

# MEMOIRE

En vue de l'obtention du  
Certificat de Capacité d'Orthophoniste  
présenté par

**Florence LASTOULLAT**

soutenu publiquement en juin 2021

## **Impact des unités syllabiques sur la spécialisation pour l'écrit**

Comparaison de deux méthodes d'apprentissage : lettre/son et  
lettres/syllabe

MEMOIRE dirigé par  
**Gwendoline MAHE**, Enseignant chercheur, Université Lille , Lille

Lille – 2021

---

## Remerciements

Je tiens à remercier chaleureusement ma directrice, Gwendoline Mahé, pour sa bienveillance et sa disponibilité tout au long de ce projet. Je remercie ma lectrice, Lucie Macchi, pour ses précieux conseils.

Je tiens à remercier particulièrement ma sœur qui m'a fait découvrir le métier d'orthophoniste et qui a cru en moi tout au long de mon parcours.

Merci à mes amis qui m'ont soutenue et m'ont donné la force d'avancer malgré la distance qui nous a séparés pendant cette période. Merci à Sarah qui m'a toujours encouragée dans les moments les plus difficiles. Merci à Marion et Patricia pour ces moments de fou-rire et d'audios interminables !

Je remercie mon ami, Julien, pour sa présence, sa générosité et son soutien.

---

## **Résumé :**

La lecture repose sur l'acquisition du principe alphabétique qui consiste à faire correspondre les lettres et les phonèmes. Ce principe nécessite un apprentissage explicite et une prise de conscience de ces unités. L'aire de la forme visuelle des mots se spécialiserait suite à cet apprentissage. La composante N170 voit son amplitude corrélée avec les compétences phonologiques et refléterait l'expertise en lecture. Cependant, les enfants pré-lecteurs éprouvent des difficultés à repérer le phonème, trop abstrait. Ils se référeraient à des unités plus saillantes: la syllabe orale. Les enfants pré-lecteurs parviendraient à faire correspondre les syllabes écrites aux syllabes orales. Selon l'hypothèse du pont syllabique, la syllabe permettrait d'isoler plus aisément les phonèmes qui la constituent. Notre objectif est de déterminer la meilleure méthode permettant l'apprentissage des liens lettre-son et une spécialisation cérébrale pour l'écrit chez les enfants pré-lecteurs de maternelle. Nous comparons deux méthodes d'apprentissage des liens lettre-son, l'une basée sur l'apprentissage lettres-syllabe, l'autre basée sur l'apprentissage lettre-phonème. Nous réalisons des EEG pour objectiver l'amplitude de la composante N170.

Les résultats descriptifs portent uniquement sur deux participants du groupe syllabe. On observe une amélioration des performances après l'entraînement. Les topographies d'un participant semblent révéler une spécialisation de la composante N170 pour l'écrit après l'entraînement lettres-syllabe. Pour pallier le manque de données, nous avons complété nos observations avec les résultats de Vazeux et al. (2020) qui allaient dans le sens de nos hypothèses. Les résultats sont discutés relativement à l'utilité de l'unité syllabique pour l'apprentissage du principe alphabétique chez les enfants tout venants et dyslexiques.

## **Mots-clés :**

Lecture , syllabe , conscience phonémique , composante N170 , correspondance graphème-phonème

## **Abstract :**

Reading is based on the acquisition of the alphabetic principle consisting in graphemes to phonemes mapping. This principle requires explicit learning and awareness of these units. The visual word form area is specialised as a result of this learning. The N170 component has an amplitude that correlates with phonological skills and reflects expertise for print. However, pre-reading children have difficulty identifying the phoneme, which is too abstract. They would refer to more salient units: the oral syllable. Pre-reading children would be able to associate written to oral syllables. According to the syllabic bridge hypothesis, the syllable would make it easier to isolate its constituent phonemes. Our aim is to determine the best method for teaching letter-sound links to pre-reading kindergarten children. We compare two methods of learning letter-sound links, one based on letter-syllable learning, the other based

---

on letter-phoneme learning. We perform EEGs to highlight the amplitude of the N170 component.

The descriptive results only concern two participants in the syllable group. An improvement in performance was observed after training. The topographies of one participant reveal the emergence of the N170 specialization for print after letter-syllable training. To compensate for the lack of data, we supplemented our observations with the results of Vazeux and al. (2020), which were support our hypotheses. While the syllable seems to represent a privileged unit for learning the alphabetic principle, this does not seem to be the case for children with developmental dyslexia.

**Keywords :**

Reading , syllable , phonemic awareness , N170 component , grapheme-phoneme correspondence

---

# Table des matières

<b>Introduction.....</b>	<b>1</b>
<b>Contexte théorique, buts et hypothèses.....</b>	<b>2</b>
1. L'apprentissage de la lecture.....	2
1.1. Le principe alphabétique.....	2
1.2. Les prédicteurs de la lecture.....	2
1.2.1. La conscience phonologique : Un important prédicteur du futur niveau de lecture.....	2
1.2.2. L'émergence de la conscience phonémique.....	3
1.3. Le phonème : une unité centrale mais abstraite.....	3
1.4. Dans les programmes scolaires.....	4
2. La place de la syllabe.....	5
2.1. Une unité présente précocement.....	5
2.2. Dans les modèles développementaux.....	6
3. L'apport des neurosciences.....	8
3.1. L'aire de la forme visuelle des mots et la composante N170.....	8
3.2. La théorie du mapping phonologique.....	8
<b>Problématique, buts et hypothèses.....</b>	<b>9</b>
<b>Méthode.....</b>	<b>10</b>
1. Participants.....	10
2. Matériel et méthode.....	11
<b>Résultats.....</b>	<b>13</b>
1. Données comportementales.....	13
1.1. Hypothèses opérationnelles.....	13
1.2. Participant 1.....	13
1.3. Participant 2.....	14
2. Données topographiques.....	15
2.1. Hypothèses opérationnelles.....	15
2.2. Participant 1.....	16
2.3. Participant 2.....	16
<b>Discussion.....</b>	<b>17</b>
1. Description des résultats obtenus.....	18
1.1. Performances à la tâche de lecture de syllabes.....	18
1.2. Performances à la tâche de suppression phonémique.....	18
1.3. Analyse de la composante N170.....	18
1.4. Influences des connaissances initiales.....	19
1.5. L'impact de l'entraînement sur l'émergence de la composante N170.....	20
2. Limites de l'étude.....	21
3. Apport pour l'orthophonie : le cas de la dyslexie développementale.....	21
3.1. La syllabe orale : le lien avec l'hypothèse phonologique.....	22
3.2. L'intérêt d'un apprentissage multimodal.....	23
3.3. La rééducation orthophonique.....	24
<b>Conclusion.....</b>	<b>25</b>
<b>Bibliographie.....</b>	<b>27</b>
<b>Liste des annexes.....</b>	<b>31</b>
Annexe n°1 : Table du protocole de passation.....	31
Annexe n°2 : Descriptif des séances d'entraînement.....	31
Annexe n°3 : Épreuves de la phase pré-test (matrice 1).....	31
Annexe n°4 : Exemple de cartes-images et cartes-lettres (groupe lettre, matrice1).....	31
Annexe n°5 : Exemple de cartes-images et de cartes-syllabes (groupe syllabe, matrice1).....	31

---

<u>Annexe n°6 : Lecture de syllabes (séance 4, matrice 1).....</u>	<u>31</u>
<u>Annexe n°7 : Lecture de lettres (séance 4, matrice 1).....</u>	<u>31</u>
<u>Annexe n°8 : Jeu du loto groupe syllabe (séance 1, matrice 1).....</u>	<u>31</u>
<u>Annexe n°9 : Jeu du loto groupe lettre (séance 1, matrice 1).....</u>	<u>31</u>
<u>Annexe n°10 : Exemple jeu d'appariement groupe lettre (séance 1, matrice 1).....</u>	<u>31</u>
<u>Annexe n° 11 : Lettres mobiles pour la combinatoire (groupe lettre et groupe syllabe, séance 5).....</u>	<u>31</u>
<u>Annexe n°12 : Lettre d'information destinée aux parents.....</u>	<u>31</u>
<u>Annexe n°13 : Lettre d'information destinée aux enfants.....</u>	<u>31</u>
<u>Annexe n°14 : Consentement de participation destiné aux parents.....</u>	<u>31</u>

# Introduction

La lecture repose sur l'acquisition des correspondances entre les lettres, les plus petites unités graphiques de la langue, et les phonèmes, les plus petites unités sonores. Ce qui revient à dire, par exemple, que la graphie « a » correspond au son /a/. La lecture et l'écriture ne sont autres que de la correspondance entre l'oral et l'écrit.

Ce mécanisme doit faire l'objet d'un apprentissage et c'est cet apprentissage qui permet ensuite d'automatiser la lecture. Les enfants doivent donc prendre conscience que la parole est constituée de sons et qu'elle peut être fragmentée en plusieurs unités de tailles différentes et porteuses de sens. Le phonème est la plus petite unité sonore de la langue; il est au cœur des méthodes d'apprentissage de la lecture. Seulement, la chaîne orale est difficile à découper. L'enfant va alors procéder à des découpages plus larges.

En effet, plusieurs études ont montré que le phonème est une unité moins facilement repérable par les enfants dans la chaîne orale par rapport à la syllabe, bien plus saillante. Les tâches de comptage syllabique réussies dès la maternelle par des enfants de quatre ans montrent bien que les enfants pré-lecteurs sont déjà sensibles à cette unité dans la chaîne orale (Doignon & Zagar, 2006). De plus, les données de ces mêmes auteurs confirment que les enfants en cours d'apprentissage de la lecture repèrent dans les mots écrits les groupements de lettres correspondant aux syllabes orales. Cette sensibilité à l'existence du phonème n'est présente qu'après un apprentissage explicite de la lecture. Le rapport de 2019 publié par la Direction de l'Evaluation de la Prospective et de la Permanence (DEPP) va en ce sens en soulignant un décalage entre les performances phonologiques globales et les performances phonémiques des enfants en début de CP. Ce décalage diminue en milieu de CP mais pour autant un peu plus d'un élève sur dix ne maîtrise pas les bases phonologiques indispensables pour entrer dans la lecture.

Par ailleurs, d'autres études ont déjà mis en évidence l'intérêt que pourrait représenter la syllabe dans l'apprentissage de la lecture, pour autant peu de modèles théoriques l'incluent.

Ces constats nous amènent à nous demander dans quelle mesure les unités syllabiques ont un impact sur l'apprentissage de la lecture. Ces unités permettent-elles un apprentissage plus aisé des liens entre unités orthographiques et phonologiques et donc une meilleure spécialisation pour l'écrit comparativement à l'unité phonémique ?

Mettre en évidence l'impact positif d'un apprentissage centré sur les liens lettres-syllabe pourrait apporter des pistes de remédiation et d'adaptation pour les enfants en difficulté et qui ne parviendraient pas à entrer dans l'apprentissage de la lecture, comme c'est souvent le cas pour les enfants dyslexiques pour qui les phonèmes sont des unités très abstraites.

Pour tenter de répondre à ces questions nous effectuerons deux types de mesures. Des mesures comportementales qui consisteront à comparer les impacts respectifs d'un entraînement centré sur les liens lettres-phonèmes avec un entraînement centré sur les liens lettres-syllabe sur la lecture et la conscience phonologique. Des mesures électrophysiologiques rendront compte des effets de ces entraînements sur la spécialisation cérébrale pour l'écrit. Une étude similaire a été réalisée (Vazeaux et al. 2020). Les auteurs ont fait les mêmes hypothèses que les nôtres et ont fait passer un entraînement basé sur les liens lettre-phonème pour un groupe d'enfants pré-lecteurs de grande section de maternelle et un entraînement basé sur les liens lettres-syllabe pour un autre groupe d'enfants. Nous

développerons cette étude en parallèle de nos résultats. Enfin, nous compléterons ces données avec des premiers résultats EEG.

Cette étude s'inscrit dans un projet global en collaboration avec l'université de Strasbourg. Nous sommes deux étudiants en orthophonie à travailler sur ce projet cette année. Les données récoltées seront ensuite réunies pour l'interprétation des résultats.

## **Contexte théorique, buts et hypothèses**

### **1. L'apprentissage de la lecture**

#### **1.1. Le principe alphabétique**

L'apprentissage de la lecture est basé sur l'acquisition des correspondances entre les graphèmes et les phonèmes. En effet, il est admis que pour apprendre à lire il convient de faire correspondre les plus petites unités graphiques de la langue (i.e., les lettres) avec les plus petites unités sonores correspondantes (i.e., les phonèmes ; Alegria & Morais, 1979 ; Doignon & Zagar, 2006).

A chaque lettre ou groupe de lettres correspond un phonème. L'enfant doit donc être familier avec le code alphabétique, c'est-à-dire connaître le nom des lettres mais également leur forme sonore.

Le nom des lettres donne une identité phonologique aux lettres. Il aide l'enfant à relier les mots oraux et les mots écrits. Il est important de comprendre que l'écrit correspond à une représentation graphique de l'oral mais aussi que la parole peut être segmentée en petites unités qui elles-mêmes ont une représentation graphique (Alegria & Morais, 1979 ; Bara et al. 2004 ; Bastien-Toniazzo et al., 1999).

Cependant, pour dégager le principe alphabétique, les enfants doivent prendre conscience de l'existence de ces petites unités sonores, à savoir les phonèmes (Bryant et al., 1990).

#### **1.2. Les prédicteurs de la lecture**

Scarborough (1998) décrit cinq facteurs prédictifs des compétences langagières écrites. Ces compétences seraient déterminantes dans l'acquisition de la lecture et leur évaluation permettrait de déterminer le niveau ultérieur en lecture des enfants. Sont considérés comme facteurs prédictifs : la connaissance du nom et du son des lettres, la capacité à écrire des lettres, la mémoire phonologique à court terme, la dénomination rapide d'objets et la conscience phonologique. Nous développerons uniquement la conscience phonologique dans le cadre de ce projet mémoire.

##### **1.2.1. La conscience phonologique : Un important prédicteur du futur niveau de lecture**

La conscience phonologique désigne la capacité à repérer, traiter et manipuler explicitement les unités phonologiques orales de la langue (Scarborough, 1998). Cette capacité peut être mesurée à différents niveaux. Morais et collaborateurs (1987) distinguent différents niveaux d'abstraction dans le traitement phonologique. L'enfant doit en effet faire abstraction du sens pour se concentrer sur la forme. Cette compétence met en jeu la taille des

unités traitées (Ecalte et al., 2002). L'analyse peut être faite au niveau de la syllabe, de la rime ou du phonème. Pour ce dernier cas on parlera de conscience phonémique.

La conscience phonologique est depuis longtemps considérée comme un important prédicteur du niveau ultérieur de lecture (Bara et al., 2004). Un enfant avec de bonnes capacités en conscience phonologique aura plus de facilité pour entrer dans l'apprentissage de la lecture. On constate assez facilement que les enfants pré-lecteurs en maternelle n'ont pas de difficultés pour segmenter les mots en syllabes. Cette capacité serait déjà présente vers l'âge de cinq ans selon l'étude de Scarborough (1998).

Cependant, cette compétence s'avère ne plus être aussi spécifique lorsque l'enfant entre dans l'apprentissage. Le passage de la manipulation syllabique à la manipulation phonémique reste une étape indispensable. De bonnes compétences en conscience phonémique s'avèrent alors plus prédictives d'un bon niveau en lecture (Alegria & Morais, 1979). Seulement les études ont montré que les enfants jusque six ans trouvaient les tâches de détection de phonèmes trop difficiles (Alegria & Morais, 1979; Bryant et al., 1990; Liberman et al., 1974). La capacité à isoler les phonèmes avant l'entrée à l'école primaire est très faible et s'améliore avec l'apprentissage de la lecture (Bosse & Zagar, 2017; Ecalte et al., 2002)

Cette tâche requiert un niveau d'abstraction supérieur à celui de la syllabe (Bosse & Zagar, 2017).

### **1.2.2. L'émergence de la conscience phonémique**

La sensibilité phonémique n'émerge pas naturellement de la maîtrise du langage oral. Alegria et Morais (1979) émettent différentes hypothèses, notamment celle de la maturation intellectuelle. Les enfants devraient atteindre un niveau de maturation intellectuelle suffisant pour pouvoir manipuler les phonèmes. Ziegler et Goswami (2005) développent la théorie de « la taille du grain ». Les unités phonémiques, trop petites, ne seraient pas accessibles de manière consciente avant l'entrée dans la lecture. Bosse et Zagar (2017) rappellent les résultats obtenus de l'étude de Morais et collaborateurs (1979). Ces derniers ont montré que des adultes analphabètes échouaient aux épreuves de manipulation de phonèmes contrairement à des adultes ayant reçu un enseignement classique ou à des adultes avec un faible niveau de lecture. Ces résultats indiquent que la conscience phonémique n'est pas une compétence qui émerge spontanément avec l'âge mais se développe avec l'apprentissage de la lecture. La conscience phonémique n'apparaît donc pas comme un pré-requis essentiel puisqu'elle se développe en concomitance de l'apprentissage de la lecture. L'enfant n'y accède pas de lui-même, il doit y être confronté (Alegria & Morais, 1979).

En revanche, les réussites aux tâches de manipulation syllabique révèlent que la syllabe est une unité disponible avant toute forme d'apprentissage formel de la lecture.

### **1.3. Le phonème : une unité centrale mais abstraite**

Le phonème est une unité linguistique centrale dans les méthodes d'apprentissage de la lecture. Comme vu précédemment, sa prise de conscience (i.e., conscience phonémique) n'émerge et ne s'améliore que lorsque l'enfant apprend à lire et à écrire, l'enfant n'a en effet aucun intérêt autre que celui-ci à repérer les plus petites unités de la langue (Alegria & Morais, 1979). La conscience phonémique se caractérise par la capacité à identifier et manipuler intentionnellement les phonèmes composant le langage oral (Doignon & Zagar, 2006).

Même si certains enfants arrivent à entrer sans difficultés dans l'apprentissage de la lecture, de nombreuses études ont montré que le phonème était une unité abstraite pour beaucoup d'enfants et les difficultés à le traiter pouvaient entraîner l'échec à l'accès à la lecture (Bastien-Toniazzo et al., 1999 ; Ecalle et al., 2002). En effet, les difficultés d'acquisition de la lecture résultent souvent des difficultés en conscience phonémique. Les enfants avec des difficultés à segmenter les mots en phonèmes ont des difficultés pour apprendre à lire (Alegria & Morais, 1979).

La raison pour laquelle les tâches de détection de phonèmes sont échouées jusqu'à l'entrée dans l'apprentissage de la lecture est que le phonème est une unité difficilement identifiable dans la chaîne orale en particulier les phonèmes occlusifs (/b/, /p/, /d/, /t/, /k/, /g/), qui sont imprononçables sauf associés à une voyelle (Bastien-Toniazzo et al., 1999 ; Bosse & Zagar, 2016 ; Bryant et al. 1990 ; Doignon & Zagar, 2014). Les voyelles sont quant à elles des unités plus saillantes et de ce fait plus faciles à repérer. Elles peuvent représenter aussi des syllabes à elles seules.

De plus, l'étude de Ecalle et collaborateurs (2002), effectuée auprès d'enfants de grande section de maternelle, a montré des effets planchers sur des tâches de manipulation phonémiques (entre 8 et 13,6 % de réussite). Les enfants transforment la tâche de segmentation phonémique en tâche de segmentation syllabique. Ces scores témoignent de la difficulté des enfants pré-lecteurs à extraire le phonème mais confirment le fait qu'ils seraient bien plus sensibles à la syllabe dans la chaîne orale et que ce découpage semble même plus facile.

De par ces constatations, Bastien-Toniazzo et collaborateurs (1999) ont remis en cause la place centrale du phonème comme unique unité de traitement pendant l'apprentissage de la lecture. Les auteurs affirment que l'identification des phonèmes nécessite une analyse consciente qui s'effectue après la perception de la syllabe qui le contient.

D'autres auteurs comme Doignon et Zagar (2006) ont donc considéré le rôle de la syllabe dans l'apprentissage de la lecture, car les enfants semblent s'en saisir plus naturellement.

#### **1.4. Dans les programmes scolaires**

L'apprentissage de la lecture est un enjeu important pour l'Éducation Nationale qui doit garantir à tous les élèves l'acquisition des bases pour entrer dans le langage écrit afin d'éviter tout risque d'échec scolaire (Bulletin officiel spécial n°2, 2015).

La méthode syllabique, l'une des méthodes de référence pour l'apprentissage de la lecture, attribue au phonème une place centrale. Cette méthode a souvent été mise en opposition avec la méthode globale. La méthode syllabique se base sur le principe alphabétique, alors que la méthode globale demande à l'enfant de mémoriser des mots entiers. Jusque dans les années soixante-dix, la plupart des écoles élémentaires suivent une démarche syllabique avant qu'elle ne soit remise en cause par les enseignants (ONL, 2005) mais aussi par certains chercheurs. Bastien-Toniazzo et al. (1999) considèrent que les méthodes d'apprentissage basées sur le principe alphabétique (i.e., correspondance graphème-phonème) sont problématiques et mettent les enfants en difficulté dans la mesure où le phonème est une unité difficilement repérable et abstraite.

L'inspection générale de l'Éducation Nationale confirme la problématique du phonème. Les enfants sont incapables de se représenter individuellement le /p/ et le /a/ du son /pa/.

« C'est pour cela que les méthodes de lecture syllabiques traditionnelles [...] ne peuvent être retenues en l'état. » (ONL, 2005, p.10).

Bosse et Zagar (2016) reviennent sur un rapport de l'IGEN de 2011 (p.134) qui reproche une introduction précoce des activités trop formelles portées sur les sons dès la maternelle. L'inspection regrette que le lien entre la maternelle et le CP soit insuffisant, en particulier concernant la segmentation syllabique, abandonnée au CP. Il semble rare que les enseignants s'assurent de la compréhension du principe alphabétique à l'entrée du CP (ONL, 2005).

A l'heure actuelle les programmes scolaires n'incluent que très peu la syllabe dans les méthodes d'acquisition du lien graphème-phonème malgré le fait que celle-ci pourrait constituer une unité intermédiaire à l'apprentissage des liens lettre/son.

## 2. La place de la syllabe

### 2.1. Une unité présente précocement

Doignon et Zagar (2006) rappellent qu'avant d'atteindre un niveau de conscience phonémique les enfants possèdent un niveau de conscience des unités phonologiques plus larges que le phonème. Les auteurs ont montré que lors de l'apprentissage de la lecture, les enfants cherchent à associer des segments de la chaîne orthographique à des segments de la chaîne orale qu'ils connaissent, les syllabes. Ils ont utilisé le paradigme des conjonctions illusoire pour rendre compte du traitement de ces unités à l'écrit chez les enfants pré-lecteurs. La tâche consistait à rapporter la couleur d'une lettre cible présentée dans une suite de lettres écrites en deux couleurs différentes. Le découpage en couleur pouvait correspondre ou non au découpage en syllabe du mot (e.g., Quelle est la couleur de la lettre « p » pour l'item « **re**pos » ou « **re**pos » ?). Les enfants commettaient différents types d'erreurs. Une fausse alarme est réalisée lorsque l'enfant rapporte une couleur qui n'était pas présente dans le mot. Les enfants peuvent aussi réaliser une conjonction illusoire, c'est-à-dire associer une lettre à la mauvaise couleur. Les auteurs parlent d'erreurs de préservation lorsqu'ils attribuaient à la lettre cible la couleur des lettres appartenant à la même syllabe (e.g., indiquer que la lettre « p » est bleue dans « **re**pos ») et d'erreurs de violation lorsqu'ils attribuaient à la lettre cible la couleur n'appartenant pas à la même syllabe (e.g., indiquer que la lettre « p » est rouge dans « **re**pos »). Les résultats ont montré que les enfants commettaient plus souvent des erreurs de préservation, c'est-à-dire qu'ils traitent le mot en respectant la structure syllabique (i.e., dire que le « p » est de la même couleur que « os » dans l'item « **re**pos »). Ces résultats ont montré que les enfants pré-lecteurs perçoivent automatiquement les unités syllabiques dans les mots écrits. D'autres observations ont montré que ces correspondances sont d'autant plus facilitées lorsque les syllabes orales reflètent des syllabes fréquemment retrouvées à l'écrit. Les enfants sont sensibles très tôt à cette redondance orthographique.

Chetail et Mathey (2009) arrivent aux mêmes conclusions. Les auteurs ont utilisé l'effet de congruence syllabique dans une tâche de décision lexicale auprès d'enfants apprentis lecteurs. Les participants devaient dire si l'item présenté était un mot ou non. Certaines lettres de l'item étaient présentées en couleur. Ces lettres respectaient les frontières syllabiques ou alors les violaient, en fonction de la structure syllabique du mot (e.g., **carotte** vs **carotte**). Les auteurs ont fait l'hypothèse que si les syllabes sont des unités fonctionnelles chez les lecteurs débutants, un effet de congruence doit être observé. Les données ont mis en évidence un effet facilitateur chez les lecteurs débutants lorsque la couleur des mots correspondait aux

frontières syllabiques. Ce résultat confirme le rôle fonctionnel des unités syllabiques pendant la reconnaissance visuelle des mots écrits.

En s'appuyant sur ces constats, Doignon et Zagar (2014) font l'hypothèse de l'existence d'une première étape d'acquisition de la lecture qui consisterait à faire correspondre les unités phonologiques disponibles (i.e., les syllabes) avec les unités orthographiques (i.e., les groupes de lettres). Les auteurs nomment cette étape le pont syllabique. Les enfants pré-lecteurs, en construisant le pont syllabique, seraient plus à même d'effectuer les correspondances entre les lettres et les phonèmes. Les auteurs ont testé leur hypothèse avec des enfants pré-lecteurs qu'ils avaient d'abord entraînés à reconnaître quatre groupes de lettres, pour les sensibiliser aux redondances orthographiques. Certains enfants ont bénéficié d'un apprentissage purement visuel où il leur était demandé de nommer les lettres de chaque groupe. D'autres enfants ont bénéficié d'un apprentissage visuo-phonologique où il leur était demandé d'apprendre les correspondances entre les groupes de lettres et leur prononciation. Les enfants ont ensuite effectué une tâche de conjonctions illusoires. Les résultats ont confirmé l'hypothèse des auteurs, car les enfants étaient capables de reconnaître les syllabes apprises dans une suite de lettres. De plus, les bénéfices de la condition d'apprentissage visuo-phonologique étaient plus importants que l'apprentissage visuel seul, ce qui confirme qu'un apprentissage explicite des correspondances lettres-syllabe est possible et peut constituer une première étape dans l'apprentissage de la lecture.

Les syllabes sont des unités accessibles précocement chez les enfants pré-lecteurs. Les enfants sont sensibles à la redondance orthographique qui leur permet de mieux percevoir les unités syllabiques dans les mots écrits. Les résultats obtenus dans ces trois études conduisent alors à envisager l'intégration de ces unités dans les modèles d'apprentissage de la lecture.

## **2.2. Dans les modèles développementaux**

La plupart des modèles développementaux placent le phonème au cœur de l'apprentissage de la lecture (Coltheart, 1978 ; Frith, 1986 ; McClelland & Rumelhart 1981). Le modèle de référence est le modèle à double voie de Coltheart (1978). La voie phonologique (ou d'assemblage) serait mobilisée pour la conversion graphème-phonème tandis que la voie lexicale (ou d'adressage) serait dédiée au traitement global du mot (Figure 1). Bien que populaire, ce modèle a été remis en question, lui reprochant de ne pas mettre en interaction les différents composants (Sprenger-Charolles et al., 2003).

Ces modèles ont en commun le fait qu'ils n'incluent pas les syllabes.

Le modèle DIAMS proposé par Doignon et Zagar (2009) a la particularité d'avoir inclus les syllabes comme unités infra-lexicales intermédiaires (Figure 2). L'élaboration de ce modèle s'est basée sur l'hypothèse du pont syllabique, développée plus haut. Les auteurs se sont appuyés sur les unités phonologiques et orthographiques disponibles chez l'enfant, à savoir certains mots, certaines lettres et certaines syllabes. Leur première hypothèse était que la syllabe pouvait constituer l'unité linguistique avec laquelle se créent des connexions avec les représentations orthographiques. Une fois ces connexions établies, l'enfant pourra alors déchiffrer des mots simples. Leur seconde hypothèse est la discrimination phonémique par la syllabe. Elle consiste au fait que l'enfant se rende compte que la syllabe orale est constituée de plusieurs lettres et à partir de là il pourra procéder à la segmentation phonémique.

Doignon et Zagar (2009) fournissent de solides arguments en faveur de l'hypothèse du pont syllabique qui pourrait être une première étape avant le traitement des phonèmes. Les enfants seraient plus à même de créer des associations entre les graphèmes et les phonèmes.

Cet aspect est d'autant plus important que l'apprentissage des liens entre unités orthographiques et phonologiques est déterminant pour l'automatisation de la lecture.

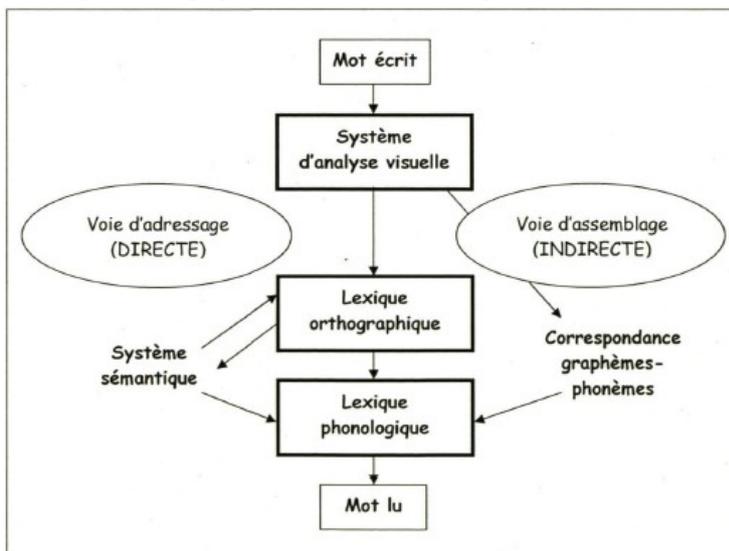


Figure 1. Modèle à double voie (Coltheart, 1978)

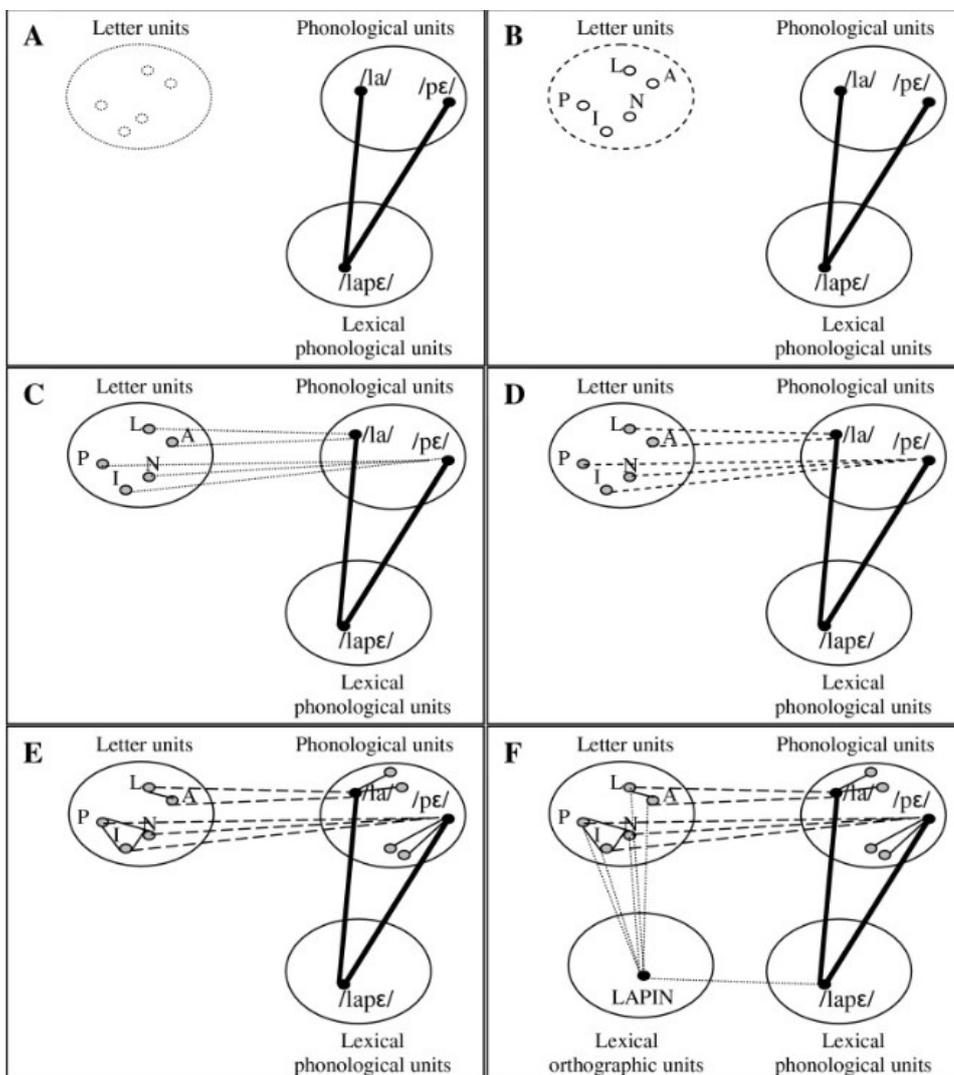


Figure 2. Developmental interactive model with syllables (DIAMS) (Doignon & Zagar, (2009)

### **3. L'apport des neurosciences**

#### **3.1. L'aire de la forme visuelle des mots et la composante N170**

La lecture s'automatiserait grâce à la spécialisation de certaines aires cérébrales pour l'écrit. Les régions occipito-temporales sont mobilisées dans la reconnaissance visuelle des objets. Chez le jeune enfant non lecteur, les informations visuelles sont traitées comme un tout. Il ne différencie pas les lettres d'autres symboles. Avec l'apprentissage, la région occipito-temporale gauche va se spécialiser pour le traitement des lettres et des mots (i.e., aire de la forme visuelle des mots ; Cohen et al., 2000). Cette zone est activée chez tous les lecteurs et continue de se spécialiser progressivement au cours de l'apprentissage. Différentes études ont montré les défauts d'activation de cette zone chez les faibles lecteurs ou les lecteurs dyslexiques (Helenius et al., 1999; Paulesu et al., 2001; Richlan et al., 2009), prouvant l'implication de cette aire cérébrale dans les mécanismes d'automatisation de la lecture. Des études combinant l'enregistrement IRMf et électrophysiologique ont pu associer l'activation de l'aire de la forme visuelle des mots à la composante N170 (Brem et al., 2006). Cette composante émerge à 170 ms environ après présentation d'un stimulus visuel. Elle serait présente pour tous les stimuli visuels en général mais elle présente une plus large amplitude pour des stimuli visuels d'une catégorie d'objets pour lesquels on aurait développé une expertise, conduisant à un traitement rapide et spécialisé (Maurer et al., 2007 ; Tanaka & Carrant, 2001). Une autre étude de Maurer et al. (2005) a permis de préciser que la composante présentait de plus larges amplitudes à gauche pour les stimuli écrits que pour des stimuli visuels non langagiers chez des adultes bon lecteurs.

Ces travaux confirment qu'il est possible de développer une expertise pour le traitement des caractères auxquels on a été beaucoup exposés, ce qui conduirait à un traitement plus rapide des lettres. Cette spécialisation cérébrale pour l'écrit aurait lieu avec l'acquisition de la lecture. Brem et collaborateurs (2010) ont présenté des séquences de symboles et de caractères écrits à des enfants pré-lecteurs allemands. Les mesures électrophysiologiques n'ont révélé aucune différence d'amplitude de la composante N170 pour les caractères écrits et pour les symboles. Par ailleurs, l'amplitude de la composante N170 serait plus élevée pour les mots que pour les symboles dans les deux années suivant le début de l'apprentissage de la lecture (Maurer et al., 2006). Ce qui confirmerait qu'une spécialisation pour l'écrit a lieu avec l'apprentissage de la lecture.

#### **3.2. La théorie du mapping phonologique**

De nombreux travaux suggèrent que la spécialisation de régions cérébrales pour l'écrit se met en place au cours de l'apprentissage de la lecture. La théorie du mapping phonologique soutient que la spécialisation pour l'écrit dépendrait de l'apprentissage des liens entre les unités orthographiques et les unités phonologiques de la langue (i.e., correspondances graphème-phonème). La théorie du mapping phonologique a été étendue à la spécialisation de la composante N170 pour l'écrit (McClandliss & Noble, 2003). A ce sujet, des travaux ont mis en évidence des corrélations entre les amplitudes de la composante N170 pour l'écrit et les compétences phonologiques (Mahé et al., 2013). Sur la base de cette théorie, Brem et collaborateurs (2010) font l'hypothèse que l'apprentissage des correspondances graphème-phonème chez des enfants pré-lecteurs entraîne une spécialisation de la composante N170

pour l'écrit. Les auteurs ont mené cette étude auprès d'enfants allemands pré-lecteurs. Les enfants ont été répartis dans deux groupes. Dans un premier temps, un groupe bénéficiait d'un entraînement sur la correspondance graphème-phonème en utilisant le jeu « Graphogame » pendant que l'autre groupe effectuait une autre tâche non langagière (e.g., mathématiques). Les entraînements ont duré quatre semaines. Les auteurs ont mesuré les activations cérébrales avant et après le premier entraînement. Des mots et des faux caractères ont été présentés aux enfants avec un stimulus auditif. Les enfants devaient dire si le stimulus auditif correspondait au stimulus visuel. Les résultats ont montré une amplitude négative plus importante de la composante N170 pour les stimuli langagiers que pour les faux caractères chez les enfants ayant bénéficié d'un entraînement graphogame uniquement. Dans un second temps, les entraînements ont été inversés entre les groupes. Les enfants qui avaient fait la tâche contrôle ont alors bénéficié de l'entraînement graphogame et les auteurs ont retrouvé les mêmes effets pour ce groupe d'enfants lors d'une seconde mesure.

Cette étude confirme le changement de certaines réponses au niveau cérébral à la présentation d'un stimulus écrit et met en évidence une différence d'amplitude significativement plus élevée pour l'écrit après un entraînement spécifique aux correspondances graphème-phonème. Ces résultats vont dans le sens de la théorie du mapping phonologique et confirment l'importance d'apporter un enseignement explicite et systématique des correspondances entre les unités graphiques avec les unités phonologiques pour que les circuits neuronaux se spécialisent. Pourtant, nous avons vu que les unités phonémiques sont peu accessibles aux jeunes enfants.

En considérant la syllabe comme une unité intermédiaire pour l'apprentissage de la lecture, Doignon et Zagar (2013) ont fait l'hypothèse de changements neuronaux semblables suite à la construction d'association lettres-syllabe.

## **Problématique, buts et hypothèses**

Beaucoup d'études ont montré l'apport bénéfique d'un entraînement explicite de la conscience phonologique dès la maternelle dans le but d'améliorer la construction du lien entre les lettres et les phonèmes. La méta-analyse du National Reading Panel's reprise par Ehri et collaborateur (2001) a regroupé des études mesurant l'impact d'un entraînement de la conscience phonémique et a constaté que celui-ci améliorerait cette compétence chez les enfants. Ils ont également remarqué que l'entraînement était plus efficace lorsque celui-ci était couplé à la présentation de lettres, ou avec des supports visuels. Les résultats de l'étude de Doignon et Zagar (2013) vont également en ce sens, puisque les auteurs soulèvent le bénéfice d'un entraînement regroupant les modalités visuelles et phonologiques. En outre, l'apprentissage des groupes de lettres a été renforcé lorsque la séquence de lettres a été explicitement associée aux syllabes.

Partant de ce constat, nous avons choisi de comparer les effets de deux entraînements différents, l'un portant sur les liens lettre-phonème et l'autre portant sur les liens lettres-syllabe. Notre objectif est de déterminer la meilleure méthode d'apprentissage des liens lettre-son chez les enfants pré-lecteurs de maternelle. Nous faisons l'hypothèse que les enfants du groupe lettres-syllabe obtiendront de meilleurs résultats comparativement aux enfants du groupe lettre-phonème aux tâches de conscience phonémique et de lecture de syllabes. Récemment, Vazeux et collaborateurs (2020) ont testé les mêmes hypothèses. Les auteurs se sont appuyés sur le modèle DIAMS qui soutient que le principe alphabétique se construit d'abord par des connexions entre les syllabes et les lettres (Doignon & Zagar, 2009).

Progressivement les lecteurs parviennent à établir un lien entre les lettres qui composent la syllabe et leur son. La syllabe rendrait les phonèmes plus accessibles. A partir de là, les auteurs ont fait l'hypothèse que la construction du pont syllabique permettrait de développer la conscience phonémique. L'étude a été menée auprès de 222 enfants pré-lecteurs scolarisés en grande section de maternelle. Les enfants étaient de langue maternelle française et n'avaient aucun trouble du langage avéré. Ils ont été répartis en deux groupes, un groupe qui suivrait un entraînement lettre-phonème et un autre groupe qui suivrait un entraînement lettres-syllabe. Ils ont reçu quatre sessions d'enseignement basées sur des correspondances soit entre lettres et syllabes (groupe lettres vers syllabes), soit entre lettres et phonèmes (groupe lettres vers phonèmes). Les performances des enfants ont été testées à travers trois tâches : la lecture de syllabes, la connaissance des lettres et de leurs son et la suppression phonémique. Les auteurs font l'hypothèse d'obtenir de meilleures performances chez les enfants ayant suivi l'entraînement lettres-syllabe que chez les enfants ayant suivi l'entraînement lettre-phonème.

Nous comparerons les résultats comportementaux des deux études. Pour étayer notre hypothèse et pour compléter les données de l'étude de Vazeux et collaborateurs (2020), nous avons inclus une mesure EEG des performances de l'enfant avant et après l'entraînement pour mesurer la spécialisation cérébrale pour l'écrit. Nous nous attendions à observer une amplitude similaire de la composante N170 en pré-test pour les stimuli visuels écrits et les symboles et une amplitude négative plus large en post-test pour les stimuli visuels écrits par rapport aux stimuli non langagiers. Nous nous attendions également à observer une amplitude plus large de cette composante dans le groupe syllabe par rapport au groupe lettre.

Les enfants présentant cette différenciation au niveau cérébral et sachant déjà lire, ont été exclus de l'étude. Pour le moment, seules les données de deux enfants ont pu être retenues.

L'étude a été validée par le Comité d'Ethique et par la CNIL.

## **Méthode**

### **1. Participants**

Les participants étaient des enfants de langue maternelle française, âgés entre 4 et 5 ans et scolarisés en grande section de maternelle. Ils ne présentaient aucun trouble du langage oral et n'avaient entrepris aucun suivi orthophonique pour ce motif. Nous avons retenu uniquement les enfants qui ne savaient pas lire au moment du pré-test.

Pour le recrutement des participants, nous avons mis des affiches à destination des parents, dans les écoles, les universités et les crèches.

Avant de commencer les séances, une lettre d'information avait été transmise au parent et à l'enfant (cf. Annexes 12 et 13).

L'état d'urgence sanitaire nous a contraint à modifier le recrutement des participants. Un premier recrutement a été fait dans une école maternelle et les entraînements se dérouleront en classe.

## 2. Matériel et méthode

Nous répartirons d'abord les enfants dans deux groupes : un groupe syllabe et un groupe lettre. Au sein de ces groupes deux matrices différentes seront évaluées.

L'expérimentation est composée d'une phase pré-test, de quatre séances d'entraînement, d'une séance d'introduction à la combinatoire et d'une phase post-test, programmées sur deux semaines selon les disponibilités de la famille (cf. Annexe A1).

Les pré-tests seront précédés d'un temps d'échange avec le parent et l'enfant durant lequel il leur sera proposé de signer un formulaire de consentement (cf. Annexe A14). Le parent devra remplir un document avec des informations le concernant et concernant son enfant. Un questionnaire sera également proposé à l'enfant pour connaître sa latéralité.

La phase pré-test est divisée en trois temps. Un premier temps consistera à évaluer les précurseurs de la lecture. Nous testerons les connaissances de l'enfant sur le nom et le son de certaines lettres puis nous lui demanderons de lire des syllabes simples de type CV. Enfin nous effectuerons une tâche de conscience phonémique où il lui sera demandé de supprimer le phonème final au sein d'une syllabe complexe de type CVC (cf. Annexe A3). Dans un deuxième temps, nous testerons l'intelligence non verbale avec le test des matrices de Raven (Raven & Court, 1998) pour vérifier qu'il n'y ait pas de disparité entre les enfants. Pour finir, nous effectuerons une première passation EEG. L'enfant sera installé devant un ordinateur. Un expérimentateur sera présent avec lui pour l'encourager et le rassurer. La tâche proposée est une tâche de détection de répétition sur des séquences de lettres, de syllabes, ou de symboles. L'enfant passera neuf blocs en tout dont trois avec 60 séquences de syllabes, trois avec 60 séquences de lettres et trois avec 60 séquences de symboles. Ces séquences ont été constituées sur la base des syllabes et des consonnes apprises pendant les entraînements. Chaque bloc est constitué de 30 séquences : 6 séquences d'entraînement suivies de 24 séquences. Sur les 24 séquences, 4 constituent une répétition immédiate. Pour chaque essai, une croix de fixation apparaîtra à l'écran pendant 400 ms. Elle sera suivie du stimulus pendant 700 ms. L'écran sera ensuite noir pendant 1100 ms.

Deux essais se succéderont et l'enfant devra indiquer si l'item du second essai est le même que l'item du premier essai. Si c'est le cas il devra appuyer le plus vite possible sur un bouton réponse (i.e. la barre espace) ; sinon il ne fera rien et l'expérimentateur lance manuellement les deux essais suivants. Les pré-tests seront identiques pour tous les groupes. Les passations EEG auront lieu à l'Imaginarium de Tourcoing.

Les enfants bénéficieront ensuite de quatre séances d'entraînement à domicile puis d'une séance d'initiation à la combinatoire. Au terme des cinq séances, lors des post-tests, nous évaluerons à nouveau les précurseurs à la lecture, sur les lettres et les syllabes entraînées et non entraînées puis nous ferons passer le second EEG.

Pour le groupe syllabe, nous présenterons au total huit syllabes aux enfants : BA, BI, FA, FI, SO, SU, TO, TU (matrice 1) et BO, BU, FO, FU, SA, SI, TA, TI (matrice 2). Pendant les quatre premières séances, les enfants seront entraînés à repérer et lire les syllabes à travers différents jeux. Nous veillerons à présenter des cartes-syllabes en association avec des cartes-images (cf. Annexe A5).

Nous présenterons successivement une carte-image, une carte-syllabe correspondant à la première syllabe du mot et enfin la carte-image et la carte-syllabe ensemble. Pour chaque item, il sera demandé à l'enfant de repérer la première syllabe des cartes-images (e.g., Pour « bateau » l'enfant devra répondre « BA »). Une tâche de lecture de syllabes sera ensuite

proposée avec l'aide de l'expérimentateur (cf. Annexe A6). Puis nous ferons un jeu de dé. Les syllabes seront inscrites sur les faces du dé. Il sera demandé à l'enfant de lire la syllabe sur laquelle il tombe en lançant le dé. Nous terminerons par un jeu de loto (cf. Annexe 8). L'enfant disposera d'une grille avec les syllabes. L'expérimentateur prononcera une syllabe et l'enfant devra la reconnaître le plus vite possible sur sa grille. Puis ce sera à son tour de dire une syllabe à l'expérimentateur. Aux séances 3 et 4, le jeu du déménageur sera proposé. L'enfant et l'expérimentateur se placeront à distance l'un de l'autre, chacun avec une barquette contenant les quatre syllabes apprises. L'expérimentateur piochera une carte et demandera à l'enfant de chercher la syllabe qu'il vient de piocher.

La dernière séance d'entraînement sera consacrée à la combinatoire (cf. Annexe 11). On présentera à l'enfant dans un premier temps l'étape de la syllabe vers les lettres (i.e. BA = B+A). L'expérimentateur placera devant l'enfant la syllabe « BA » et séparera les deux lettres en les nommant. On demandera ensuite à l'enfant de former des syllabes avec les lettres présentées devant lui (« *Si je veux écrire la syllabe BI, quelles lettres dois-je prendre ?* »). Nous procéderons ensuite à l'inverse, c'est-à-dire des lettres vers la syllabe (i.e. B+A = BA). L'expérimentateur assemblera les lettres devant l'enfant en rappelant leur nom et leur son. On demandera à l'enfant de lire les syllabes formées sur ce même principe (« *À toi de deviner maintenant : si je prends la lettre B qui fait le son /b/ avec la lettre I, comment ça se lit ?* »).

Pour le groupe lettre, nous présenterons au total 8 lettres aux enfants : B, F, A, I, S, T, O, U (matrice 1) et B, F, O, U, S, T, A, I (matrice 2).

Pendant les quatre premières séances les enfants seront entraînés à repérer et lire les lettres à travers différents jeux. Nous insisterons pour que les enfants disent le nom et le son des lettres, en particulier pour les consonnes. Nous présenterons successivement une carte-image, une carte-lettre correspondant à la première lettre du mot et enfin la carte-image et la carte-lettre ensemble (cf. Annexe 4). Nous lui demanderons d'isoler la première lettre du mot (i.e. pour l'image « avion » l'enfant devra répondre « a »). Une tâche de lecture de lettres sera ensuite demandée à l'enfant, avec l'aide de l'expérimentateur (cf. Annexe 7). Nous proposerons un jeu d'appariement où l'enfant disposera d'une grille avec les cartes-images et devra placer les lettres sur la bonne image (cf. Annexe 10). Nous ferons ensuite un jeu de dé. Une lettre différente sera inscrite sur les faces du dé. L'enfant devra prononcer la lettre sur laquelle il tombe en lançant le dé. Nous terminerons par un jeu de loto (cf. Annexe 9). Aux séances 3 et 4, le jeu du déménageur sera proposé. L'enfant et l'expérimentateur se placeront à distance l'un de l'autre, chacun avec une barquette contenant les 4 lettres apprises. L'expérimentateur piochera une carte et demandera à l'enfant de chercher la lettre qu'il vient de piocher.

La dernière séance d'entraînement sera consacrée à la combinatoire (cf. Annexe 11). Nous présenterons à l'enfant l'étape des lettres vers la syllabe (i.e. B+A = BA). L'expérimentateur placera deux lettres devant l'enfant en lui rappelant leur nom et leur son. Puis il les assemblera pour former une syllabe. On demandera ensuite à l'enfant de lire les syllabes qu'on aura formées sur ce même principe : « *À toi de deviner maintenant : si je prends la lettres B qui fait le son /b/ avec la lettre I, comment ça se lit ?* ». On procédera ensuite à l'inverse, c'est-à-dire de la syllabe vers les lettres (i.e. BA = B+A). L'expérimentateur présentera la syllabe et la décomposera en séparant les deux cartes devant l'enfant. On lui demandera ensuite de former des syllabes : (« *Si tu veux écrire la syllabe BI, quelles lettres dois-tu prendre ?* »).

Les scores aux tâches comportementales et les mesures EEG sont analysés avec une ANOVA. Nous analyserons les données EEG (amplitude et latence de la composante N170) en fonction de plusieurs variables : le groupe (i.e. lettre/syllabe), le moment (i.e. pré-test/post-test), le type de stimulus (i.e. lettre/syllabe/symbole), l'hémisphère cérébral (i.e. droit/gauche).

L'état d'urgence sanitaire qui a été décrété dans le pays nous a contraint à modifier notre protocole expérimental, notamment en y intégrant des mesures particulières pour réduire le risque de transmission du virus. Ces mesures ont été validées par le laboratoire de la plateforme IrDive et par le Comité d'Éthique. Elles incluent entre autre un protocole de désinfection du matériel entre chaque participant, le port de gants, de masques, la plastification du matériel qui doit être manipulé par les participants. Pour les passations EEG seules deux personnes pourront être présentes.

Ces mesures supplémentaires nous ont malheureusement retardés dans la réalisation de la partie pratique du mémoire. Nous avons été contraints de reporter les débuts des passations au mois de février 2021, soit au milieu de l'année scolaire.

Les passations ont été arrêtées au moment du premier confinement (mars 2020) et reportées dans l'attente d'un plan de reprise des activités (PRA). Ce PRA ne permettait pas la reprise des passations. Les enfants étaient trop jeunes pour porter un masque. Dans ce cas l'expérimentateur aurait dû respecter une distance de deux mètres avec l'enfant. Ce qui n'était pas possible pour la réalisation des mesures EEG.

## Résultats

### 1. Données comportementales

#### 1.1. Hypothèses opérationnelles

Nous espérons recueillir les données d'une quinzaine d'enfants pour chaque groupe. Pour les données comportementales notre objectif était de pouvoir exposer une différence significative entre les deux conditions et entre le pré-test et le post-test. Nous avons fait l'hypothèse d'observer de meilleurs résultats en lecture de syllabes et en conscience phonologique pour les enfants du groupe syllabe que pour les enfants du groupe lettre. Ces observations confirmeraient que les enfants repéreraient mieux les phonèmes grâce à un entraînement partant de la syllabe plutôt que du phonème lui-même. Il serait donc mieux repérable au sein de la syllabe.

Les deux sujets retenus font partie du groupe syllabe. Nous n'avons pas pu avoir de participants du groupe lettre. La comparaison entre les deux groupes ne sera donc pas développée ici. Nous comparerons les résultats des deux participants en fonction du moment (pré-test/post-test).

#### 1.2. Participant 1

Le participant 1 est une fille âgée de 5 ans et 5 mois de langue maternelle française. Elle ne porte pas de lunettes. Elle est droitrière. Cette participante a passé la matrice 1 du groupe

syllabe. Ses résultats aux tests comportementaux sont décrits dans le tableau ci-dessous (Tableau 1) :

Tâches (groupe syllabe, matrice 1)	Pré-test	Post-test
Lecture de lettres et sons des consonnes	12/12	12/12
Lecture de syllabes apprises	7/8	8/8
Lecture de syllabes non apprises	8/8	8/8
Conscience phonologique syllabes apprises	2/8	8/8
Conscience phonologique syllabes non apprises	0/8	8/8
Conscience phonologique syllabes autres	0/8	6/8

**Tableau 1. Scores de la participante 1 aux tâches administrées en pré et post-test**

Nous pouvons noter qu'au moment du pré-test, la participante 1 connaissait le nom des lettres et leur son. Elle savait lire des syllabes simples. En revanche, elle a échoué aux épreuves de conscience phonologique. Ces premiers résultats montrent que cette participante était probablement déjà lectrice. Mais comme ses performances aux tâches de conscience phonologique étaient très faibles nous avons choisi de ne pas exclure ce sujet.

Au moment du post-test, les performances aux tâches phonologiques se sont améliorées aussi bien pour les syllabes apprises que non apprises.

### 1.3. Participant 2

Le participant 2 est un garçon âgé de 5 ans et 1 mois. Ses langues maternelles sont le français et le soussou (langue d'Afrique de l'Ouest). Il ne porte pas de lunettes et est droitier.

Ce participant a passé la matrice 2 de la condition syllabe. Ses résultats aux tests comportementaux sont décrits dans le tableau ci-dessous (Tableau 2) :

Tâches (groupe syllabe, matrice 2)	Pré-test	Post-test
Lecture de lettres et sons des consonnes	12/12	12/12
Lecture de syllabes apprises	0/8	5/8
Lecture syllabes non apprises	0/8	0/8
Conscience phono syllabes apprises	4/8	8/8
Conscience phono syllabes non apprises	4/8	8/8
Conscience phono syllabes autres	7/8	8/8

**Tableau 2. Score du participant 2 aux tâches administrée en pré et post-test**

Au moment du pré-test, le participant connaît le nom et le son des lettres. En revanche, la lecture de syllabes est échouée. En effet, le participant décompose les syllabes et donne le nom des lettres qui la composent.

On constate également qu'il possède déjà des compétences en conscience phonémique car certains items sont réussis.

Au moment du post-test, le participant parvient à lire quelques syllabes apprises mais échoue pour les syllabes non apprises. Les items en conscience phonologique sont tous réussis aussi bien pour les syllabes apprises que pour les non apprises.

## 2. Données topographiques

### 2.1. Hypothèses opérationnelles

Pour les mesures EEG, nous aurions comparé les réponses des sujets des deux groupes au moment pré-test par rapport au post-test. Les réponses des 64 électrodes sont enregistrées avec le logiciel Actiview et analysées avec Cartool. Nous aurions gardé les essais valides et non bruités, c'est-à-dire lorsque le sujet n'a pas bougé ou cligné les yeux, ce qui peut fausser le tracé des électrodes et rendre l'essai non exploitable. Nous aurions moyenné les données des participants afin de comparer les différentes conditions et de visualiser la composante N170. Nous avons fait l'hypothèse d'observer de plus fortes amplitudes de la composante N170 pour les stimuli écrits (séquences de consonnes, séquences de syllabes) que pour les stimuli non langagiers (séquence de symboles) pour les deux groupes de participants au moment post-test. Nous nous attendions à ce que ce résultat soit néanmoins plus marqué pour le groupe syllabe que pour le groupe lettre.

Les topographies nous auraient renseignés sur la distribution du voltage en fonction du stimulus présenté.

Au moment post-test, nous nous attendions à retrouver une négativité postérieure marquée à gauche uniquement pour les lettres et les syllabes chez tous les participants. Nous avons fait l'hypothèse que cette négativité serait plus marquée pour le groupe syllabe.

La figure 3 illustre les topographies correspondant à la composante N170. On observe à 250 ms une distribution du voltage typique de la composante N170, avec des négativités postérieures. Les négativités sont plus prononcées pour les conditions consonnes et syllabes que pour la condition symboles. Cette topographie est issue de données appartenant à un participant déjà lecteur au moment pré-test. Il n'a donc pas été retenu pour la suite de l'étude.

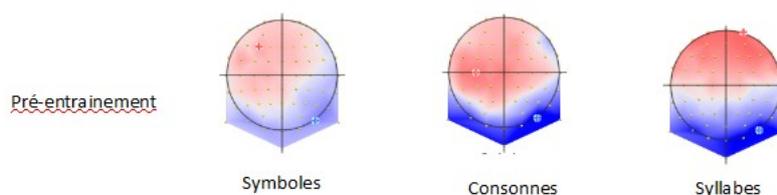


Figure 3. Topographie d'un enfant lecteur en pré-test à 250 ms

Compte-tenu de l'interruption des passations, le nombre de données recueillies n'a pas été assez conséquent pour faire une analyse statistique. Nous avons pu tester seulement quatre sujets. Deux ont été exclus après le pré-test car les données topographiques montraient qu'ils

étaient déjà lecteurs. Les deux autres sujets ont été retenus pour la suite du protocole. Nous développerons leurs résultats

Des données d'amplitudes de composantes EEG sont bien visualisables sur une moyenne d'environ 10 participants mais pas sur des données de sujets individuels. Nous avons donc choisi d'exploiter uniquement les topographies qui représentent la répartition des voltages sur le scalp.

## 2.2. Participant 1

Au pré-test, on observe une topographie typique de la N170 à 250 ms, avec des négativités postérieures, ce qui confirme que la participante avait déjà un début de spécialisation pour l'écrit avant de faire les entraînements (Figure 4). Cependant, elle n'avait pas été exclue car ses performances aux tests de conscience phonologique étaient très faibles.

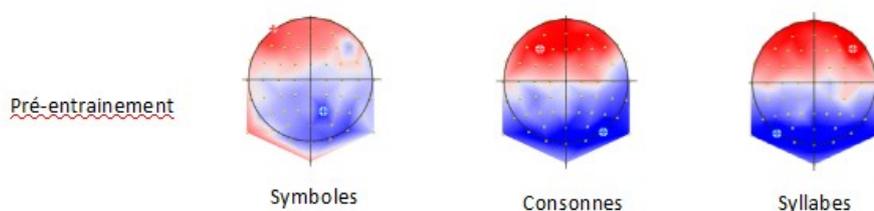


Figure 4: topographie de la N170 à 250 ms de la participante 1 en pré-test

En post-test on constate que la spécialisation est moins marquée dans les trois conditions. Elle est d'autant moins marquée pour la condition symboles que pour les conditions lettres et syllabes (Figure 5).

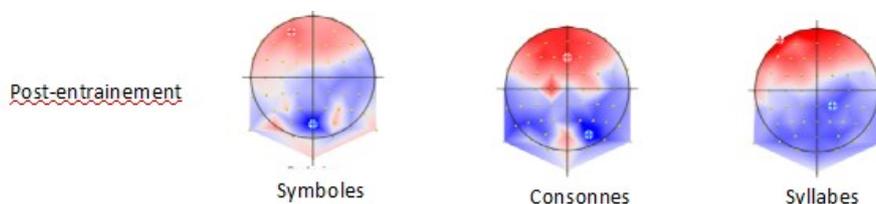
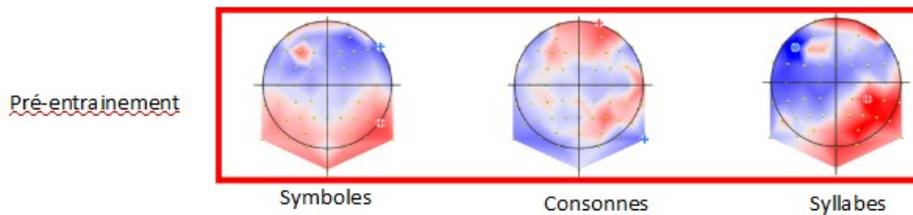


Figure 5 :topographie de la N170 à 250 ms de la participante 1 en post-test

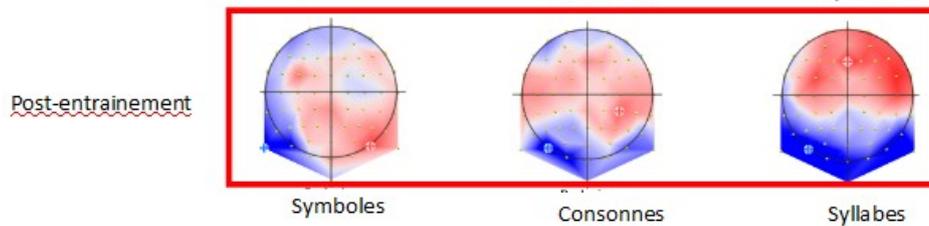
## 2.3. Participant 2

Au moment du pré-test (Figure 6), on remarque une positivité postérieure à droite à 250 ms pour les symboles et les syllabes. Cette positivité est plus marquée pour les syllabes. On note une négativité postérieure pour les consonnes qui se rapproche de la topographie de la composante N170.



**Figure 6 : Topographie de la N170 à 250 ms du participant 2 en pré-test**

Au moment du post-test (Figure 7), on observe une négativité postérieure avec un maximum à gauche à 250 ms pour les consonnes et les syllabes. Cette négativité est d'autant plus forte pour les syllabes. Pour les symboles on observe toujours une positivité postérieure droite



**Figure 7: Topographie de la N170 à 250 ms du participant 2 en post-test**

## Discussion

Ce mémoire a pour objectif de comparer deux méthodes d'apprentissage des liens lettre-son indispensables pour l'entrée dans la lecture. Nous avons fait l'hypothèse que l'apprentissage des liens lettre-son se mettait plus facilement en place lorsque les enfants pré-lecteurs avaient été entraînés aux correspondances lettres-syllabe que les correspondances lettre-phonème. Nous avons également fait l'hypothèse d'observer une amplitude plus large de la composante N170 pour les stimuli écrits par rapport aux stimuli visuels non langagiers chez les enfants entraînés aux correspondances lettres-syllabe. Nous avons mesuré ces progrès avec une tâche de suppression phonémique et de lecture de syllabes.

Nous nous attendions donc à observer de meilleurs résultats pour les enfants du groupe syllabe aux tâches de lecture de lettres et de syllabes et à la tâche de suppression de phonèmes. Ces observations confirmeraient que les enfants repéreraient mieux les phonèmes grâce à un entraînement partant de la syllabe plutôt que du phonème lui-même. Il serait donc mieux repérable au sein de la syllabe.

Dans cette étude nous n'avons pas la possibilité de comparer les performances des deux groupes d'enfants car nous n'avons pas de participants pour le groupe lettre. Nous ne pouvons donc pas, dans le cadre de ce mémoire, confirmer ni infirmer notre hypothèse de départ.

# **1. Description des résultats obtenus**

## **1.1. Performances à la tâche de lecture de syllabes**

Nous avons observé une amélioration des compétences pour le participant 2 entre le pré-test et le post-test uniquement pour les syllabes entraînées. Ce qui pourrait montrer l'effet d'un entraînement spécifique sur ces syllabes. En revanche, le participant 2 échoue à la lecture des syllabes non entraînées. Nous pouvons supposer qu'il n'y a pas eu de transfert de la procédure et que le principe n'a pas été déduit par le sujet. Mais nous ne disposons que de peu de données pour l'affirmer totalement. Nous pouvons également nuancer ces résultats car l'entraînement basé exclusivement sur la lecture de syllabes a pu entraîner cette amélioration des performances, comme attesté dans l'étude de Vazeux et collaborateurs (2020). Un entraînement spécifique suscite de meilleures performances dans le domaine entraîné. Par exemple, ici les enfants ont été spécifiquement entraînés à lire des syllabes, il est donc normal qu'ils aient de bons résultats en post-test sur ces mêmes syllabes. Nous aurions peut-être observé une forte amélioration des performances pour la tâche de lecture de lettres chez les enfants qui auraient suivi un entraînement portant exclusivement sur les lettres. Et ces mêmes enfants auraient peut-être été moins performants en lecture de syllabes, comme attesté dans l'étude de Vazeux et collaborateurs (2020).

## **1.2. Performances à la tâche de suppression phonémique**

Nous avons observé une amélioration des performances à la tâche de suppression phonémique pour les deux participants, aussi bien pour les syllabes apprises que non apprises. Nous faisons donc l'hypothèse de l'effet d'un entraînement spécifique sur cette compétence. Passer par la syllabe peut amener une amélioration des performances en conscience phonémique pour des enfants pré-lecteurs. Mais nous ne pouvons pas affirmer que les performances soient meilleures par rapport à des enfants entraînés aux correspondances lettre-son.

## **1.3. Analyse de la composante N170**

Les données topographiques sont comparées aux topographies connues de la composante N170. Une comparaison entre les conditions (consonnes, syllabes, symboles) permet en outre de déterminer si les négativités postérieures sont plus marquées pour les stimuli écrits par rapport aux stimuli non langagiers (Maurer et al., 2006).

Au moment du pré-test, pour le participant 2 on observe une topographie qui se rapproche de la composante N170 uniquement pour la condition consonne. En post-test on retrouve une topographie proche de la composante N170 pour les trois conditions mais avec des négativités plus marquées pour la syllabe, puis pour les consonnes et enfin pour les symboles. De plus, ce participant avait obtenu de bons résultats lors de la manipulation phonémique, ce qui nous laisse supposer qu'il avait déjà une forme de sensibilisation pour les phonèmes et les lettres à ce moment. Ceci peut expliquer ce type de topographie. En revanche, il n'y avait pas de négativité pour le stimulus syllabe. Nous pouvons mettre ce résultat en parallèle de ses performances en lecture de syllabes. Au moment post-test, nous avons observé un traitement différent pour les symboles par rapport aux caractères écrits.

Une négativité postérieure à gauche s'était formée aussi bien pour le stimulus lettres que pour le stimulus syllabe. Mais cette composante était bien plus marquée pour les syllabes. Nous pouvons supposer que l'effet de l'entraînement basé sur le lien lettres-syllabe ait entraîné une forme de spécialisation pour l'écrit et que cette spécialisation ait pu émerger suite à l'entraînement.

Pour la participante 1 nous avons observé une topographie proche de la composante N170 en pré-test suggérant qu'une sensibilité à l'écrit commence à s'établir. Cependant en post-test nous avons constaté une spécialisation moins marquée. Ce phénomène avait déjà été décrit dans l'étude de Maurer et collaborateurs (2006) qui explique l'implication de la composante N170 dans l'expertise pour l'écrit. Plus nous maîtrisons le principe de correspondance graphèmes-phonèmes et plus cette composante est marquée pour les stimuli écrits. Les auteurs démontrent que la spécialisation suit une trajectoire en forme de U inversé. C'est-à-dire qu'elle augmente avec l'apprentissage et atteint un pic vers le milieu de la primaire pour ensuite décroître à l'adolescence et à l'âge adulte. La spécialisation pour les mots écrits suivrait cette tendance et serait le résultat d'un apprentissage puis d'une désensibilisation dû à l'expertise et à l'âge. Nous ne pouvons évidemment pas extrapoler ce phénomène à notre étude sur la base d'un seul cas.

#### **1.4. Influences des connaissances initiales**

Nous avons remarqué que les connaissances initiales des deux participants de notre étude étaient très hétérogènes. Les deux sujets avaient en commun une bonne connaissance des noms des lettres et de leur son au moment du pré-test mais différaient au niveau de leurs compétences en conscience phonologique et en lecture de syllabes. En effet, la participante 1 savait déjà lire des syllabes simples avant toute forme d'entraînement et le participant 2 possédait déjà des compétences en manipulation de phonèmes. Nous supposons que les sessions d'entraînement intensif avaient pu améliorer les performances dans les domaines non maîtrisés en pré-test pour les deux participants.

Les profils des participants nous permettent de constater que de faibles compétences en conscience phonémique n'empêchent pas un début de développement de la lecture et un début de spécialisation cérébrale pour l'écrit. Comme une bonne conscience phonémique n'implique pas nécessairement une spécialisation pour la lecture. Ces résultats confirment que la conscience phonémique apparaît comme un marqueur de maîtrise du code alphabétique plutôt que comme un précurseur. Vazeux et collaborateurs (2020) parlent de gradation dans les acquisitions. Les enfants maîtriseraient d'abord les lettres, leur son puis le phonème. Le nom des lettres donnerait une identité phonologique. C'est une étape importante pour établir un lien entre l'écrit et l'oral. De plus, dans un rapport de la National Early Literacy Panel de 2008, les auteurs ont réalisé une méta-analyse dans laquelle ils ont reporté les prédicteurs les plus puissants pour la maîtrise de la lecture. La connaissance des noms des lettres fait partie des premiers précurseurs. Faudrait-il alors que tous les enfants disposent de cette compétence pour tirer profit de ce programme d'entraînement ? Dans la même méta-analyse, les auteurs ont regroupé toutes les études ayant comparé des programmes d'entraînements basés sur l'apprentissage du code (i.e., apprentissage des lettres, entraînement à la conscience phonémique). Il s'avère que le niveau initial des enfants n'avait que peu d'impact sur les effets de l'entraînement. Mais il semblerait que les enfants pré-lecteurs de maternelle aient mieux bénéficié de ces entraînements que les enfants déjà lecteurs.

Néanmoins, les conclusions de l'étude de Vazeux et collaborateurs (2020) viennent nuancer ces affirmations. En effet, dans la seconde moitié de leur étude, les auteurs ont également cherché à savoir s'il y avait une influence du niveau initial des enfants sur l'efficacité de l'entraînement. Dans leur échantillon, les enfants avaient des compétences hétérogènes quant à la connaissance des lettres, et la conscience phonémique. Il s'avère que la majorité des pré-lecteurs avaient une bonne connaissance du nom des lettres mais une faible conscience phonémique, puis viennent ceux qui n'avaient développé aucune des deux compétences et un faible pourcentage d'enfants qui avaient une bonne conscience phonémique mais une faible connaissance du nom des lettres. Un groupe d'enfants qui avait une faible conscience phonémique mais une bonne connaissance des noms des lettres a progressé nettement mieux en conscience phonémique lorsqu'ils faisaient partie du groupe syllabe. Ce profil correspond à celui de la participante 1 de notre étude. De plus le groupe d'enfants qui avait une bonne conscience phonémique et une bonne connaissance des lettres a également mieux progressé dans le groupe lettres-syllabe que dans le groupe lettre-son. Ce profil correspond à celui du participant 2 de notre étude.

Les auteurs soulèvent l'existence d'une progression dans les acquisitions avant l'entrée dans la lecture. Les enfants apprennent le nom et le son des lettres puis ensuite développent une conscience phonémique. Nous avons vu dans les études précédentes, que les enfants pré-lecteurs avaient également des connaissances concernant le repérage des syllabes orales et écrites (Doignon & Zagar, 2006). Les lettres représentent un premier support pour faire le lien avec les syllabes orales.

## **1.5. L'impact de l'entraînement sur l'émergence de la composante**

### **N170**

Notre seconde hypothèse concernait la spécialisation cérébrale pour l'écrit par la mesure de la composante N170. Brem et collaborateurs (2010) avaient déjà pu mettre en évidence qu'un entraînement spécifique aux correspondances lettre-phonème entraînait une augmentation de l'activation d'une zone spécifique du cortex occipito-temporal. En effet, suite à une session d'entraînement de 4h, avec le programme « Graphogame », les enfants pré-lecteurs avaient de meilleures performances que les enfants non entraînés. De plus, une spécialisation de la composante N170 pour l'écrit avait pu être observée chez ces mêmes enfants. L'amplitude était plus importante chez les enfants entraînés. Nous avons obtenu les mêmes observations chez le deuxième participant. Nous avons également comparé les activations pour les symboles, les syllabes et les lettres pour rendre compte de la spécificité des activations pour l'écrit. Nos observations peuvent compléter les conclusions de cette étude. Toutefois, les auteurs se sont focalisés sur un entraînement spécifique sur l'association lettre-phonème. Malgré que nos résultats préliminaires semblent aller en ce sens nous pouvons supposer qu'un entraînement centré sur la syllabe puisse produire ces mêmes effets.

De nouvelles études seront donc nécessaires pour confirmer cette hypothèse.

## **2. Limites de l'étude**

Comme démontré dans d'autres études auparavant, les enfants pré-lecteurs peuvent posséder des connaissances sur les noms des lettres et leurs sons, ainsi qu'une sensibilité aux phonèmes (Ecalte et al., 2006; Maurer et al., 2006; Vazeux et al., 2020). Certains enfants pré-lecteurs peuvent déjà présenter une spécialisation aux caractères écrits ou peuvent lire des syllabes simples, comme l'attestent les enfants exclus de l'étude et les résultats de la participante 1. Cependant, nous n'avons pas maîtrisé ces différences inter-individuelles dans notre étude. Il peut être pertinent de séparer les enfants en fonction de leurs compétences initiales et de l'entraînement. Les enfants n'avaient pas le même niveau de connaissances avant de faire les séances d'entraînement. Ces différences peuvent être dues à l'instruction. La revue de littérature publiée par Bosse et Zagar (2017) nous rappelle que les enfants d'âge préscolaire peuvent déjà avoir des connaissances en lecture, de par l'instruction donnée en maternelle. De même dans l'étude de Maurer et collaborateurs (2006), la plupart des enfants de grande section de maternelle connaissaient déjà le nom des lettres, un plus faible pourcentage pouvait lire. Nous avons vu que très tôt les enfants étaient confrontés à des ateliers de conscience phonologique (i.e., comptage de syllabes). Le rapport de l'IGEN de 2011 reprochait une introduction prématurée de ces activités.

Il serait intéressant de mesurer les effets de l'entraînement sur une plus longue période, notamment au moment où les enfants entreraient dans l'apprentissage formel.

## **3. Apport pour l'orthophonie : le cas de la dyslexie développementale**

Beaucoup d'études se sont intéressées aux mécanismes de la lecture, en particulier ce qui permettait de créer les liens entre les graphèmes et les phonèmes. Les expériences comportant un entraînement intensif aux correspondances entre ces unités avaient montré que les compétences des enfants s'étaient améliorées, d'autant plus si l'entraînement était ciblé sur la syllabe. La plupart de ces travaux ont été menés chez des enfants pré-lecteurs ou avec un faible niveau de lecture. Mais qu'en est-il des enfants dyslexiques ?

La dyslexie fait partie des troubles spécifiques des apprentissages, et touche essentiellement la lecture (Launay, p.71, 2018). L'orthophoniste est l'un des professionnels de santé au cœur de la prise en soins de ce trouble du langage écrit qui concerne entre 6 et 8,5 % d'individu en France (Inserm, 2007).

L'une des théories explicatives la plus courante est la théorie phonologique. Elle repose sur l'idée que la cause de la dyslexie est liée à un dysfonctionnement des représentations phonologiques. Les enfants avec une dyslexie phonologique ont des difficultés à se représenter les phonèmes et à créer des correspondances avec les lettres. (Alegria & Mousty, 2004 ; Colé et al., 1999 ; Ramus, 2003). Ce trouble entraîne donc des difficultés à effectuer les liens entre les unités écrites et orales, et donc entrave le décodage et l'automatisation de la lecture.

De plus certaines études ont mis en évidence des capacités d'analyse des sons de la parole déficitaires avant l'entrée dans l'apprentissage de la lecture. Les sujets dyslexiques auraient également des déficits de traitement de la parole. (Sprenger-Charolles et al. 2000 ;

Magnan et al., 2005). Les chercheurs s'accordent pour dire que les enfants dyslexiques ont donc des performances en décodage inférieures à celles d'enfants de même niveau de lecture.

### 3.1. La syllabe orale : le lien avec l'hypothèse phonologique

Les troubles phonologiques semblent être au cœur de la dyslexie et impactent l'établissement des liens entre les unités écrites et les unités orales. De ce fait, la syllabe orale peut-elle permettre aux sujets dyslexiques de construire ce lien comme c'est le cas avec les enfants pré-lecteurs et avec un retard en lecture ?

Colé et Sprenger-Charolle (1999) ont cherché à savoir dans quelle mesure les unités syllabiques influençaient la lecture. Les chercheurs ont comparé les performances d'enfants dyslexiques de 11 ans avec celles d'enfants normo-lecteurs du même âge et d'enfants présentant un an de retard en lecture. Ils ont voulu observer une différence dans le traitement des unités syllabiques à travers une tâche de décision de cible. Les sujets devaient dire si les premières lettres d'un mot étaient identiques à la syllabe qui leur était présentée. Dans certains cas la syllabe était congruente (i.e., « ga » dans « garage ») et dans d'autres non (i.e., « ga » dans « garçon »). Les résultats ont montré que les enfants normo-lecteurs et les enfants présentant un retard de lecture traitaient les cibles phonologiquement aussi bien pour des mots fréquents que non fréquents, à la différence des enfants dyslexiques qui effectuaient la tâche de manière visuo-orthographique peu importe la fréquence du mot. L'absence d'effet de congruité de la syllabe, suggère que les sujets dyslexiques traitent les cibles lettre à lettre alors que les normo-lecteurs se saisissent des informations phonologiques et orthographiques car l'effet de congruité est plus élevé. Du fait du déficit des représentations phonologiques, aussi bien pour le phonème que pour la syllabe, les auteurs émettent l'hypothèse que les lecteurs dyslexiques mettraient en place des stratégies compensatoires.

Cette hypothèse a également été discutée dans l'étude de Doignon et Seigneuric (2012). Les auteurs ont évalué les compétences de traitement orthographique et phonologique de sujets dyslexiques comparativement à des sujets normo-lecteurs à travers une tâche de paradigme des conjonctions illusoires. Les auteurs ont cherché à savoir si les sujets dyslexiques pouvaient s'appuyer sur les syllabes orales pour traiter les syllabes écrites, comme cela a été montré auprès d'enfants pré-lecteurs (cf Doignon & Zagar, 2006). 55 enfants dont 27 enfants dyslexiques d'âge moyen de 10,9 ans et 28 enfants normo-lecteurs devaient effectuer la tâche de paradigme des conjonctions illusoires. 40 pseudo-mots bisyllabiques de cinq lettres ont été présentés. Chaque pseudo-mot apparaissait dans deux couleurs différentes. Soit les deux premières lettres étaient d'une seule couleur et les trois dernières d'une autre, soit les trois premières lettres étaient d'une seule couleur et les deux dernières d'une autre. Deux conditions ont été créées, une condition congruente et une condition non congruente, dite de conflit. Dans la condition congruente la frontière orthographique coïncidait avec la frontière syllabique (e.g. « **BIMIR** ») alors que dans la condition de conflit les frontières ne coïncident pas (e.g. **BIMIR**). Il était demandé aux enfants de dire de quelle couleur était la lettre cible à l'intérieur du pseudo-mot. Comme l'expérience de Doignon et Zagar (2006), les erreurs de violation et de conservation ont été relevées. Pour rappel, les erreurs de violation indiquent que le sujet n'a pas respecté le découpage syllabique, c'est-à-dire qu'il attribue à la lettre cible la couleur n'appartenant pas au même groupe syllabique. A l'inverse les erreurs de préservation indiquent que le sujet a effectué un découpage syllabique, c'est-à-dire qu'il attribue à la lettre cible la couleur des lettres

appartenant au même groupe syllabique. Les résultats ont montré que les normo-lecteurs produisent plus d'erreurs de conservation que de violation, ce qui prouve qu'un traitement syllabique est privilégié. Les sujets dyslexiques commettent plus d'erreurs de préservation dans la condition congruente mais font plus d'erreurs de violation dans la condition non congruente. Les enfants dyslexiques peuvent donc analyser les pseudo-mots en unités syllabiques lors des conditions congruentes mais réalisent une autre analyse dans l'autre condition. Les unités visuelles perçues par les enfants dyslexiques coïncident fréquemment avec les unités syllabiques associées à une forte occurrence dans la langue. Les auteurs font l'hypothèse que les sujets dyslexiques s'appuient sur la redondance orthographique pour établir une association avec les syllabes écrites. En effet, il y a des associations de lettres plus redondantes que d'autres dans la langue française. Les sujets dyslexiques y seraient sensibles et parviendraient à établir des associations visuo-orthographiques. Les sujets seraient alors capables d'encoder des propriétés orthographiques à partir desquelles ils isoleraient les unités syllabiques. Ces résultats montrent que les capacités de traitement des syllabes phonologiques ne sont pas efficaces.

Ces études confirment que le traitement phonologique que ce soit phonémique ou syllabique reste compliqué pour les enfants dyslexiques. Le décodage d'un mot dépendrait beaucoup de la fréquence des groupes de lettres qui composent la syllabe. Les sujets dyslexiques ne feraient pas de correspondances entre les syllabes orales et ces mêmes syllabes à l'écrit comme on l'avait constaté pour les enfants normo-lecteurs mais traiteraient le mot lettre à lettre grâce à une stratégie visuo-orthographique (Doignon & Zagar, 2006 ; Chetail & Mathey, 2009).

La syllabe orale ne serait donc pas une béquille suffisante pour le dyslexique comme elle peut l'être pour les pré-lecteurs ou les lecteurs en retard.

L'entraînement que nous proposons dans notre étude pourrait ne pas être bénéfique auprès d'enfants dyslexiques mais pourrait représenter un intérêt pour les enfants en retard d'apprentissage de la lecture.

### **3.2. L'intérêt d'un apprentissage multimodal**

L'objectif de la remédiation orthophonique dans le cadre de la dyslexie est de développer les compétences nécessaires pour l'apprentissage de la lecture et de mettre en place des stratégies compensatoires. (Inserm, 2007). En sachant que les déficits phonologiques font partie du trouble lui-même, il serait donc intéressant de coupler l'information phonologique avec d'autres modalités pendant les séances d'apprentissage.

Les études précédentes ont en commun le fait que la tâche présentée soit uniquement en modalité visuelle. Cette critique avait déjà été soulevée par Bosse et Zagar (2017) à propos du modèle DIAMS. Les auteurs remarquent l'absence de lettres lors de l'apprentissage associatif. En effet, le modèle propose des associations entre les syllabes orales et des images, ce qui d'après eux réduirait l'établissement des associations lettres-syllabe.

En suivant ces constats, nous pouvons noter que dans notre étude les syllabes orales étaient couplées à une image ainsi qu'à la syllabe écrite correspondante (cf. Annexe 5). Nous pouvons penser que notre entraînement pourrait être bénéfique aux enfants dyslexiques. Dans la littérature, plusieurs études ont mis l'accent sur l'impact de la multimodalité sur les apprentissages.

Une revue de la littérature fait une synthèse des études qui ont été consacrées à tester des entraînements destinés à développer la conscience phonologique auprès d'enfants en difficultés (Bara, et al., 2004). Les chercheurs ont croisé différentes modalités et ont comparé l'efficacité de ces entraînements sur les compétences en conscience phonologique. L'ensemble de ces résultats montre un effet de l'entraînement lorsque celui-ci porte sur les correspondances lettre-phonème en manipulant les modalités visuelles et auditives conjointement mais également que les résultats sont meilleurs lorsque la modalité haptique (i.e. le toucher) y est associée.

Magnan et collaborateurs (2005) ont comparé les effets d'un entraînement audio-visuel pour la discrimination phonémique, réalisé grâce à l'outil informatique « Play on », chez des enfants dyslexiques. Les enfants entendaient un stimulus (p.e. /pi/) et voyaient simultanément apparaître à l'écran deux alternatives écrites (« pi » et « bi ») parmi lesquelles ils devaient reconnaître la cible. Les enfants étaient divisés en deux groupes, un groupe recevait l'entraînement tandis que l'autre était le groupe contrôle. Les performances en habiletés phonologiques ont été améliorées pour le groupe ayant bénéficié de l'entraînement. Les auteurs ont également montré que ces compétences se maintenaient dans le temps. Ces résultats sont en faveur d'un entraînement en double modalité.

Enfin, plus récemment, Magnan et collaborateurs (2010) ont eu pour objectif de tester un outil d'aide à la lecture pour les faibles lecteurs. Les chercheurs ont réalisé les entraînements auprès d'enfants de CP et de CE1 avec un niveau faible en lecture, à l'aide du logiciel d'aide au traitement grapho-syllabique, Chassymot. L'enfant entendait une syllabe puis voyait la syllabe puis un mot apparaissait quelques millisecondes après. Il devait cliquer sur le chiffre correspondant à l'emplacement de la syllabe dans le mot présenté. Les résultats mettent en évidence un effet de l'entraînement. Les performances en lecture de mots sont supérieures pour les enfants entraînés. Cette étude confirme qu'un système d'aide à l'apprentissage des liens lettres-syllabe en utilisant les modalités visuelles et auditives est efficace auprès de faibles lecteurs.

### **3.3. La rééducation orthophonique**

Ces données permettent d'appuyer les pratiques orthophoniques actuelles. Il existe peu de preuves de l'efficacité dans les prises en charge individuelles. Les principes de rééducation se basent sur les résultats issus de la littérature scientifique (Inserm, 2007).

En effet, elles soulignent l'importance de prendre en compte les déficits phonologiques imputés par le trouble lui-même, qui empêchent les dyslexiques d'établir les associations entre l'oral et l'écrit de manière efficiente.

Néanmoins, il apparaît pertinent de proposer un entraînement spécifique et intensif pour renforcer ces représentations phonologiques à condition que celui-ci soit multisensoriel. Nous pouvons utiliser les modalités visuelles, auditives et haptiques ensemble afin de renforcer ces apprentissages. Parallèlement, les sujets dyslexiques ont du mal à se construire un stock orthographique du fait du mauvais décodage des mots. Il a été montré que les sujets dyslexiques étaient sensibles à la fréquence des syllabes écrites et parvenaient à mieux les traiter. Axer l'apprentissage des mots fréquents en fonction des fréquences orthographiques pourrait améliorer le décodage et permettre d'étoffer le stock visuo-orthographique.

Il serait intéressant également d'adapter notre protocole pour le présenter à un public avec une dyslexie phonologique, en prenant soin d'ajouter d'autres modalités d'apprentissage en plus des modalités visuelles et auditives.

Le rôle de la syllabe orale comporte des limites concernant les lecteurs dyslexiques mais elle s'est avérée intéressante pour les pré-lecteurs ou les lecteurs en retard d'apprentissage. Dès la maternelle, cet entraînement pourrait permettre de repérer les enfants à risque de présenter des retards dans les acquisitions de l'écrit voire de repérer les futurs dyslexiques. Pour rappel, l'un des critères diagnostiques est la résistance à la prise en soins (DSM-5, 2016).

Enfin, il peut être intéressant d'envisager une étude longitudinale afin d'objectiver si ces progrès sont durables dans le temps et si les différences entre les enfants entraînés aux correspondances lettres-syllabe présentent une différence significative avec les enfants entraînés aux correspondance lettre-son. D'après le DSM-5, un diagnostic de dyslexie peut à présent être envisagé dès la mi-CP.

## Conclusion

La lecture repose sur les principes d'association des unités graphiques et des unités sonores de la langue. Les enfants doivent se saisir des plus petites unités sonores de la langue pour les faire correspondre avec les plus petites unités graphiques. Seulement, les enfants se saisissent d'abord de ce qu'ils connaissent le mieux dans les unités phonologiques du langage, à savoir la syllabe. Très tôt ils sont sensibles à la syllabe orale, ils peuvent établir des correspondances avec les syllabes écrites même avant d'entrer dans l'apprentissage formel.

Les programmes scolaires abandonnent très vite le travail de la conscience phonologique et abordent rapidement celui de la conscience phonémique. Or le phonème étant une unité qui n'est pas directement accessible dans la chaîne orale, est difficilement manipulable par les enfants pré-lecteurs et lecteurs débutants. La syllabe constitue alors une unité privilégiée pour tenter d'établir ce lien entre les graphèmes et les phonèmes. Nous avons voulu comparer deux méthodes d'entraînement, l'une centrée sur les liens lettres-syllabe et l'autre centrée sur les liens lettre-phonème, afin d'objectiver celle qui permettrait de faire le plus facilement le lien entre les lettres et les sons. Enfin, pour étayer notre hypothèse nous devons comparer les données topographiques des deux groupes afin d'observer l'émergence de la composante N170, qui est représentative d'une spécialisation cérébrale pour les caractères écrits. Même si notre étude n'a pas pu être menée jusqu'à son terme, d'autres résultats issus de la littérature scientifique vont dans le sens de nos hypothèses. Après un entraînement portant sur les liens lettres-syllabe, des enfants pré-lecteurs avaient de meilleurs résultats aux tâches de lecture de syllabes, et de conscience phonémique par rapport aux enfants entraînés uniquement aux associations lettre-phonème (Vazeux et al., 2020). L'émergence d'une spécialisation pour l'écrit a été observée chez des enfants pré-lecteurs uniquement après un entraînement aux correspondances graphèmes-phonèmes (Brem et al., 2010). A noter que cette étude n'incluait pas l'unité syllabique. Ces résultats nous amènent à reconsidérer les méthodes pédagogiques actuelles ainsi que les techniques de rééducation orthophoniques. La syllabe pourrait constituer une unité phonologique permettant de repérer plus facilement le phonème. Cependant, ces résultats semblent s'appliquer pour le moment uniquement aux enfants pré-lecteurs ou avec un retard d'apprentissage de la lecture. En effet,

il serait intéressant d'envisager d'autres recherches auprès d'enfants avec un retard en lecture ou de manière longitudinale. Ces recherches permettraient également d'être vigilant quant aux enfants présentant un risque d'être en difficulté à l'entrée dans l'écrit voire de présenter une dyslexie. La rééducation des troubles spécifiques de la lecture est un des champs de compétences de l'orthophoniste. Les déficits phonologiques étant au cœur de ce trouble, les correspondances entre l'écrit et l'oral se font avec beaucoup de difficultés. La syllabe orale pourrait constituer une aide pour percevoir et manipuler le phonème. Seulement les recherches ont montré que les sujets dyslexiques ne se saisissaient pas bien de la syllabe orale, car ils ne traiteraient pas les mots phonologiquement mais en utilisant une stratégie visuo-orthographique, lettre à lettre. Les sujets dyslexiques contournent les tâches phonologiques mais se saisissent des associations fréquentes de lettres rencontrées dans la langue. D'autres recherches ont mis l'accent sur l'importance d'un entraînement intensif et avec de multiples modalités. Les entraînements avec une modalité visuelle et auditive ont de meilleurs résultats qu'un entraînement avec une modalité visuelle seule. De même, qu'ajouter la modalité visuo-haptique permettrait de mieux appréhender les connaissances sur les lettres, leurs sons, couplée aux modalités visuelles et auditives. On retrouve d'ailleurs ce type d'entraînement dans certaines rééducations orthophoniques. Bien que les sujets dyslexiques se retrouvent en difficulté pour traiter la syllabe orale, il semblerait qu'ils soient plus à l'aise avec la syllabe écrite. Il peut être intéressant d'étayer les recherches en partant de ces syllabes écrites afin de proposer des entraînements adaptés aux enfants présentant ce trouble. Toutefois, la syllabe est une unité phonologique disponible chez les enfants pré-lecteurs, dont ils peuvent se saisir aisément afin de repérer les phonèmes et d'établir les liens entre les lettres et leur son.

## Bibliographie

Alegria, J., Morais, J. (1979). Le développement de l'habileté d'analyse phonétique consciente de la parole et l'apprentissage de la lecture. *Psychology*, 183,251–270.

Alegria, J., Mousty, P. (2004). Les troubles phonologiques et métaphonologiques chez l'enfant dyslexique, *Enfance*, 3(56), 259-271. <https://doi.org/10.3917/enf.563.0259>

American psychiatric association, (2016). DSM-5. Elsevier Masson.

Bara, F., Gentaz, É. et Colé, P. (2004). Les effets des entraînements phonologiques et multisensoriels destinés à favoriser l'apprentissage de la lecture chez les jeunes enfants. *Enfance*, 56(4), 387-403. <https://www.cairn.info/revue-enfance1-2004-4-page-387.htm>

Bastien-Toniazzo, M., Magnan, A., Bouchafa, H. (1999). Nature des représentations du langage écrit aux débuts de l'apprentissage de la lecture: un modèle interprétatif. *International Journal of Psychology*, 34(1), 43-58.

Bentin, S., Mouchetant-Rostaing, Y., Giard, M.H., Echallier, J.F., & Pernier, J. (1999) ERP Manifestations of Processing Printed Words at Different Psycholinguistic Levels: Time Course and Scalp Distribution. *Journal of Cognitive Neuroscience*,11(3), 235-60. DOI:[10.1162/089892999563373](https://doi.org/10.1162/089892999563373)

Bosse, M-L, Zagar, D. (2017) La conscience phonémique en maternelle: Etat des connaissances et proposition d'évolution des pratiques pédagogiques actuelles. *Approche Neuropsychologique des Apprentissages Chez L'enfant*. Hal-01623137

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. *PNAS*, 107(17), 7939-44. <https://doi.org/10.1073/pnas.0904402107>

Brem, S., Bucher, K., Halder, P., Summers, P., Dietrich, T., Martin, E., & Brandeis, D. (2006). Evidence for developmental changes in the visual word processing network beyond adolescence. *NeuroImage*, 29(3), 822-37. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2005.09.023>

Bryant, P.E., MacLean, M., Bradley, L.L., Crossland, J. (1990) Rhyme and alliteration, phoneme detection, and learning to read. *Developmental Psychology*. 26(3), 429-38. DOI: 10.1037/0012-1649.26.3.429

Chetail, F., & Mathey S. (2009). Activation of syllable units during visual recognition of French words in Grade 2. *Journal of Child Language*, 36(4), 883-94.

Cohen, L., Dehaene, S., Naccache, L., Lehericy, S., Dehaene-Lambertz, G., & Henaff, M.A. (2000). The visual word form area : spatial and temporal characterization of initial stage of reading in normal subjects and posterior split-brain patients. *Brain*, (123):291-307. DOI: 10.1093/brain/123.2.291

Colé. P., & Sprenger-Charolles, L. (1999). Traitement syllabique au cours de la reconnaissance de mots écrits chez des enfants dyslexiques, lecteurs en retard et normo-lecteurs de 11 ans. *Revue de Neuropsychologie*, (4), 323-60. hal-00733596

Coltheart, M. (1978). Lexical access in simple reading tasks. Dans G. Underwood (Éd.), *Strategies of information processing* (pp. 151-216). London : Academic Press.

- Doignon, N., Zagar, D. (2006). Les enfants en cours d'apprentissage de la lecture perçoivent-ils la syllabe à l'écrit? *Canadian Journal of Experimental Psychology*, 60(4), 258-274. [10.1037/cjep2006024](https://doi.org/10.1037/cjep2006024)
- Doignon-Camus, N., & Zagar, D. (2009). Les enfants apprentis lecteurs perçoivent-ils la syllabe à l'écrit ? Le modèle DIAMS : Approche cognitive. *L'apprentissage de la langue écrite* p. 33-47. Presses universitaires de Rennes. [10.4000/books.pur.60428](https://doi.org/10.4000/books.pur.60428)
- Doignon-Camus, N., Seigneuric, A., Perrier, E., Sisti, A., & Zagar, D. (2012). Evidence for a preserved sensitivity to orthographic redundancy and an impaired access to phonological syllables in French developmental dyslexics. *Ann. Of Dyslexia*, 63, 117-132. <https://doi.org/10.1007/s11881-012-0075-3>
- Doignon-Camus, N., & Zagar, D. (2014) The syllabic bridge: the first step in learning spelling-to-sound correspondences. *J Child Lang*. 41(5), 1147-1165.
- Ecalte, J., Magnan, A. et Bouchafa, H., (2002) Développement des habiletés phonologiques avant et au cours de l'apprentissage de la lecture : de l'évaluation à la remédiation. *Glossa* (82), 4-12.
- Ehri, L.C., Nunes, S.R., Willows, D.M., Schuster, B.V., Yaghoub-Zadeh, Z., & Shanahan, T. (2011). Phonemic Awareness Instruction Helps Children Learn to Read: Evidence From the National Reading Panel's Meta-Analysis. *Reading Research Quarterly*, 36(3), 250-87. <https://doi.org/10.1598/RRQ.36.3.2>
- Frith, U. (1985). Beneath the surface of development dyslexia. *Developmental dyslexia*. 13
- Helenius, P., Tarkiainen, A., Cornelissen, P., Hansen, P.C., & Salmelin, R. (1999) Dissociation of Normal Feature Analysis and Deficient Processing of Letter-strings in Dyslexic Adults. *Cerebral Cortex*, 9(5), 476-83. <https://doi.org/10.1093/cercor/9.5.476>
- Education Nationale (2011). Rapport n° 2011-108, L'Ecole maternelle, octobre. [http://media.education.gouv.fr/file/2011/54/5/2011-108-IGEN-IGAENR\\_215545.pdf](http://media.education.gouv.fr/file/2011/54/5/2011-108-IGEN-IGAENR_215545.pdf)
- Observatoire national de la lecture. (2005) L'apprentissage de la lecture à l'école primaire. Rapport n° 2005,123, 71-92.
- Inserm, (2007) Expertise collective. Dyslexie, dysorthographe, dyscalculie: Bilan des données scientifiques. Inserm. [https://www.ipubli.inserm.fr/bitstream/handle/10608/111/expcol\\_dyslexie\\_2007\\_synthese\\_fr.pdf?sequence=1](https://www.ipubli.inserm.fr/bitstream/handle/10608/111/expcol_dyslexie_2007_synthese_fr.pdf?sequence=1)
- Launay, L. (2018) Du DSM-5 au diagnostic orthophonique: élaboration d'un arbre décisionnel. *Rééducation Orthophonique*, 273
- Lieberman, I., Shankweiler, D., Fischer, F.W., Carter, B. (1974) Explicit syllable and phoneme segmentation in the young child. *Psychology* 18 (2), 201-212. [https://doi.org/10.1016/0022-0965\(74\)90101-5](https://doi.org/10.1016/0022-0965(74)90101-5)
- Magnan, A., Liger, C., Jabouley, D., & Ecalte, J. (2010). Une aide informatisée auprès de jeunes apprentis lecteurs en difficulté. Effet d'un entraînement grapho-syllabique. *Glossa*, 108, 86-100, <https://www.glossa.fr/index.php/glossa/article/view/547>
- Magnan, A., Ecalte, J., & Veillet, E. (2005). Habiletés phonologiques, identification de mots écrits et déficits auditifs perceptifs chez les enfants dyslexiques: effet d'un entraînement audiovisuel. *Revue Française de Pédagogie*, 152(152), DOI:[10.3406/rfp.2005.3361](https://doi.org/10.3406/rfp.2005.3361)

- Mahé, G. (2013) La reconnaissance visuelle des mots chez le dyslexique: *implication des voies ventrale et dorsale*. [Thèse de doctorat, Université de Strasbourg]. Archives-ouvertes. <https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-00919475>
- Mahé, G., Bonnefond, A., Gavens, N., Dufour, A., & Doignon-Camus, N. (2012). Impaired visual expertise for print in French adults with dyslexia as shown by N170 tuning. *Neuropsychologia*, 50(14), 3200-3206. <https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2012.10.013>
- Maurer, U., Brem, S., Bucher, K., & Brandeis, D. (2005) Emerging Neurophysiological Specialization for Letter Strings. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 17(10), 1532-1552. DOI: 10.1162/089892905774597218
- Maurer, U., Brem, S., Kranz, F., Bucher, K., Benz, R., Halder, P., Steinhausen, H-C., & Brandeis, D. (2006). Coarse neural tuning for print peaks when children learn to read. *NeuroImage*, 33(2), 749-758. DOI: [10.1016/j.neuroimage.2006.06.025](https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2006.06.025)
- Maurer, U., & McCandliss, B.D. (2007) The development of visual expertise for words: the contribution of electrophysiology. *Single-word reading: Biological and behavioral perspectives*, 31. [https://www.researchgate.net/publication/252125034\\_The\\_development\\_of\\_visual\\_expertise\\_for\\_words\\_The\\_contribution\\_of\\_electrophysiology](https://www.researchgate.net/publication/252125034_The_development_of_visual_expertise_for_words_The_contribution_of_electrophysiology)
- McCandliss, B.D., & Noble, K.G. (2003) The development of reading impairment: A cognitive neuroscience model. *Ment Retard Dev Disabil Res Rev*. 9(3), 196-205. DOI: [10.1002/mrdd.10080](https://doi.org/10.1002/mrdd.10080)
- McClelland, J.L., & Rumelhart, D.E. (1981). An interactive activation model of context effects in letter perception: I. An account of basic findings. *Psychological Review*. 88(5), 375-407. <https://doi.org/10.1037/0033-295X.88.5.375>
- Ministère de l'Éducation Nationale. (2015, 26 mars) Bulletin officiel spécial N°2 : Programme d'enseignement de l'école maternelle. <https://www.education.gouv.fr/bo/15/Special2/MENE1504759A.htm>
- Morais, J., Cary, L., Alegria, J., et Bertelson, P. (1979). Does Awareness of Speech as a Sequence of Phones Arise Spontaneously? *Cognition*, 7, 323-331. [http://dx.doi.org/10.1016/0010-0277\(79\)90020-9](http://dx.doi.org/10.1016/0010-0277(79)90020-9)
- Morais, J., Alegria, J. et Content, A. (1987) The relationships between segmental analysis and alphabetic literacy: An interactive view. *Cahiers de Psychologie Cognitive*, 7(5), 415-38.
- National Early Literacy Panel (2008). Developing Early Literacy. *National Institute for Literacy*. <https://lincs.ed.gov/publications/pdf/NELPReport09.pdf>
- Paulesu, E., Démonet, J.F., Fazio, F., McCrory, E., Chanoine, V., Brunswick, N., Cappa, S.F., Cossu, G., Habib, M., Frith, C.D., & Frith, U. (2001). Dyslexia: cultural diversity and biological unity. *Science*, 291(5511), 2165-2167. DOI: 10.1126/science.1057179
- Ramus, F. (2003) Quoi de neuf? La théorie phonologique....Orthomagazine. [www.ehess.fr/centres/lscp/persons/ramus/](http://www.ehess.fr/centres/lscp/persons/ramus/)
- Raven JC, Court JH. Advanced progressive matrices. Oxford Psychologists Press. (Oxford).
- Richlan, F., Kronbichler, M., & Wimmer, H. (2009). Functional abnormalities in the dyslexic brain: a quantitative meta-analysis of neuroimaging studies. *Human Brain Mapping*, 30(10), 3299-308. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1002/hbm.20752>

- Scarborough, H.S. (1998) Early identification of children at risk for reading disabilities : Phonological awareness and some other promising predictors. *Specific reading disability : A view of spectrum*. 75-119. <https://doi.org/10.1177/027112149201200206>
- Sprenger-Charolles, L., Colé, P., Lacert, P., & Serniclas, W. (2000). On subtypes of developmental dyslexia: evidence from processing time and accuracy scores. *Canadian Journal of Experimental Psychology*, 54(2), 87-104. <https://doi.org/10.1037/h0087332>
- Sprenger-Charolles, L., Siegel, L.S., Béchennec, D., & Serniclaes, W. (2003). Development of phonological and orthographic processing in reading aloud, in silent reading, and in spelling: a four-year longitudinal study. *Journal of Experimental Child Psychology*, 84(3), 194-217. DOI: [10.1016/s0022-0965\(03\)00024-9](https://doi.org/10.1016/s0022-0965(03)00024-9)
- Sprenger-Charolles, L., & Siegel, L.S. (1997). A longitudinal study of the effects of syllabic structure on the development of reading and spelling skills in French. *Applied Psycholinguistics*. 18(4):485-505. DOI:[10.1017/S014271640001095X](https://doi.org/10.1017/S014271640001095X)
- Tanaka, J.W., & Curran, T. A. (2001). Neural Basis for Expert Object Recognition. *Psychological Science*, 12(1), 43-47. <https://doi.org/10.1111/1467-9280.00308>
- Vazeux, M., Doignon-Camus, N., Bosse, ML. Mahé G., Guo T. et Zagar, D. (2020). Syllable-first rather than letter-first to improve phonemic awareness. *Scientific Reports* 10, 22130. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-79240-y>
- Vellutino, F.R., Scanlon, D.M., Sipay, E.R., Small, S.G., Pratt, A., Chen, R., & Denckla, M.B. (1996). Cognitive profiles of difficult-to-remediate and readily remediated poor readers: Early intervention as a vehicle for distinguishing between cognitive and experiential deficits as basic causes of specific reading disability. *Journal of Educational Psychology*, 88(4), 601-38. <https://doi.org/10.1037/0022-0663.88.4.601>
- Ziegler, J.C., Goswami, U. (2005) Reading Acquisition, Developmental Dyslexia, and Skilled Reading Across Languages: A Psycholinguistic Grain Size Theory. *Psychological Bulletin*. 131(1), 3-29.

## Liste des annexes

**Annexe n°1 : Table du protocole de passation**

**Annexe n°2 : Descriptif des séances d'entraînement**

**Annexe n°3 : Épreuves de la phase pré-test (matrice 1)**

**Annexe n°4 : Exemple de cartes-images et cartes-lettres (groupe lettre, matrice1)**

**Annexe n°5 : Exemple de cartes-images et de cartes-syllabes (groupe syllabe, matrice1)**

**Annexe n°6 : Lecture de syllabes (séance 4, matrice 1)**

**Annexe n°7 : Lecture de lettres (séance 4, matrice 1)**

**Annexe n°8 : Jeu du loto groupe syllabe (séance 1, matrice 1)**

**Annexe n°9 : Jeu du loto groupe lettre (séance 1, matrice 1)**

**Annexe n°10 : Exemple jeu d'appariement groupe lettre (séance 1, matrice 1)**

**Annexe n° 11 : Lettres mobiles pour la combinatoire (groupe lettre et groupe syllabe, séance 5)**

**Annexe n°12 : Lettre d'information destinée aux parents**

**Annexe n°13 : Lettre d'information destinée aux enfants**

**Annexe n°14 : Consentement de participation destiné aux parents**