	2	-22	32 (1)	-21	39 (1)
LP115	EVA, Interférence, DRA	3	-29	90 (1)	EVA, Phono	2	-13	158 (2)	-10	159 (2)
MM25	EVA, DRA	2	-25	75 (1)	L/G, DRA	2	-13	149 (1)	-13	168 (3)
OL109	Phono, MCT, DRA	3	-44	58 (1)	Phono, DRA	2	-44	95 (1)	-37	69 (1)
SJ18	Phono, DRA	2	-42	132 (1)	Phono, MCT	2	-23	182 (1)	-23	181 (1)
TV2	EVA, Interférence, Phono, DRA	4	-11	52 (1)	EVA, DRA	2	-9	85 (2)	-5	102 (2)
AG76	Phono, DRA	2	-38	203 (1)	DRA	1	-1	286 (4)	-11	317 (5)
BI26	Phono	1	-8	174 (2)	Phono	1	20	226 (4)	31	232 (4)
BJ128	Interférence, Phono, MCT, DRA	4	-50	232 (1)	Phono	1	-24	314 (4)	-5	285 (4)
GA114	EVA, Phono	2	-35	152 (1)	Phono	1	-26	164 (2)	-29	162 (2)
GC74	Phono, MCT, DRA	3	-8	252 (4)	DRA	1	3	329 (6)	13	353 (6)
JK96	EVA, Interférence, Phono, MCT, DRA	5	-38	96 (1)	DRA	1	-34	148 (1)	-30	120 (1)
PE120	Interférence, Phono, DRA	3	-40	118 (1)	DRA	1	-30	146 (1)	-30	121 (1)
PJ13	Interférence, Phono, DRA	3	-39	147 (1)	DRA	1	-19	197 (3)	-6	213 (3)
AL117	EVA, Phono, DRA	3	-16	44 (1)	DRA	1	-1	108 (2)	-4	107 (2)
BR99	Interférence, Phono	2	-35	286 (5)	DRA	1	1	320 (6)	17	343 (6)
CJ119	Phono, MCT	2	-2	102 (2)	MCT	1	17	175 (4)	17	183 (4)
CL123	EVA, Phono, MCT, DRA	4	-11	59 (1)	MCT	1	-5	115 (3)	-4	105 (2)
CL29	EVA, MCT, DRA	3	-24	100 (1)	DRA	1	11	226 (4)	13	215 (3)
DO111	EVA, Phono, DRA	3	-30	80 (1)	DRA	1	-24	96 (1)	-24	95 (1)
ET8	EVA, Phono, DRA	3	-25	119 (1)	DRA	1	-8	184 (3)	-3	184 (3)
FV12	EVA, Interférence	2	-21	90 (2)	MCT	1	-2	182 (4)	-2	176 (4)

KR6	EVA, Interférence, Phono, DRA	4	-44	170 (1)	Phono	1	-16	266 (4)	-4	222 (2)
ME101	EVA, DRA	2	-33	132 (1)	DRA	1	-16	213 (3)	-18	172 (1)
ME97	EVA, Phono, DRA	3	-29	133 (1)	EVA	1	-23	182 (3)	-23	NA
MN33		0	-21	154 (3)	L/G	1	2	222 (5)	3	228 (5)
PV4	EVA, Interférence, Phono	3	-18	97 (1)	EVA	1	-5	208 (3)	13	209 (3)
VG95	EVA, DRA	2	-15	80 (1)	L/G	1	-4	108 (2)	-3	131 (3)
ZK65	EVA, Interférence, Phono, MCT, DRA	5	-19	91 (2)	EVA	1	2	160 (4)	-1	143 (3)
HP142	EVA, Phono, DRA	3	-30	101 (1)	EVA	1	-22	157 (2)	-18	158 (2)
MA32	Phono, DRA	2	-25	226 (3)	L/G	1	31	367 (6)	31	355 (6)
CC91	EVA, MCT, DRA	3	-17	90 (2)	Phono	1	-5	153 (3)	-1	164 (4)
BN124	Phono, MCT, DRA	3	-46	197 (1)	Phono	1	-22	246 (2)	5	256 (3)
CM19	EVA, Phono, MCT, DRA	4	-32	109 (1)		0	-13	185 (3)	0	220 (3)
CM44	EVA, Phono, DRA	3	-33	51 (1)		0	-22	131 (3)	-18	148 (3)
DL70	Phono	1	-33	110 (1)		0	-23	167 (2)	-23	194 (3)
GE98	Interférence, Phono, MCT, DRA	4	-14	55 (1)		0	-3	96 (2)	-1	100 (2)
GL1	EVA, DRA	2	-21	119 (1)		0	12	205 (3)	16	195 (3)
GT40	EVA, DRA	2	-16	133 (1)			18	202 (3)	16	245 (4)
HR144	Interférence, Phono, DRA	3	-39	243 (3)			-15	271 (4)	-9	215 (2)
HT66	Interférence, Phono, DRA	3	-5	177 (2)			33	283 (5)	50	307 (6)
MD100	Phono	1	-20	118 (1)			-13	176 (2)	-14	190 (3)
MM92	Phono, DRA	2	-26	133 (1)			3	236 (4)	-3	226 (4)
PG82	Phono, MCT, DRA	3	-59	170 (1)			-29	233 (1)	-26	235 (1)
RY126	Interférence	1	-15	134 (1)			NA	NA	NA	NA
RZ116	Interférence, Phono, DRA	3	-60	186 (1)			-29	230 (1)	-25	249 (3)
SZ22	DRA	1	-19	65 (1)			NA	NA	NA	NA
AT45	Interférence, Phono, DRA	3	-31	184 (1)			-19	261 (5)	0	221 (4)
CJ83	Interférence, DRA	2	-29	90 (1)			-14	132 (1)	-14	182 (3)
CN127	Phono	1	-6	255 (4)			24	297 (5)	24	310 (6)
CN139	EVA, Interférence, Phono, DRA	4	-21	283 (5)			NA	NA	NA	NA
CR39	DRA	1	-43	197 (2)			-6	268 (4)	2	281 (5)
DA31	EVA, DRA	2	-11	81 (1)			10	171 (4)	NA	172 (4)
MM87	EVA, Phono, DRA	3	-32	88 (1)			-23	121 (1)	-20	128 (1)
NR23	EVA, DRA	2	-23	97 (1)			-3	159 (2)	-3	158 (2)
NR77	EVA	1	-7	241 (4)			33	310 (6)	45	334 (6)

OS35	EVA, Phono, MCT	3	-19	69 (1)			-9	159 (2)	-5	170 (3)
PA145	Phono, DRA	2	-25	168 (2)			14	236 (4)	NA	NA
PL43		0	-17	117 (1)			10	244 (4)	10	242 (4)
RV10	Phono	1	-24	241 (1)			23	368 (6)	23	358 (6)
SG53	Interférence, Phono, DRA	3	-17	264 (2)			2	304 (4)	5	285 (4)
TC37	EVA, DRA	2	-27	114 (1)			-1	229 (4)	2	226 (4)
LM71	EVA, Interférence, MCT, DRA	4	-29	134 (1)			-11	195 (3)	-11	196 (3)

*Note.* Les cases **vertes** correspondent à un écart entre l'âge de lecture du test *L'Alouette* et l'âge chronologique  $\geq$  à - 6 mois et au score de mots correctement lus au test *Mouette-Pingouin* supérieurs au centile 21.

Les cases **jaunes** correspondent à un écart entre l'âge de lecture du test *L'Alouette* et l'âge chronologique compris entre - 7 mois et - 17 mois et au score de mots correctement lus au test *Mouette-Pingouin* compris entre le centile 7 et 20.

Les cases **blanches** correspondent à un écart entre l'âge de lecture du test *L'Alouette* et l'âge chronologique  $\geq$  à - 18 mois et au score de mots correctement lus au test *Mouette-Pingouin* inférieurs au centile 7.

Les cases **rouges** représentent les six participants *Non Répondants* dont l'écart entre l'âge chronologique et l'âge de lecture a augmenté de quatre mois ou moins entre le début et la fin de l'intervention.

**ND** : nombre de déficits cognitifs sous-jacents. **NMC Mou-Pin** : nombre de mots correctement lus au test *Mouette-Pingouin*. **Écart AL** : différence entre l'âge de lecture et l'âge chronologique au test de *L'Alouette*

Les chiffres entre parenthèses correspondent aux scores standardisés exprimés en Classe 1 = centiles inférieurs à 7, zone dite « pathologique », Classe 2 = centiles 7 à 20, zone dite « de fragilité », Classe 3 = centiles 21 à 38, Classe 4 = centiles 39 à 62, Classe 5 = centiles 63 à 80, Classe 6 = centiles 81 à 93.