



MÉMOIRE

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

Nadège FERNANDEZ

qui sera soutenu publiquement en juin 2022

Impact des unités syllabiques dans l'apprentissage des liens lettres-sons

MÉMOIRE dirigé par

Gwendoline MAHÉ, Maître de Conférences, Domaine Universitaire du Pont-de-Bois, Villeneuve-
d'Ascq

Lille – 2022

Remerciements

En premier lieu, je remercie chaleureusement ma directrice, Gwendoline Mahé pour sa disponibilité, ses conseils et sa bienveillance tout au long de la rédaction de ce mémoire.

Je tiens également à remercier ma maître de stage étant également la lectrice de ce projet : Floriane. Merci pour ta collaboration et merci de m'avoir accueillie pendant presque deux ans auprès de toi en stage : c'était un vrai plaisir de partager tous ces moments ensemble.

Par ailleurs, merci à Fantille et Laura, mes maîtres de stage qui ont fait partie de cette dernière année d'études : merci pour votre bonne humeur, vos encouragements et pour tous ces moments partagés.

Merci aux étudiants ayant travaillé sur ce projet l'année dernière pour avoir recueilli des données que j'ai pu intégrer dans ce mémoire.

Un grand merci à mes parents ainsi qu'à mon frère et ma sœur pour leur amour, leurs conseils et leur soutien inconditionnel qui m'ont permis de réaliser ces études et par conséquent, ce mémoire.

Dimitri, merci pour ton soutien sans égal depuis le début de ces études, merci pour les séances de révisions où tu ne comptais (presque) pas les heures, merci de m'avoir toujours épaulée et d'avoir cru en moi.

Merci à mes amies de toujours, Emma et Diane pour m'avoir encouragée dans ce projet et à tous mes proches qui m'ont soutenue.

Merci à Pascale pour son aide à la relecture de ce mémoire.

Merci à Migi et Mounette qui ont toujours répondu présent pour une séance de ronrons pendant la rédaction de ce mémoire.

Résumé :

L'apprentissage de la lecture repose sur l'acquisition des correspondances entre les graphèmes et les phonèmes. Des travaux ont montré qu'un court entraînement aux correspondances graphèmes-phonèmes chez l'enfant pré-lecteur suffit à faire émerger une spécialisation cérébrale pour l'écrit (à travers des mesures de la composante N170). Cependant, nous savons que les enfants pré-lecteurs ont accès plus facilement aux unités syllabiques par rapport aux phonèmes et que celles-ci auraient un rôle dans l'apprentissage des correspondances lettres-sons (hypothèse du pont syllabique). Des premiers travaux montrent de meilleures compétences phonologiques chez des enfants pré-lecteurs suivant un entraînement aux correspondances lettres-syllabe par rapport aux correspondances lettre-phonème. Notre projet a pour but de déterminer quelle unité, entre la syllabe et le phonème est la plus pertinente pour un apprentissage des correspondances lettres-sons et pour la mise en place d'une spécialisation cérébrale pour l'écrit. Notre but est de réaliser et de comparer des mesures comportementales et des EEG avant et après deux types d'entraînement chez des enfants pré-lecteurs : un entraînement basé sur la syllabe et l'autre sur le phonème. Nos résultats préliminaires portent sur deux sujets du groupe Syllabe. Ils améliorent leurs scores en conscience phonémique et nous observons des topographies compatibles avec une spécialisation de la composante N170 pour les stimuli écrits chez le sujet pré-lecteur. Bien que cette étude doive encore être poursuivie avec davantage de participants, elle envisage la syllabe comme unité essentielle dans l'apprentissage et la remédiation de la lecture.

Mots-clés :

Lecture, syllabe, composante N170, spécialisation cérébrale, conscience phonémique

Abstract :

Learning to read is based on the acquisition of graphemes-phonemes correspondences. Studies have shown that a short training in graphemes-phonemes correspondences for the pre-reader child is sufficient to bring out a cerebral specialization for print (through measures of the N170 component). However, we know that pre-reader children access more easily the syllabic units than the phonemes and that these would play a role in learning letter-sound correspondences (syllabic bridge hypothesis). Initial studies showed better phonological skills in pre-readers trained in letters-syllable correspondences than in letter-phoneme correspondences. Our project aims at determining which unit, between the syllable and the phoneme, is the most relevant for learning letter-sound correspondences and for the implementation of a cerebral specialization for print. Our goal is to conduct and compare behavioral and EEG measurements before and after two types of training on pre-reader children: one based on the syllable and another on the phoneme. Our preliminary results concern two subjects in the syllable group. They have improved their phonemic awareness scores and we have also noticed consistent topographies with specialization of the N170 component for written stimuli in the pre-reader subject. Although this study still needs to be continued with more participants, it foresees the syllable as a critical unit in the learning and remediation of reading.

Keywords :

Reading, syllable, N170 component, cerebral specialization, phonemic awareness

Table des matières

Introduction.....	1
Contexte théorique, buts et hypothèses.....	2
1. Le principe alphabétique.....	2
2. Le modèle de lecture à double voie.....	2
2.1. La voie phonologique.....	2
2.2. La voie lexicale.....	2
3. Les prérequis de la lecture.....	3
3.1. La conscience phonémique.....	3
3.2. La connaissance des lettres.....	4
3.3. La dénomination rapide.....	4
4. Les méthodes d'enseignement de la lecture.....	4
4.1. La méthode phonique.....	4
4.2. La méthode globale.....	5
5. Le rôle de la syllabe dans l'apprentissage de la lecture.....	6
5.1. Définitions : syllabe et conscience syllabique.....	6
5.2. La perception de la syllabe à l'écrit.....	6
5.2.1. Les hypothèses quant à la perception de la syllabe à l'écrit.....	7
5.3. L'hypothèse du pont syllabique.....	7
5.4. La conscience phonémique après un apprentissage grapho-syllabique.....	8
5.5. Le modèle DIAMS.....	8
6. La spécialisation cérébrale pour l'écrit.....	10
6.1. Le rôle du gyrus fusiforme gauche.....	10
6.2. La composante N170.....	10
6.3. La théorie du mapping phonologique.....	11
7. Problématique, buts et hypothèses.....	11
Proposition de méthodologie.....	12
1. Population.....	12
2. Méthode et matériel.....	13
2.1. Pré et post-tests.....	13
2.2. Les phases d'entraînement.....	14
2.2.1. Entraînements : les séances 1 et 2.....	14
2.2.2. Entraînements : les séances 3 et 4.....	15
2.2.3. Entraînements : la dernière séance.....	15
2.3. Analyses des résultats.....	15
2.4. Mise à jour de l'expérimentation concernant la situation sanitaire due à la Covid-19.....	16
Résultats.....	16
1. Données comportementales.....	16
1.1. Participant 1.....	16
1.2. Participant 2.....	17
2. Données électrophysiologiques : topographies de la composante N170.....	18
2.1. Participant 1.....	18
2.2. Participant 2.....	19
3. Données d'amplitudes : ce que l'on aurait pu observer.....	19
Discussion.....	20
1. Interprétation des résultats préliminaires obtenus.....	20
1.1. Effet bénéfique de l'entraînement sur la conscience phonémique.....	20
1.2. Analyse de la composante N170.....	21
2. Limites et ouvertures de l'étude.....	22
3. Apports de cette étude à la pratique orthophonique.....	23

3.1. La dyslexie développementale.....	23
3.1.1. L'hypothèse phonologique de la dyslexie.....	23
3.1.2. Un entraînement grapho-syllabique pour les enfants dyslexiques ?.....	24
3.2. Le cas des sujets atteints d'un trouble spécifique du langage oral.....	26
Conclusion.....	27
Liste des annexes.....	33
Annexe n°1 : Mail adressé aux directeurs des établissements scolaires.....	33
Annexe n°2 : Annonces de recrutement.....	33
Annexe n°3 : Lettre d'information destinée aux parents.....	33
Annexe n°4 : Formulaire de consentement.....	33
Annexe n°5 : Questionnaire destiné aux parents.....	33
Annexe n°6 : Questionnaire de latéralité destiné à l'enfant.....	33
Annexe n°7 : Lettre d'information simplifiée destinée à l'enfant.....	33
Annexe n°8 : Pré et post-tests de connaissance des lettres.....	33
Annexe n°9 : Pré et post-tests de lecture de syllabes, matrice 1 et 2.....	33
Annexe n°10 : Pré et post-tests de suppression de phonème final, matrice 1 et 2.....	33
Annexe n°11 : Entraînements : exemple de matériel pour la tâche de lecture.....	33
Annexe n°12 : Entraînements : exemple d'un jeu de loto.....	33
Annexe n°13 : Entraînements : exemple d'un jeu d'appariement.....	33
Annexe n°14 : Entraînements : exemple d'un jeu de relais.....	33

Introduction

L'apprentissage de la lecture est un processus complexe qui nécessite une acquisition des correspondances entre les unités orthographiques (i.e., les graphèmes) et phonologiques (i.e., les phonèmes) de la langue. Ainsi, face à un mot écrit, les enfants apprentis lecteurs doivent associer les lettres à leurs sons et procéder ensuite à une fusion des différents sons décodés pour produire la forme phonologique d'un mot. Au fur et à mesure de la pratique, la lecture deviendra automatique et moins coûteuse pour l'enfant.

Par ailleurs, nous savons qu'une spécialisation cérébrale s'effectue lors de l'apprentissage de la lecture : la composante N170 se spécialiserait dans la reconnaissance visuelle des mots écrits (Maurer & McCandliss, 2007). De plus, McCandliss et Noble (2003) présentent la théorie du mapping phonologique qui postule que la spécialisation cérébrale pour l'écrit apparaît notamment grâce à l'apprentissage des correspondances grapho-phonémiques. Les unités phonémiques ont ainsi longtemps été au centre de ces études comme nous pouvons également le voir dans les recherches de Brem et al. (2010) qui confirment la théorie du mapping phonologique.

Aujourd'hui, peu d'études se sont réellement intéressées au rôle de la syllabe dans l'apprentissage des liens lettres-sons et dans l'émergence de la spécialisation cérébrale pour l'écrit. Cependant, cette unité serait plus facilement disponible chez les enfants et pourrait leur servir de base lors du début de l'apprentissage de la lecture (hypothèse du pont syllabique : Doignon & Zagar, 2014). Ainsi, Vazeux et al. (2020) ont fait l'hypothèse qu'un apprentissage des liens entre les lettres et les syllabes permettrait une amélioration de la conscience phonémique chez les enfants pré-lecteurs par rapport à un apprentissage des correspondances grapho-phonémiques.

Le but de notre étude est ainsi de poursuivre les premiers travaux de Vazeux et al. (2020). Nous effectuerons des mesures comportementales comparables à l'étude de Vazeux et al. (2020) qui nous permettront de comparer, chez des enfants pré-lecteurs, l'impact de deux types d'entraînement sur la conscience phonologique : un entraînement centré sur les liens lettre-phonème et un entraînement centré sur les liens lettres-syllabe. Notre projet intègre également des mesures électrophysiologiques visant à comparer l'effet de chaque entraînement sur la mise en place d'une spécialisation cérébrale pour l'écrit.

Ces recherches nous permettront de déterminer quelle unité, entre le phonème et la syllabe est la plus efficace pour l'émergence d'une spécialisation cérébrale pour l'écrit. Les analyses des résultats nous aideront à comprendre au mieux les fonctionnements sous-jacents à la spécialisation cérébrale pour l'écrit et de cibler de manière adéquate l'apprentissage et la remédiation de la lecture.

Ce projet a été accepté par le comité d'éthique universitaire et une déclaration à la CNIL a été effectuée. Il fait partie d'une collaboration avec l'Université de Strasbourg et nous sommes plusieurs étudiants à faire partie du projet afin de comparer et d'interpréter au mieux les données recueillies.

Contexte théorique, buts et hypothèses

1. Le principe alphabétique

Le français est une langue alphabétique où l'apprentissage de la lecture est fondé sur la conversion des unités orthographiques en unités phonologiques. L'apprenti lecteur devra ainsi convertir les signes écrits en une forme sonore : c'est la conversion grapho-phonémique. Le phonème est la plus petite unité distinctive de la chaîne parlée et le graphème est l'unité orthographique, composée d'une ou plusieurs lettres, permettant de transcrire les phonèmes. Chaque phonème peut être représenté par plusieurs graphèmes et certains graphèmes peuvent correspondre à plusieurs phonèmes. Ainsi, le phonème [o] peut se transcrire par plusieurs graphèmes (« o », « au », « eau »...) et le graphème « c » peut se prononcer [s] ou [k]. Les enfants vont alors prendre conscience de l'ensemble des phonèmes de la langue et de leurs associations avec les graphèmes (Fayol, 2020). Au fil des apprentissages, l'apprenti lecteur accédera à la reconnaissance des mots écrits et pourra les comprendre.

2. Le modèle de lecture à double voie

L'un des principaux modèles pour décrire les processus cognitifs impliqués dans la lecture est le modèle à double voie, décrit notamment par Coltheart et al. (2001) avec leur modèle en cascade. Ainsi, la lecture s'effectue par le biais de deux voies : la voie phonologique (aussi appelée voie d'assemblage ou indirecte) et la voie lexicale (aussi appelée voie d'adressage, orthographique ou directe).

2.1. La voie phonologique

La voie phonologique repose sur la conversion grapho-phonémique. Elle permet la lecture de mots nouveaux non présents dans le lexique mental. Les mécanismes de traitement impliqués dans la voie phonologique sont souvent étudiés par la lecture de pseudo-mots, qui n'existent pas mais qui respectent les règles phonologiques et orthographiques de la langue.

La voie phonologique est utilisée par les apprentis lecteurs qui n'ont pas encore de nombreuses représentations lexicales formées. Au fur et à mesure de la pratique de la lecture et de l'utilisation de cette voie, un auto-apprentissage (Share, 1995) se mettrait progressivement en place chez l'enfant. Ainsi, chaque décodage correctement réalisé va permettre d'acquérir des informations orthographiques spécifiques qui vont pouvoir être réutilisées lors de lectures ultérieures. Une voie phonologique efficace va également permettre la mise en place de la voie lexicale, permettant une lecture plus automatisée.

2.2. La voie lexicale

La voie lexicale permet de lire des mots qui ont déjà été rencontrés auparavant. Chaque mot écrit à traiter va être comparé avec les formes orthographiques de mots stockées dans le lexique orthographique. Une fois que la forme orthographique d'un mot est reconnue, la forme phonologique de ce mot est activée dans le lexique phonologique et cela permet ensuite d'avoir accès à son sens. Dans le modèle de Coltheart et al. (2001), il existe ainsi une association entre les représentations orthographiques et phonologiques. La voie lexicale permet donc de lire rapidement

les mots familiers mais elle est également la seule voie permettant de lire correctement les mots irréguliers qui ne respectent pas les correspondances graphèmes-phonèmes classiques. Une fois que l'apprenti lecteur aura stocké en mémoire assez d'informations sur les caractéristiques orthographiques des mots, il constituera son lexique orthographique. Les mots les plus fréquents seront reconnus automatiquement et cela permettra à l'apprenti lecteur de diminuer sa charge cognitive. Le lecteur expert utilise préférentiellement la voie lexicale, sauf pour les mots inconnus où il aura recours à la voie phonologique.

Ainsi, le modèle de Coltheart et al. (2001) se compose de deux voies principales interconnectées : la voie lexicale et celle des correspondances graphèmes-phonèmes.

3. Les prérequis de la lecture

De nombreuses études ont démontré qu'il existe des connaissances susceptibles de prédire les futures capacités de lecture. Hulme et Snowling (2014) synthétisent dans leur revue de littérature trois prédicteurs principaux : la conscience phonémique, la connaissance des lettres ainsi que la dénomination rapide.

3.1. La conscience phonémique

La conscience phonémique fait partie de la conscience phonologique. Cette dernière se définit tout d'abord par la capacité à traiter, à segmenter et à manipuler de façon intentionnelle les différentes unités phonologiques à l'oral. Elle permet d'analyser les différentes composantes du langage comme les phonèmes ou les syllabes (Fayol, 2020). D'après Fayol (2020), la conscience phonologique diffère selon les enfants et participe à la réussite de l'apprentissage de la lecture. La conscience phonémique quant à elle, se définit par la manipulation volontaire des phonèmes de la langue. Fayol (2020) évoque également que la capacité d'un enfant à supprimer un phonème d'un mot est fortement prédictive de sa réussite en lecture. Ainsi, de nombreuses études ont évalué le lien entre la conscience phonémique et les capacités de lecture.

Melby-Lervåg et al. (2012) ont soulevé dans leur méta-analyse que les enfants ayant un trouble spécifique de l'apprentissage de la lecture (i.e., une dyslexie développementale) présentaient un déficit important en conscience phonémique par rapport aux enfants de même âge et aux enfants plus jeunes de même niveau de lecture. Ces auteurs confirment aussi que la conscience phonémique est un prédicteur majeur des compétences de lecture par rapport à d'autres prédicteurs comme la conscience de rimes ou à la mémoire à court terme verbale.

De plus, Morais et al. (1979) ont mené une étude impliquant trente personnes illettrées et trente personnes ayant appris à lire tardivement (ex-illettrés). Les adultes illettrés obtiennent des résultats inférieurs dans des tâches de conscience phonémique (suppression/ajout de phonème) par rapport aux adultes ex-illettrés. Ces résultats montrent que la conscience phonémique n'est pas une compétence qui s'acquiert avec l'âge mais qu'elle est également le résultat de l'apprentissage de la lecture. Nous retrouvons ainsi un lien bidirectionnel entre les compétences en phonologie et l'acquisition du principe alphabétique : ces capacités sont interdépendantes, s'influencent mutuellement et entretiennent des relations causales (Gombert & Colé, 2000).

3.2. La connaissance des lettres

La connaissance des lettres est un prédicteur majeur des futures compétences en lecture. Cette compétence a été mesurée dans différentes études avec la connaissance du nom des lettres et/ou de leurs sons. Ainsi, d'après Foulon et Pacton (2006) la connaissance du nom des lettres est une aide pour les pré-lecteurs dans l'apprentissage du principe alphabétique. En effet, de nombreux mots en français comportent le nom d'une voyelle ou d'une consonne dans leur prononciation. D'après ces auteurs, les pré-lecteurs vont alors se baser sur le nom des lettres pour identifier certains mots. Leur étude montre que des enfants pré-lecteurs ne connaissant pas le son des lettres mais uniquement leur nom étaient capables d'associer un pseudo-mot entendu à sa forme orthographique. Par la suite, la connaissance du nom des lettres favoriserait chez les enfants pré-lecteurs l'apprentissage de leurs sons (Share, 2004). Effectivement, ces derniers sont liés : le son des consonnes est inclus dans leurs noms.

D'après Foulon (2007), la maîtrise du nom des lettres permet également de développer la conscience phonémique, indispensable à l'apprentissage de la lecture. Si ces deux compétences sont interconnectées, c'est la connaissance des sons des lettres qui semble plus déterminante dans l'apprentissage de la lecture car elle participe à l'acquisition du principe alphabétique (Byrne & Fielding-Barnsley, 1989).

3.3. La dénomination rapide

La dénomination rapide est un autre prérequis au développement de la lecture. Cette compétence consiste à dénommer le plus rapidement possible une liste d'images, de couleurs, de lettres ou de chiffres présentée sur papier (sérielle) ou successivement sur un ordinateur (discrète). Cette habileté est en lien avec la lecture car elle nécessite également la conversion de représentations visuelles connues en représentations phonologiques (Castel et al., 2008).

Castel et al. (2008) ont ainsi démontré que les enfants dyslexiques obtiennent des résultats inférieurs à la tâche de dénomination rapide par rapport aux enfants normo-lecteurs notamment dans une version discrète de la tâche qui mesure spécifiquement l'accès aux représentations phonologiques. Ces enfants seraient alors en difficulté pour accéder rapidement et automatiquement à ces représentations phonologiques, pourtant indispensables en lecture.

4. Les méthodes d'enseignement de la lecture

L'apprentissage de la lecture est ainsi un mécanisme complexe qui semble nécessiter la découverte et la manipulation des phonèmes, le décodage grapho-phonémique et la mise en place d'une voie lexicale. Nous pouvons alors nous demander comment pourrait être enseignée la lecture pour que cet apprentissage se déroule le plus efficacement possible pour les enfants.

4.1. La méthode phonique

Cette méthode est basée sur l'apprentissage des correspondances grapho-phonémiques (Content & Leybaert, 1992). Torgerson et al. (2019) ont conclu qu'un entraînement phonique systématique était primordial pour l'apprentissage de la lecture. Ces correspondances sont alors enseignées dans un ordre précis en fonction de leur fréquence et de leur consistance (la consistance étant le fait qu'un graphème se prononce toujours de la même manière). D'après Bosse et al. (2019), il existe deux types de méthodes phoniques : synthétique et analytique.

L'approche phonique synthétique repose sur l'apprentissage de chaque correspondance grapho-phonémique de manière isolée avant d'enseigner la combinaison de celle-ci pour former des syllabes et d'amener peu à peu l'enfant vers la lecture de mots. Par exemple, il serait enseigné aux enfants que la lettre « o » se prononce /o/ et que la lettre « p » se prononce /p/ : ainsi, la syllabe « po » se prononcerait /po/. Cette approche est celle qui se rapprocherait le plus de la méthode dite « syllabique » en France.

Dans l'approche phonique analytique, l'enfant débute l'apprentissage à l'aide de mots contenant des correspondances graphèmes-phonèmes identiques. L'enfant va donc analyser et segmenter ces mots afin de trouver le son correspondant. Cette méthode est celle qui s'apparenterait le plus à la méthode dite « mixte » en France.

Cependant, il n'existe aujourd'hui pas de consensus en littérature sur l'utilisation préférentielle d'une de ces deux méthodes (Bosse et al., 2019).

4.2. La méthode globale

Cette forme d'apprentissage notamment décrite par Foucambert (1976) sous le terme de méthode « idéo-visuelle », repose sur la mémorisation de la forme écrite des mots dans le lexique mental afin de pouvoir les reconnaître et les comprendre dans des phrases ou des textes. Les correspondances graphèmes-phonèmes ne sont pas enseignées explicitement car elles sont considérées comme des obstacles à la compréhension. Ainsi, cette méthode est basée sur une reconnaissance visuelle globale des mots, ce qui permet une association à leur forme phonologique et un accès à leur signification.

L'étude de Braibant et Gerard (1996) a évalué l'impact des méthodes d'enseignement sur le niveau de lecture des élèves. Leurs résultats montraient qu'une approche centrée sur la compréhension se caractérisait par une lecture moins efficace et que les élèves étaient moins bons en lecture quelle que soit leur origine sociale. De plus, cette méthode est associée à une dispersion des résultats entre les enfants d'une même classe : elle semble ainsi moins équitable. En effet, le niveau des élèves les plus faibles en lecture est largement éloigné du niveau de leurs camarades dans les classes centrées sur la méthode globale contrairement aux classes axées sur le décodage. Ainsi, les faibles lecteurs auxquels on n'enseigne pas explicitement les correspondances grapho-phonémiques ont davantage de difficultés à entrer dans la lecture. Ces résultats concordent avec ceux de l'étude de Goigoux (2000), qui ont démontré que les élèves ayant suivi la méthode globale obtiennent des résultats inférieurs par rapport à l'autre groupe (méthode phonique) en compréhension et en décodage, quel que soit leur milieu social également.

Dans l'étude d'Alegria et al. (1982), les enfants ayant suivi la méthode phonique obtiennent de meilleurs résultats en conscience phonémique par rapport à un groupe ayant suivi un apprentissage de la forme globale des mots.

De plus, Dehaene (2007, p. 297) suggère que : « la reconnaissance visuelle des mots ne repose pas sur une appréhension globale de son contour, mais sur sa décomposition en éléments simples, les lettres et les graphèmes ». Par conséquent, il semble primordial d'enseigner aux enfants les correspondances grapho-phonémiques de façon explicite afin de favoriser l'entrée dans la lecture. Dehaene (2007, p. 291) évoque également que « le décodage phonologique des mots est l'étape clé de la lecture ».

De nombreuses études se focalisent ainsi sur les correspondances grapho-phonémiques concernant l'apprentissage de la lecture et nous pouvons constater que le rôle de la syllabe dans cet apprentissage est rarement mis en avant.

5. Le rôle de la syllabe dans l'apprentissage de la lecture

Si le phonème possède une place prépondérante dans les études sur l'apprentissage de la lecture, Doignon et Zagar (2006) postulent que cette unité serait moins accessible pour les pré-lecteurs par rapport aux unités de plus grande taille comme la syllabe. Nous allons alors nous intéresser au rôle de la syllabe dans l'apprentissage de la lecture.

5.1. Définitions : syllabe et conscience syllabique

La syllabe est une unité phonologique du langage oral comprenant une voyelle au minimum : cela forme le noyau vocalique, qui peut être suivi ou précédé d'une consonne (Doignon et Zagar, 2009). Selon Desrochers et al. (2009), la syllabe forme une structure hiérarchique. Au niveau supérieur, nous retrouvons l'attaque (une consonne optionnelle) et la rime alors qu'au niveau inférieur, la rime est composée d'un noyau (la voyelle) et d'un coda (consonne optionnelle).

La conscience syllabique se réfère à l'identification et à la manipulation consciente des syllabes de la langue. Si nous avons vu précédemment que la conscience phonémique a une valeur prédictive élevée du niveau de lecture, de nombreux travaux ont démontré que les apprentis lecteurs échouaient aux tâches de conscience phonémique. C'est le cas de l'étude de Liberman et al. (1974), qui ont évalué les capacités d'enfants pré-lecteurs à identifier le nombre de phonèmes ou de syllabes dans des énoncés oraux. L'enfant devait représenter le nombre de segments (phonèmes ou syllabes) entendus en tapant sur une cheville en bois. Les enfants âgés de quatre ans n'étaient pas capables de segmenter les mots en phonèmes alors que la moitié d'entre eux pouvaient les segmenter en syllabes. Ainsi, les enfants pré-lecteurs auraient accès aux unités syllabiques avant de développer leur conscience phonémique. En effet, Doignon et Zagar (2006, p. 259) ont suggéré que pendant 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 ». Si l'on suit cette hypothèse, les enfants devraient pouvoir identifier précocement les unités syllabiques à la fois à l'oral et à l'écrit (Doignon & Zagar, 2009).

5.2. La perception de la syllabe à l'écrit

Plusieurs études ont été réalisées concernant le rôle de la syllabe dans la reconnaissance visuelle des mots. Doignon et Zagar (2005) ont tout d'abord démontré que les lecteurs experts identifiaient au début du traitement des mots écrits, des groupes de lettres correspondant aux syllabes orales. Les auteurs ont alors réalisé une expérience en 2006 avec des apprentis lecteurs ainsi que des lecteurs débutants : cette étude a été réalisée à l'aide du paradigme des conjonctions illusives. Dans cette tâche, le participant doit rapporter la couleur d'une lettre cible dans un mot bisyllabique écrit en deux couleurs différentes où la frontière des couleurs peut être congruente ou non avec la frontière syllabique. Par exemple, le but pourrait être de rapporter la couleur de la lettre « p » dans les mots « **re**pos » (frontière congruente) ou « **re**pos » (frontière incongruente). Le mot est présenté très rapidement à l'enfant qui est ainsi susceptible de faire des erreurs. Deux types d'erreurs sont possibles : des fausses alarmes où l'enfant rapporte une couleur qui n'était pas

présente dans le mot et les erreurs de conjonctions illusoires. Ces dernières sont les plus récurrentes : le participant associe à la lettre cible la couleur incorrecte entre les deux couleurs présentes dans le mot. Il en existe deux sortes : les erreurs de préservation ou de violation de la syllabe. Dans la première, le participant affecte à la lettre cible la couleur correspondant aux lettres de la même syllabe : ces erreurs respectent la structure de la syllabe. Par exemple, si nous reprenons le mot « repos », le participant affecterait à la lettre « p » la couleur noire car elle fait partie de la syllabe « pos ». Dans les erreurs de violation, le participant associe à lettre cible la couleur des lettres de l'autre syllabe du mot : ces erreurs ne respectent pas les frontières des syllabes. Ainsi, dans le mot « repos », le participant affecterait à la lettre « p » la couleur bleue.

Cette étude a montré que les enfants faisaient plus d'erreurs de préservation que de violation de la syllabe : les syllabes seraient donc des unités de perception du langage écrit chez les apprentis et lecteurs débutants. Nous pouvons ainsi nous demander comment les enfants identifient les syllabes dans les mots écrits.

5.2.1. Les hypothèses quant à la perception de la syllabe à l'écrit

Plusieurs hypothèses ont vu le jour concernant la perception des syllabes à l'écrit et celles-ci ont été testées par Doignon et Zagar (2006) grâce au paradigme des conjonctions illusoires auprès d'enfants scolarisés en seconde et dernière année d'école primaire.

La première hypothèse défend l'idée que la perception des syllabes est due à la récupération lexicale du mot. Une fois activée, cette représentation peut alors activer les unités syllabiques des mots en phonologie de sortie, d'après le modèle en cascade de Coltheart et al. (2001). Doignon et Zagar (2006) ont montré que les enfants percevaient également les syllabes dans les pseudo-mots : cette première hypothèse n'est ainsi pas confirmée car nous ne pouvons pas posséder de représentations orthographiques pour des pseudo-mots.

La deuxième hypothèse consiste en l'activation des lettres à partir du mot écrit : celle-ci se propagerait vers les représentations phonologiques syllabiques correspondant aux groupes de lettres. Dans la troisième hypothèse, la perception des syllabes serait due à la redondance orthographique qui postule notamment que les combinaisons de lettres constituant les frontières syllabiques sont moins fréquemment associées que les combinaisons à l'intérieur des syllabes (Adams, 1981). D'après Doignon et Zagar (2006), ces deux hypothèses ne sont que partiellement retenues. Ils démontrent en effet que la perception des syllabes ne peut pas être seulement due à l'une ou l'autre hypothèse.

Cependant, ils soutiennent la dernière hypothèse qui suggère qu'il existe une activation conjointe des informations phonologiques syllabiques et orthographiques dans la perception des syllabes.

5.3. L'hypothèse du pont syllabique

Nous savons que les enfants pré-lecteurs ont accès aux unités syllabiques avant d'accéder à une conscience phonémique, notamment grâce aux travaux de Liberman et al. (1974). Doignon et Zagar (2014) ont soumis une hypothèse alternative, celle du pont syllabique, soutenue par le fait que la perception des syllabes est influencée par une activation conjointe des informations phonologiques syllabiques et orthographiques. Les syllabes serviraient ainsi de support dans le début de l'apprentissage de la lecture.

Pour tester cette hypothèse, les auteurs ont utilisé le paradigme des conjonctions illusoires, précédé d'un apprentissage basé sur la syllabe, auprès de deux groupes d'enfants pré-lecteurs. Le

premier groupe bénéficiait d'un apprentissage visuel dans le but d'initier les enfants à la co-occurrence des lettres. Ceux-ci devaient alors prêter une grande attention aux lettres présentées avant de les dénommer. L'autre groupe devait apprendre les correspondances grapho-syllabiques (entraînement visuo-phonologique). Enfin, un troisième groupe témoin effectuait un entraînement arithmétique. Les résultats après les entraînements ont montré des bénéfices significativement plus importants pour le groupe visuo-phonologique par rapport aux deux autres groupes. En effet, le groupe ayant suivi l'entraînement visuo-phonologique présente lors des post-tests, une meilleure perception de la syllabe et nous observons ainsi davantage d'erreurs de préservation de la syllabe par rapport aux autres groupes.

5.4. La conscience phonémique après un apprentissage grapho-syllabique

Vazeux et al. (2020) ont émis l'hypothèse que l'enseignement des correspondances lettres-syllabe serait plus efficace pour renforcer la conscience phonémique par rapport à un entraînement des correspondances graphèmes-phonèmes.

Leur étude portait sur 222 pré-lecteurs francophones, divisés en deux groupes, ayant participé à deux programmes d'apprentissages différents : le premier basé sur les correspondances lettres-syllabe et le deuxième sur les correspondances lettre-phonème. Les compétences des enfants ont été testées à trois moments différents : avant (pré-test, T1) et après les entraînements (post-test, T2) mais également après une séance d'introduction au codage et décodage (post-test, T3) se déroulant après le second test. Lors de la séance de codage, les enfants devaient choisir les lettres correspondant à la syllabe énoncée par l'examineur et lors du décodage, ils devaient prononcer la syllabe formée par les lettres indiquées. Les tests se composaient de tâches de connaissance du nom des lettres, de conscience phonémique et de lecture de syllabes. Les compétences en conscience phonémique ont été évaluées grâce à une tâche d'élimination du phonème final, prédictrice des compétences en lecture chez les enfants. Les résultats en post-tests démontrent que les compétences en conscience phonémique ont davantage augmenté pour le groupe lettres-syllabe par rapport au groupe lettre-phonème. Les résultats sont significatifs entre T1 et T2 et non entre T2 et T3 : cela traduirait donc un effet bénéfique lié spécifiquement à l'entraînement des correspondances grapho-syllabiques. De plus, la progression de la conscience phonémique dans le groupe Syllabe était significative pour les syllabes apprises ainsi que pour les nouvelles syllabes par rapport au groupe Phonème. Les auteurs ont également comparé les enfants au niveau de leurs connaissances initiales afin d'observer si celles-ci pouvaient influencer leurs résultats en conscience phonémique lors des post-tests. En effet, ils ont observé que quel que soit leur niveau en conscience phonémique, seulement les enfants ayant une connaissance élevée du nom des lettres obtenaient des résultats significativement supérieurs s'ils étaient entraînés avec des unités syllabiques par rapport à un entraînement centré sur le phonème.

Ainsi, ces recherches démontrent que les enfants pré-lecteurs ayant déjà connaissance des noms de lettres pourraient bénéficier d'un apprentissage des correspondances grapho-syllabiques et améliorer leurs compétences en conscience phonémique. Un entraînement grapho-syllabique favoriserait alors l'apprentissage des correspondances lettres-sons.

5.5. Le modèle DIAMS

Par ailleurs, Doignon et Zagar (2009) ont proposé pour la première fois un modèle intégrant le rôle de la syllabe dans la reconnaissance des mots écrits : le modèle DIAMS (Developmental

Interactive Activation Model with Syllables). Ce modèle est illustré dans la figure 1 : il comporte plusieurs étapes.

Ainsi, avant l'apprentissage de la lecture, le système linguistique de l'enfant serait composé d'unités phonologiques disponibles (i.e., les syllabes) ainsi que d'unités lexicales phonologiques (i.e., combinaisons de syllabes formant des mots) : cela correspond à la première étape de la figure 1. L'apprentissage de la lecture ajoute au système linguistique une représentation visuelle orthographique connectée avec le système phonologique : l'enfant va alors construire un stock orthographique de base qu'il pourra activer automatiquement lors de contacts ultérieurs avec ces séquences de lettres (étape 2). Si la connexion entre les unités phonologiques et les représentations visuelles peut s'établir de plusieurs manières, selon les auteurs, ce lien se construit des lettres vers les syllabes (unité la plus disponible pour les apprentis lecteurs, étape 3). La correspondance entre les lettres et les sons s'automatiserait et permettrait ensuite à l'enfant d'accéder aux mots (étape 4), de construire des représentations phonémiques mais également de renforcer les connexions inter-lettres (représentation mentale des lettres, étape 5). L'enfant établit alors des liens entre les lettres et les syllabes ce qui entraîne la création de groupes de lettres. Enfin, la voie lexicale de l'enfant se mettra en place : c'est la dernière étape de l'apprentissage de la lecture qui permet une automatisation (construction des représentations orthographiques lexicales, étape 6).

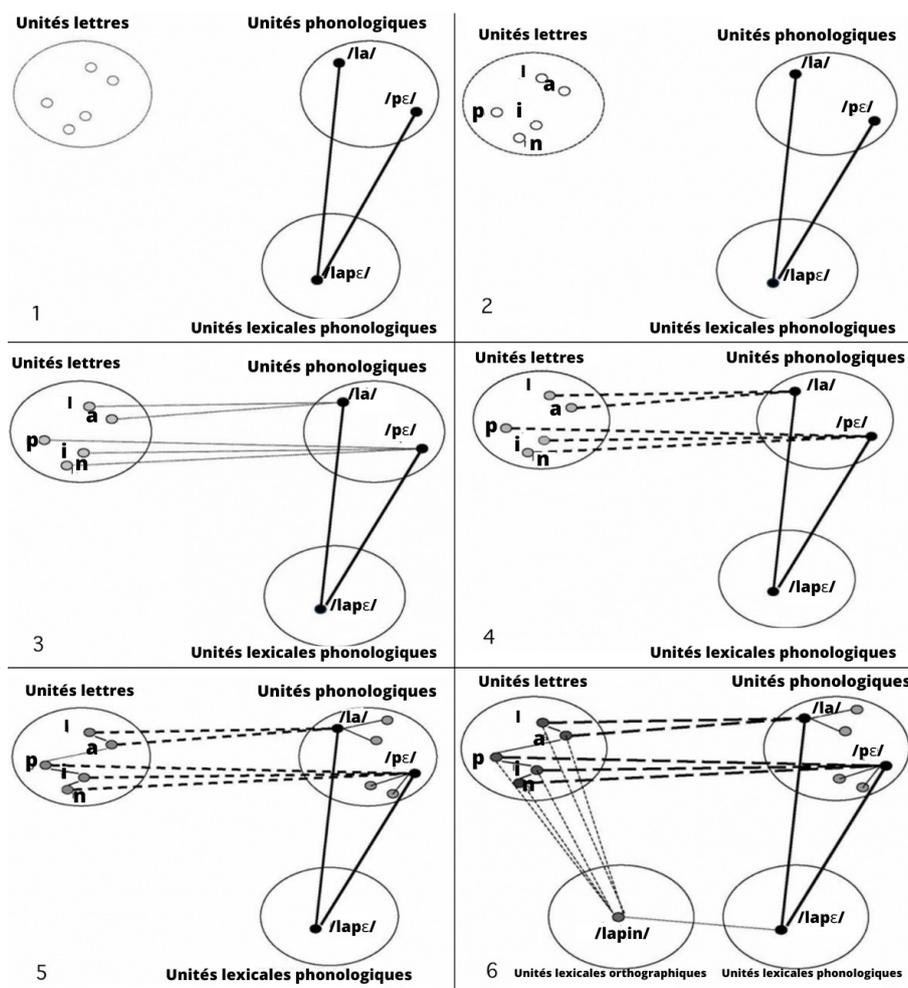


Figure 1. Le modèle DIAMS : Developmental Interactive Activation Model with Syllables (d'après Doignon et Zagar, 2009).

Maintenant que nous avons examiné les différentes étapes nécessaires à l'apprentissage de la lecture, nous discuterons de la manière dont le cerveau humain peut s'adapter à cet apprentissage. Ainsi, nous allons détailler les régions cérébrales impliquées dans l'apprentissage de la lecture et décrire la manière dont elles s'organisent.

6. La spécialisation cérébrale pour l'écrit

6.1. Le rôle du gyrus fusiforme gauche

De nombreuses études comportementales et d'imageries cérébrales ont confirmé que l'apprentissage de la lecture est accompagné de modifications neuronales. Nous savons aujourd'hui que le gyrus fusiforme gauche, situé dans le cortex occipito-temporal, joue un rôle important dans le traitement des stimuli visuels (Murtha et al., 1999).

Cependant, cette aire cérébrale serait aussi impliquée dans le traitement des lettres et des groupes de lettres. « L'aire de la forme visuelle des mots » aurait pour rôle d'analyser les chaînes de lettres et de les catégoriser malgré des variations dans le format visuel de présentation de ces lettres (polices de caractères, taille, couleur ; Warrington & Shallice, 1980). Par la suite, des connexions entre le gyrus fusiforme gauche et les autres aires cérébrales impliquées dans le traitement du langage permettraient l'accès à la forme phonologique du mot et à son sens (Cohen et al., 2000). De plus, Vinckier et al. (2007) ont suggéré que cette structure serait également impliquée dans le traitement d'associations de lettres car son activation serait plus importante pour des groupes fréquents de lettres par rapport à des groupes plus rares.

Aussi, le gyrus fusiforme gauche se spécialiserait dans le traitement des stimuli écrits lors de l'apprentissage de la lecture : c'est l'hypothèse du recyclage neuronal de Dehaene et Cohen (2007). Dehaene et al. (2010) confirment cette hypothèse en démontrant qu'une spécialisation cérébrale s'effectue au niveau occipito-temporal ventral gauche lors de l'apprentissage de lecture, cette région étant initialement consacrée à la reconnaissance des objets visuels.

6.2. La composante N170

Tout d'abord, Brem et al. (2006) ont analysé dans leur étude le développement de la spécialisation cérébrale pour les stimuli visuels écrits grâce aux potentiels évoqués (ERP) et à l'imagerie par résonance magnétique fonctionnelle (IRMf). Les résultats de leurs recherches démontrent qu'il existe un lien entre l'activation de « l'aire de la forme visuelle des mots » et l'amplitude de la composante N170. Cette dernière étant une composante négative enregistrée environ 150 millisecondes après la présentation d'un stimulus visuel.

Maurer et al. (2005) ont analysé la spécialisation cérébrale pour l'écrit en mesurant cette composante électrophysiologique N170. Celle-ci présente alors de plus grandes amplitudes au niveau des sites occipito-temporaux gauches pour des stimuli écrits par rapport à des stimuli visuels non langagiers (comme des séquences de symboles) chez des adultes bons lecteurs. Ce résultat n'est pas observé chez des enfants pré-lecteurs : la composante N170 présente des amplitudes similaires pour des stimuli écrits et des stimuli visuels non langagiers. L'étude de Maurer et al. (2006) a également démontré que la spécialisation de la composante N170 est absente chez les enfants pré-lecteurs et qu'elle émerge environ deux ans après un apprentissage des bases de la lecture. À plus long terme et pour les adultes experts en lecture, ils remarquent que l'amplitude de la composante

N170 diminue par rapport aux enfants en cours d'apprentissage. Cela pourrait s'expliquer par une plus grande sensibilité pour les stimuli écrits chez les enfants en cours d'apprentissage par rapport aux adultes ayant déjà une plus grande pratique de la lecture (Maurer et al., 2006).

Ainsi, la composante N170 est associée au traitement visuel et se spécialiserait pour les stimuli écrits avec l'apprentissage de la lecture (Maurer & McCandliss, 2007).

6.3. La théorie du mapping phonologique

En sachant que la spécialisation cérébrale pour l'écrit s'effectuerait au cours de l'apprentissage de la lecture, nous allons maintenant nous intéresser au type d'apprentissage sous-tendant cette spécialisation.

McCandliss et Noble (2003) ont proposé la théorie du mapping phonologique qui postule que la spécialisation cérébrale pour l'écrit dépendrait de l'apprentissage des correspondances grapho-phonémiques lors de l'apprentissage de la lecture. La capacité à effectuer les correspondances grapho-phonémiques étant directement liée aux habiletés phonologiques, cette théorie suppose donc que la spécialisation cérébrale pour l'écrit dépend également d'une bonne conscience phonologique (McCandliss & Noble, 2003). L'étude de Mahé et al. (2013) vient appuyer cette théorie en démontrant que seuls les sujets dyslexiques ayant des déficits phonologiques présentent une absence de la spécialisation de la composante N170 par rapport à des sujets faibles lecteurs sans déficit phonologique.

Brem et al. (2010) soutiennent également l'hypothèse du mapping phonologique en démontrant que la sensibilité aux stimuli écrits émerge rapidement au cours de l'apprentissage des correspondances graphèmes-phonèmes chez des enfants pré-lecteurs. En effet, les auteurs ont examiné l'émergence de la sensibilité pour les caractères écrits dans « l'aire de la forme visuelle des mots » chez des enfants pré-lecteurs grâce à deux techniques d'imagerie : les potentiels évoqués (ERP) ainsi que l'imagerie par résonance magnétique fonctionnelle (fMRI). Dans leur étude, les enfants étaient tous entraînés avec un jeu de correspondances graphèmes-phonèmes (GraphoGame) ainsi qu'avec un jeu contrôle non linguistique (connaissance des nombres) chacun durant une période de huit semaines. Deux groupes d'enfants ont été formés : un groupe d'enfants s'est d'abord exercé avec GraphoGame et le second groupe avec le jeu contrôle avant d'inverser leur entraînement dans un second temps. L'évaluation s'est ainsi effectuée en trois étapes : avant tout entraînement, après un premier entraînement et après un second entraînement où les groupes s'inversaient. Les résultats de leur étude montraient ainsi une augmentation de l'amplitude de la composante N170 pour les stimuli écrits par rapport à des séquences de symboles seulement après l'entraînement grapho-phonémique (GraphoGame) par rapport à l'entraînement contrôle. L'apprentissage des correspondances graphèmes-phonèmes aurait permis la mise en place d'une spécialisation cérébrale pour l'écrit.

Cependant, nous pouvons nous poser la question suivante : qu'en est-il de la spécialisation cérébrale pour les stimuli écrits lors d'un apprentissage grapho-syllabique ?

7. Problématique, buts et hypothèses

Les études impliquant la syllabe dans l'apprentissage des liens lettres-sons étant peu nombreuses, le modèle DIAMS est le premier modèle prenant en compte la syllabe dans l'apprentissage des liens grapho-phonémiques. De plus, peu d'études ont comparé l'impact d'un

entraînement lettre-phonème à celui d'un entraînement lettres-syllabe. Ainsi, l'étude récente de Vazeux et al. (2020) démontre qu'un apprentissage lettres-syllabe favorise une amélioration des compétences en conscience phonémique pour des enfants pré-lecteurs ayant déjà une connaissance du nom des lettres par rapport à un apprentissage lettre-phonème. Brem et al. (2010) ayant démontré une spécialisation cérébrale pour les stimuli écrits après un entraînement aux correspondances lettres-sons chez des enfants pré-lecteurs, il serait intéressant d'observer les changements neuronaux après un apprentissage lettres-syllabe et de les comparer avec une condition lettre-phonème.

Afin d'approfondir l'hypothèse de Vazeux et al. (2020), nous allons comparer grâce à des données électroencéphalographiques, la mise en place d'une spécialisation de la composante N170 pour l'écrit auprès de deux groupes d'enfants pré-lecteurs ayant suivi deux entraînements différents. L'objectif sera alors de déterminer s'il existe une différence dans la spécialisation cérébrale pour l'écrit entre des enfants pré-lecteurs ayant suivi un entraînement aux correspondances lettres-sons basé sur les liens lettre-phonème et des enfants pré-lecteurs ayant suivi un entraînement basé sur les liens lettres-syllabe. À terme, cela pourrait permettre d'adapter l'enseignement et les remédiations de la lecture.

Notre hypothèse est que le groupe lettres-syllabe présenterait une augmentation plus forte de l'amplitude de la composante N170, entre le pré et le post-test, pour des stimuli écrits en comparaison à des séquences de symboles par rapport au groupe lettre-phonème.

Proposition de méthodologie

1. Population

Pour cette étude, le but était de recruter des enfants scolarisés en moyenne section de maternelle (ou grande section) afin de nous assurer qu'ils ne soient pas déjà lecteurs. Nous espérons au départ réaliser ce travail sur un total d'environ quarante enfants (vingt dans chaque groupe).

Nous recruterons les enfants dans leurs lieux de fréquentation ou auprès des employés de l'université. Pour le recrutement dans les écoles, les directeurs des différentes structures seront contactés (Annexe 1) afin qu'ils donnent leur accord pour afficher des annonces de recrutement (Annexe 2). Les parents intéressés pourront alors contacter les responsables de ce projet qui leur transmettront la lettre d'information (Annexe 3) et le formulaire de consentement (Annexe 4) qui devra être signé afin de commencer le pré-test. Pour les écoles publiques, nous contacterons dans un premier temps l'inspecteur avant d'expliquer notre projet aux directeurs et aux enseignants. Les enseignants donneront alors à leur tour les documents nécessaires aux parents d'élèves intéressés.

Lors du pré-test, les parents seront amenés à remplir un questionnaire (Annexe 5) les concernant et concernant leur enfant. Cela permettra de calculer leur niveau socio-économique (à partir du niveau d'études et de profession des parents) et de former des groupes d'enfants homogènes. De plus, il est important que les enfants soient droitiers (en raison des mesures électrophysiologiques qui seront effectuées : annexe 6, questionnaire de latéralité), de langue maternelle française et qu'ils ne présentent pas de troubles des apprentissages.

2. Méthode et matériel

L'étude comporte trois étapes et se déroule sur quatre semaines : un pré-test, l'entraînement et un post-test. Les tests et les enregistrements des EEG seront réalisés à l'Imaginarium de Tourcoing et les entraînements pourront avoir lieu à différents endroits selon la volonté des parents (école, domicile...). Avant chaque phase de l'expérimentation, il sera expliqué à l'enfant le déroulement de l'étude à l'aide d'une lettre d'information simplifiée qui lui sera lue (Annexe 7).

2.1. Pré et post-tests

Des mesures comportementales (connaissance des lettres, lecture de syllabes, conscience phonologique) seront réalisées lors des phases de tests. Une mesure de l'intelligence non verbale (matrices couleurs de Raven, Raven, 2002) sera effectuée lors du pré-test seulement : cela nous permettra de constituer des groupes d'enfants homogènes.

La tâche de connaissance des lettres (Annexe 8) vise à évaluer les prérequis à la lecture. L'enfant devra ici dénommer le nom de toutes les lettres et le son des consonnes affichées sur un chevalet (les quatre consonnes et les quatre voyelles utilisées dans les entraînements).

L'enfant devra ensuite lire seize syllabes de type Consonne-Voyelle : huit apprises lors de l'entraînement et huit non apprises (les lettres sont identiques mais la combinaison est différente : annexe 9).

La troisième tâche est une tâche plus compliquée de suppression de phonème final dans une syllabe, comportant 24 items (Annexe 10). Deux essais ainsi qu'un critère d'arrêt (après quatre échecs consécutifs) seront mis en place. L'expérimentateur évoquera la syllabe et demandera à l'enfant de la répéter en enlevant le dernier phonème/son. Parmi les items, nous retrouverons huit syllabes apprises pendant les entraînements, huit syllabes non apprises ainsi que huit nouvelles syllabes avec des consonnes différentes de celles des entraînements.

Les enfants réaliseront ensuite lors des tests une tâche de détection de répétition de séquences de syllabes, consonnes ou symboles sous enregistrement électrophysiologique. Les enfants seront munis d'un bonnet adapté et des électrodes (au nombre de 64) y seront ensuite placées au moyen d'un gel conducteur. Les enfants seront placés devant un écran et devront appuyer sur un bouton (i.e., la barre espace) quand deux séquences identiques apparaîtront à la suite. Il existe ainsi trois blocs pour chaque type de condition : soixante séquences de syllabes, soixante séquences de consonnes et soixante séquences de symboles. Les enfants passeront les neuf blocs dans un ordre différent afin d'éviter des effets d'ordres. Les séquences de consonnes et de syllabes ont été créées à partir des lettres et syllabes apprises pendant les entraînements. Chaque bloc est constitué de 30 séquences : 6 séquences d'entraînement et 24 séquences de tests dont 4 seront répétées à la suite. Pour chaque stimulus, une croix de fixation apparaîtra à l'écran pendant une durée 400 millisecondes avant de laisser place au stimulus pendant 700 millisecondes. L'écran apparaîtra ensuite noir pendant 1100 millisecondes. Ainsi, un deuxième stimulus suivra et l'enfant devra appuyer sur la barre espace s'il pense qu'il est identique au précédent. Un des expérimentateurs surveillera le signal EEG et lancera les essais manuellement afin de s'assurer de la concentration de l'enfant alors qu'un deuxième adulte sera également présent aux côtés de l'enfant afin de l'encourager et de le rassurer. Pour éviter une fatigabilité, nous proposerons aux enfants autant de pauses que nécessaire.

Le post-test se déroulera au maximum une semaine après les entraînements et la durée des pré et post-tests sera d'environ 1 heure 30 au total.

2.2. Les phases d'entraînement

Une semaine maximum après le pré-test, les enfants participeront à cinq séances d'entraînement de vingt minutes chacune, pendant une durée de deux semaines.

Ainsi, huit lettres ont été sélectionnées pour les programmes d'entraînement : quatre voyelles (A, I, O, U) et quatre consonnes (B, F, T, S). Les enfants du groupe Phonème apprendront donc ces huit lettres. Pour le groupe Syllabe, deux matrices de type Consonne-Voyelle ont été créées (BA, BI, FA, FI, SO, SU, TO, TU et BO, BU, FO, FU, SA, SI, TA, TI) : la moitié des enfants apprendront la première matrice et l'autre moitié la deuxième. Lors du post-test, nous observerons si les enfants réussissent seulement la lecture de syllabes qui ont été apprises ou s'ils ont généralisé l'apprentissage en réussissant la lecture des deux matrices : apprise et non apprise. Lors de chaque séance, quatre lettres (deux consonnes, deux voyelles) ou quatre syllabes seront entraînées.

Différents jeux vont nous permettre de réaliser ces entraînements et ceux-ci seront les mêmes dans les deux groupes (seule l'unité change : lettre ou syllabe), avec un jeu supplémentaire (jeu d'appariement) dans le groupe lettre-phonème afin d'équilibrer le temps des séances. Les quatre premières séances sont consacrées à la lecture et la cinquième séance est réservée à une introduction à la combinatoire.

2.2.1. Entraînements : les séances 1 et 2

Lors des deux premières séances, les enfants devront réaliser les activités suivantes : lecture de syllabes/lettres, jeu de dé et jeu de loto. Un jeu d'appariement est ajouté dans le groupe Phonème. Ces deux premières séances seront réalisées lors de la première semaine d'entraînement.

Lors de la lecture de syllabes/lettres, les enfants devront répéter les quatre syllabes ou les quatre lettres (nom et son) lues par l'expérimentateur avant d'essayer de les lire d'eux-mêmes : elles seront également affichées sur un chevalet.

Pour le groupe Syllabe, il sera par exemple présenté dans un premier temps à l'enfant l'image d'un bateau, qu'il devra dénommer. Après sa réponse, on lui demandera la première syllabe de ce mot et on lui fera répéter (« BA »). On lui présentera par la suite la syllabe écrite sur un chevalet en spécifiant que c'est comme cela qu'elle s'écrit. La même procédure sera alors effectuée pour le reste des syllabes. Par la suite, l'expérimentateur montrera une page où seront inscrites les quatre syllabes et l'enfant devra les lire de lui-même, en trois fois : une première lecture avec une relecture de l'adulte, une deuxième lecture avec l'aide de l'adulte et une dernière lecture seul. Une correction sera immédiatement apportée si l'enfant commet une erreur. Le même protocole sera appliqué pour le groupe Phonème, en remplaçant les syllabes par les lettres (isolation de la première lettre d'un mot à partir d'une image, évocation du nom et du son des lettres etc). Un exemple de matériel pour cette première tâche est illustré dans l'Annexe 11.

Pour le jeu de dé, le but sera de lire la syllabe ou la lettre (nom et son) présentée sur une des faces du dé afin d'avancer sur un plateau. Si l'enfant tombe sur une face blanche, il pourra relancer le dé. S'il présente des difficultés à lire les syllabes ou les lettres, l'adulte pourra l'aider ou le corriger.

Le jeu de loto quant à lui consistera pour l'enfant à retrouver sur une grille les cases correspondant à la syllabe ou la lettre évoquée par l'adulte (Annexe 12). Puis ce sera au tour de

l'enfant de prononcer une syllabe ou une lettre que l'expérimentateur devra trouver sur sa grille. Le but sera d'alterner afin de faire en sorte que l'enfant puisse reconnaître et prononcer les quatre syllabes ou lettres. Si une erreur est commise, une correction immédiate sera apportée.

Enfin, le but du jeu d'appariement pour le groupe Phonème sera de trouver l'initiale de chaque image présentée sur une grille (Annexe 13).

2.2.2. Entraînements : les séances 3 et 4

Les troisième et quatrième séances comprendront les mêmes activités que précédemment à l'exception du jeu d'appariement. Concernant la lecture de syllabes/lettres, les enfants réviseront directement les huit syllabes ou lettres vues auparavant. Cela se fera en trois fois, de la même manière que précédemment.

Un jeu de relais est également ajouté pour les deux groupes. L'enfant possédera quatre cartes et devra lire la syllabe ou la lettre (nom et son) présentée afin que l'adulte puisse aller chercher la carte correspondante plus loin dans la pièce. Après avoir vérifié la correspondance des cartes, les rôles pourront s'inverser (Annexe 14).

2.2.3. Entraînements : la dernière séance

Enfin, dans la cinquième séance réservée à la combinatoire, l'enfant apprendra à coder et décoder. Il devra fusionner deux sons présentés par l'adulte et prononcer la syllabe ou bien trouver les lettres correspondant à la syllabe dite par l'expérimentateur. Les erreurs seront corrigées immédiatement.

Ainsi, pour le groupe Syllabe, l'adulte présentera à l'enfant une syllabe et lui expliquera qu'elle est composée de deux parties, qui correspondent aux deux lettres qui la composent. Ensuite, l'enfant sera invité à trouver les deux lettres qui composent les autres syllabes.

Pour le groupe Phonème, l'adulte expliquera à l'enfant que deux lettres combinées forment une syllabe. L'expérimentateur prendra alors différentes lettres et fera l'assemblage devant l'enfant avant de l'inviter à évoquer quelle syllabe elles forment.

Les trois dernières séances (3, 4 et 5) se réaliseront lors de la deuxième semaine d'entraînement.

2.3. Analyses des résultats

Les données comportementales recueillies lors des phases de tests seront alors analysées. Nous retrouvons alors l'épreuve de lecture de lettres (8 items notés sur 12 : noms et sons des 4 consonnes, noms des 4 voyelles), l'épreuve de lecture de syllabes (16 items) et le test de suppression de phonème final (24 items). Pour toutes les épreuves, les enfants obtiendront un point par bonne réponse et zéro pour les réponses erronées ou absentes. Par rapport aux passations déjà effectuées les années précédentes, il a été admis que nous incluons dorénavant dans l'étude seuls les enfants obtenant un score inférieur ou égal à 8/16 à l'épreuve de lecture de syllabes (moins de 50 % de bonnes réponses) lors du pré-test. En effet, ce critère est un critère ajouté par rapport au protocole de départ car les précédents étudiants travaillant sur ce projet ont réalisé que les enfants ayant de bons résultats en lecture de syllabes pouvaient obtenir lors des EEG, des topographies compatibles avec la composante N170 pour les stimuli écrits, ce qui traduirait une spécialisation cérébrale pour l'écrit. Les scores aux tâches comportementales pourraient être ensuite analysés au moyen d'ANOVAs (analyse de la variance) avec les facteurs Groupe et Moment.

Les résultats obtenus lors des pré-tests (intelligence non verbale et données comportementales) pourraient nous permettre d'apparier les groupes afin de nous assurer que les résultats des EEG ne soient pas biaisés par des différences dans les compétences de base des enfants mesurées au départ.

Nous nous intéresserons ainsi par la suite aux topographies des EEG et à la mesure de l'amplitude de la composante N170. Les analyses pourront être effectuées au moyen d'ANOVAs avec comme variable indépendante inter-groupes le Groupe (Lettre, Syllabe), intra-groupes le Moment (Pré-test ; Post-test), le Type d'item (Syllabes, Consonnes, Symboles) et l'Hémisphère (gauche, droite). Cela nous permettra de déterminer les différences d'amplitude de la composante N170 entre les différents types d'items, le moment et les deux types d'entraînements.

Nous pourrons ainsi mettre en correspondance les résultats des tests comportementaux et de l'analyse du signal qui nous permettront de voir s'il existe un lien entre le type d'apprentissage et la spécialisation cérébrale pour l'écrit.

2.4. Mise à jour de l'expérimentation concernant la situation sanitaire due à la Covid-19

Cette année, nous n'avons malheureusement pas pu réaliser les expérimentations à cause de l'épidémie causée par la Covid-19 et du protocole sanitaire très strict appliqué aux écoles (fermetures fréquentes des établissements, gestes barrières...). Nous avons ainsi décidé de nous concentrer sur les données récoltées en 2020 par les autres étudiants ayant travaillé sur le projet. La situation sanitaire étant déjà impactée par la Covid-19 en 2020, le protocole expérimental explicité ci-dessus avait été modifié (désinfection du matériel, gants, masques, respect des gestes barrières...). Les passations avaient également été retardées et seulement deux sujets du groupe Syllabe avaient pu passer l'entièreté du protocole.

Résultats

1. Données comportementales

Les deux sujets retenus faisant partie du groupe Syllabe, nous n'avons pas pu effectuer de comparaisons entre les deux groupes : nous comparerons leurs résultats en fonction du moment. Nous n'effectuerons pas d'ANOVAs, également en raison du faible nombre de participants.

1.1. Participant 1

Le premier participant inclus dans l'étude l'année dernière était une jeune fille droitrière âgée de cinq ans et cinq mois de langue maternelle française. Ses parents étaient commerçants (niveau d'études BEP pour la maman et BAC+6 pour le papa). La jeune fille faisait partie du groupe Syllabe (matrice 1). Les résultats obtenus aux pré et post-tests sont détaillés dans le tableau ci-dessous (Tableau 1) :

Tableau 1. Scores du participant 1 aux pré et post-tests comportementaux.

Tâches	Pré-test	Post-test
Noms des voyelles	4/4	4/4
Noms des consonnes	4/4	4/4
Sons des consonnes	4/4	4/4
Total score lecture de lettres	12/12	12/12
Lecture de syllabes apprises	7/8	8/8
Lecture de syllabes non apprises	8/8	8/8
Total score lecture de syllabes	15/16	16/16
Conscience phonologique syllabes apprises	2/8	8/8
Conscience phonologique syllabes non apprises	0/8	8/8
Conscience phonologique syllabes nouvelles	0/8	6/8
Total score conscience phonologique	2/24	22/24

Les résultats au pré-test démontrent que la jeune fille avait déjà un bon niveau en lecture de syllabes car elle a obtenu un score de 15/16. Il est important de rappeler que ce n'est qu'après ces passations qu'il a été décidé d'inclure dans l'étude seulement les participants obtenant un score inférieur ou égal à 8/16 pour cette tâche. Cependant, nous pouvons observer que la conscience phonologique de la participante était très faible (2/24) : c'est pourquoi il semblait intéressant de la conserver dans l'étude et d'analyser ses données.

Ainsi, lors du post-test, nous remarquons que la jeune fille s'est grandement améliorée en conscience phonologique : son score a augmenté d'environ 83 %. Elle réussit totalement les épreuves des syllabes apprises et non apprises et commet deux erreurs pour les nouvelles syllabes.

1.2. Participant 2

Le deuxième participant inclus dans l'étude l'année dernière était un garçon droitier âgé de cinq ans et un mois avec pour langue maternelle le français et le soussou (langue parlée en Afrique de l'Ouest). Son père était agent de sécurité (niveau d'études BAC+2) et sa mère était femme au foyer (niveau d'études BAC). Ce jeune garçon faisait partie du groupe Syllabe (matrice 2). Les résultats obtenus aux pré et post-tests sont détaillés dans le tableau ci-dessous (Tableau 2) :

Tableau 2. Scores du participant 2 aux pré et post-tests comportementaux.

Tâches	Pré-test	Post-test
Noms des voyelles	4/4	4/4
Noms des consonnes	4/4	4/4
Sons des consonnes	4/4	4/4
Total score lecture de lettres	12/12	12/12
Lecture de syllabes apprises	0/8	5/8
Lecture de syllabes non apprises	0/8	0/8
Total score lecture de syllabes	0/16	5/16
Conscience phonologique syllabes apprises	4/8	8/8
Conscience phonologique syllabes non apprises	4/8	8/8
Conscience phonologique syllabes nouvelles	7/8	8/8
Total score conscience phonologique	15/24	24/24

Si nous pouvions observer lors du pré-test que le participant connaissait les noms et sons des lettres présentées, il échouait cependant aux épreuves de lecture de syllabes, avec un score global de 0/16. Nous constatons également qu'il possédait déjà des compétences en conscience phonologique car il obtenait un score supérieur à la moyenne (~ 62 % de réussite).

Lors du post-test, nous remarquons que le participant s'est amélioré en lecture de syllabes seulement pour celles apprises lors de l'entraînement. Il échoue ainsi à la lecture de syllabes de l'autre matrice. Cependant, nous notons une nette amélioration concernant la conscience phonologique avec une totale réussite lors des épreuves présentées en post-test, augmentant ainsi son score d'environ 38 % par rapport au pré-test.

2. Données électrophysiologiques : topographies de la composante N170

En raison du nombre limité de participants qui ont été recrutés, nous allons seulement décrire les topographies qui correspondent à la distribution du voltage sur le scalp. Cette dernière peut être observée en fonction du moment de traitement de l'information. Par exemple, autour de 100 millisecondes après la présentation d'un stimulus visuel, on s'attend à observer la topographie de la composante P100, qui correspond au traitement visuel de base de l'information. Cette topographie est caractérisée par une positivité postérieure. Autour de 150-250 millisecondes après la présentation d'un stimulus visuel, on s'attend à observer la topographie de la composante N170. La topographie caractéristique de la N170 présente une négativité postérieure maximale à gauche pour les stimuli écrits. Il est alors possible de comparer la topographie de la composante N170 en fonction des stimuli traités (séquences de syllabes, de consonnes ou de symboles), du groupe d'entraînement et du moment (pré/post-test). Le voltage positif est représenté en rouge et le voltage négatif en bleu : plus la couleur est intense, plus l'amplitude est grande.

2.1. Participant 1

La figure 2 représente les topographies obtenues par la première participante. Lors du pré-test, nous observons ainsi une topographie représentative de la composante N170 à 250 millisecondes. La jeune fille présentait déjà une négativité postérieure davantage accentuée pour les consonnes et les syllabes par rapport aux symboles.

Si nous remarquons lors du post-test que la négativité postérieure est moins marquée pour les trois types de stimuli par rapport au pré-test, elle est tout de même davantage marquée pour les syllabes et les consonnes par rapport aux symboles.

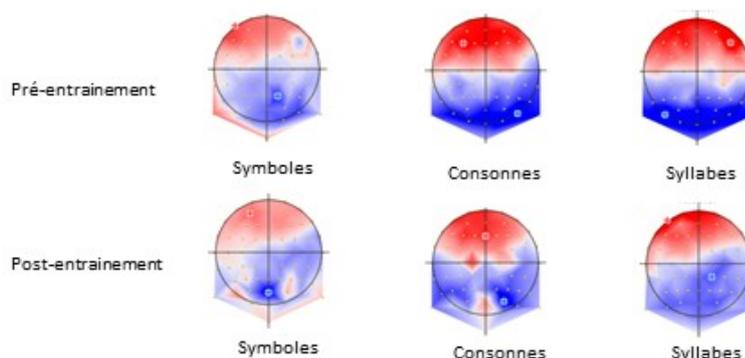


Figure 2. Topographies de la N170 à 250ms du participant 1.

2.2. Participant 2

La figure 3 représente les topographies obtenues par le deuxième participant. Lors du pré-test, nous n'observons pas de négativité postérieure pour les syllabes et les symboles : nous notons même une positivité postérieure à 250 millisecondes. Nous relevons cependant une légère négativité postérieure pour les consonnes, assimilable à la topographie de la composante N170.

Après les entraînements, nous observons une négativité postérieure davantage marquée à 250 millisecondes pour les consonnes et les syllabes contrairement à la condition symboles. La condition syllabes est toutefois la condition la plus marquée.

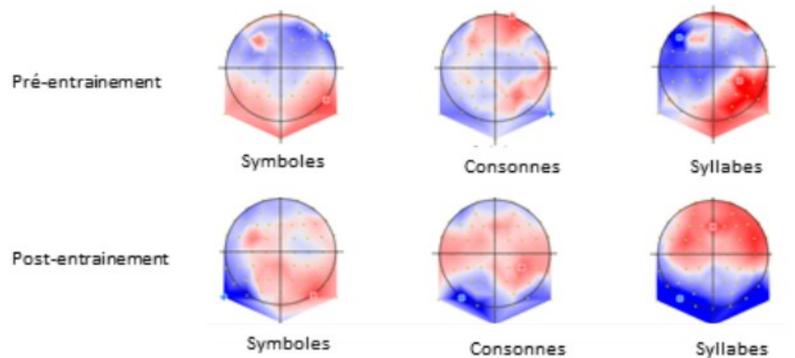


Figure 3. Topographies de la N170 à 250ms du participant 2.

3. Données d'amplitudes : ce que l'on aurait pu observer

Les données d'amplitudes sont exploitables à partir d'une dizaine de sujets. N'ayant pas assez de participants dans notre étude, nous allons tout de même nous intéresser à la manière dont ces données auraient pu être analysées et aux éventuels résultats que l'on aurait pu observer.

Nous aurions pu ainsi analyser l'amplitude de la composante N170. Ces analyses pourraient être effectuées au moyen d'ANOVAs (analyse de la variance) avec comme facteurs le Groupe (Lettre, Syllabe), le Moment (Pré-test ; Post-test), le Type d'item (Syllabes, Consonnes, Symboles) et l'Hémisphère (gauche, droite).

Si notre hypothèse est confirmée, nous pourrions observer des effets d'interactions entre le Groupe, le Moment et le Type d'item (interaction Groupe*Moment*Type d'item). Cette interaction traduirait le fait que l'effet du type d'item (i.e., une plus large amplitude de la composante N170 pour les consonnes et les syllabes par rapport aux symboles) s'observerait pour le post-test uniquement et serait plus important dans le groupe Syllabe par rapport au groupe Phonème. Ainsi, si l'on confirme notre hypothèse, l'entraînement centré sur les unités syllabiques permettrait de développer davantage la spécialisation cérébrale pour l'écrit par rapport à un entraînement axé sur les phonèmes.

Si notre hypothèse n'est pas confirmée, nous retrouverions une interaction entre le Moment et le Type de stimuli, avec une plus forte amplitude de la composante N170, après les entraînements, pour les conditions syllabes et consonnes par rapport aux symboles mais on ne retrouverait pas de différence entre les deux groupes d'entraînement.

Discussion

L'objectif de ce projet est de déterminer l'unité phonologique qui permet au mieux de développer une spécialisation cérébrale pour l'écrit (en développant les connaissances dans les liens lettres-sons, qui sont un prérequis à la lecture). Pour cela, il est également important de comprendre la progression de la spécialisation cérébrale pour le langage écrit grâce aux données électroencéphalographiques qui ont été récoltées.

Ce mémoire visait ainsi à comparer deux groupes d'enfants pré-lecteurs ayant suivi deux entraînements différents : un entraînement lettre-phonème et un entraînement lettres-syllabe. Notre hypothèse est que l'amplitude de la composante N170 serait plus ample pour des stimuli écrits par rapport aux séquences de symboles après les entraînements mais pas avant. Cet effet devrait être plus important pour le groupe Syllabe que le groupe Phonème.

Les conditions sanitaires actuelles (Covid-19) n'ont malheureusement pas permis d'obtenir le nombre de participants espéré : seuls deux participants faisant partie du groupe Syllabe ont été recrutés par les étudiants travaillant sur ce projet l'année dernière. Nous n'avons alors pas pu comparer les performances des deux groupes d'enfants, mais nous allons tout de même discuter des résultats préliminaires obtenus.

1. Interprétation des résultats préliminaires obtenus

1.1. Effet bénéfique de l'entraînement sur la conscience phonémique

Pour la première participante, les résultats démontrent un effet bénéfique de l'entraînement sur la conscience phonémique ainsi que la lecture de syllabes après l'entraînement centré sur l'unité syllabique. En effet, lors du pré-test, il est important de rappeler que la jeune fille semblait déjà lectrice mais obtenait cependant un score faible lors des épreuves de conscience phonémique. Nous observons également en post-test que la jeune fille généralise en partie les compétences acquises en conscience phonémique car elle obtient le score maximal pour les syllabes apprises et non apprises mais également un très bon score pour les syllabes nouvelles composées de consonnes non travaillées pendant les entraînements.

Le deuxième participant quant à lui avait échoué lors du pré-test aux épreuves de lecture de syllabes mais possédait cependant quelques compétences en conscience phonologique. Lors du post-test, nous remarquons que l'entraînement a eu un effet bénéfique sur la lecture de syllabes apprises : le jeune garçon ne semble toutefois pas avoir généralisé l'apprentissage car il échoue aux items de syllabes non apprises. Nous notons également une nette amélioration concernant la conscience phonologique avec une totale réussite lors des épreuves présentées en post-test.

Ainsi, l'entraînement semble avoir été propice au développement de la conscience phonologique chez ces deux participants.

Nous pouvons ainsi relier nos résultats à ceux obtenus dans l'étude de Vazeux et al. (2020). Pour rappel, leur étude portait sur 222 pré-lecteurs francophones divisés en deux groupes, ayant participé à deux programmes d'apprentissages différents : lettres-syllabe et lettre-phonème. Tout d'abord, les enfants faisant partie du groupe Syllabe obtenaient de meilleurs résultats en post-test lors de l'épreuve lecture de syllabes par rapport au groupe Phonème. Cependant, Vazeux et al.

(2020) précisent que ce résultat paraît « normal » car ces enfants ont été entraînés spécifiquement pour cette tâche. Nous retrouvons ainsi ce résultat dans notre étude, particulièrement pour le deuxième participant qui obtient un score nettement meilleur en lecture de syllabes lors du post-test.

Concernant la conscience phonémique, leur étude démontre qu'elle augmente davantage dans le groupe Syllabe par rapport au groupe Phonème. Afin d'étudier plus précisément le développement de la conscience phonémique, Vazeux et al. (2020) avaient divisé leur cohorte en quatre groupes, en fonction des connaissances initiales des enfants. Dans leur étude, le sous-groupe ayant une faible conscience phonémique et une connaissance élevée du nom des lettres obtenait des résultats nettement meilleurs en conscience phonémique s'ils étaient entraînés avec des syllabes par rapport au groupe entraîné avec les phonèmes. Également, le sous-groupe ayant au départ une bonne conscience phonémique et une bonne connaissance du nom des lettres obtenait également de meilleurs résultats en conscience phonémique s'ils étaient entraînés avec l'unité syllabique. Ainsi, ces résultats correspondent respectivement avec les résultats obtenus par les deux participants de notre étude (participant 1 pour le premier sous-groupe et participant 2 pour le deuxième sous-groupe).

Les enfants ayant une bonne connaissance du nom des lettres pourraient alors améliorer leurs compétences en conscience phonémique après un apprentissage des correspondances lettres-syllabe, quel que soit leur niveau initial. Également, de faibles compétences en conscience phonémique ne semblent pas empêcher un début de développement de la lecture.

Les données préliminaires de notre étude semblent ainsi concorder avec l'étude de Vazeux et al. (2020) et nos résultats semblent aller dans le sens de notre hypothèse : l'entraînement aux correspondances lettres-sons via l'unité syllabique permettrait de développer au mieux les compétences en conscience phonémique par rapport à un entraînement centré sur le phonème.

Cependant, nous ne possédons pas encore de résultats d'enfants faisant partie du groupe Phonème dans notre étude : nous ne pouvons donc pas réaliser de comparaisons plus précises pour le moment. Nous n'avons également pas de participant pouvant correspondre aux deux autres profils établis par Vazeux et al. (2020) : enfants ayant une faible conscience phonémique et une faible connaissance du nom des lettres ou enfants possédant une bonne conscience phonémique mais une faible connaissance des lettres.

1.2. Analyse de la composante N170

Pour la première participante, nous avons observé sur les topographies de l'EEG (intervalle de la composante N170), une négativité postérieure marquée pour les consonnes et les syllabes par rapport aux symboles dès le pré-test. Cela confirme ainsi le bon niveau de la participante en lecture de syllabes, déjà observé lors du recueil des données comportementales. La jeune fille pourrait alors être considérée comme déjà lectrice même avant d'avoir participé aux entraînements. Cependant, nous observons une réduction des négativités postérieures à l'intervalle de la N170 au post-test pour les trois conditions. La condition syllabes est cependant la condition où les négativités postérieures sont les plus importantes. Ce patron de résultat pourrait s'expliquer avec l'étude de Maurer et al. (2006) qui a démontré que l'amplitude de la composante N170 diminue à long terme, par rapport aux enfants en cours d'apprentissage de la lecture. En effet, cette patiente étant déjà lectrice,

l'entraînement a pu renforcer davantage sa sensibilité aux stimuli écrits et nous observons alors une diminution des négativités postérieures lors du post-test.

Le deuxième participant n'était quant à lui, pas lecteur lors du pré-test mais présentait de bonnes capacités en conscience phonémique. Cela pourrait expliquer la présence lors du pré-test, d'une topographie négative postérieure de faible amplitude seulement pour la condition des consonnes. Les topographies observées pour les conditions syllabes et symboles au pré-test ne semblent pas correspondre à la topographie de la composante N170. Toutefois, lors du post-test, nous avons pu apercevoir des topographies compatibles avec la composante N170 pour les conditions syllabes et consonnes. Cela pourrait nous indiquer que l'entraînement a amorcé un mécanisme de spécialisation cérébrale pour l'écrit chez ce participant. Ce résultat va dans le sens de notre hypothèse, qui suppose qu'un entraînement des correspondances lettres-syllabe serait bénéfique pour la mise en place de la spécialisation cérébrale pour l'écrit.

2. Limites et ouvertures de l'étude

La situation sanitaire liée à l'apparition de la Covid-19 nous a contraint de ralentir les expérimentations. En 2020, les personnes travaillant sur ce projet ont pu recruter seulement deux sujets ayant pu passer entièrement le protocole et nous n'avons pas pu en recruter cette année. Nous avons cette année traité les données récoltées l'année dernière. Le nombre de participants pour cette étude est alors trop faible pour permettre d'exploiter pleinement les résultats : il sera ainsi nécessaire de poursuivre ce projet afin de recruter davantage de sujets et d'obtenir plus de résultats. De plus, les deux sujets faisaient partie du groupe Syllabe : nous n'avons alors pas pu comparer l'effet de deux entraînements différents sur l'apprentissage de la lecture et la spécialisation cérébrale pour l'écrit. De plus, nous n'avons pas pu effectuer les analyses de la variance (ANOVAs) : notre analyse reste donc descriptive et n'apporte pas de validité scientifique, même si nos résultats préliminaires semblent aller dans le sens de nos hypothèses et de celles de Vazeux et al. (2020).

Nous avons cependant pu observer que les participants en grande section de maternelle pouvaient déjà avoir une sensibilité particulière aux stimuli écrits. En effet, nous savons que ces enfants peuvent déjà posséder des prérequis à la lecture comme la conscience phonémique (Melby-Lervåg et al., 2012) ou la connaissance du nom et du son des lettres (Foulin & Pacton, 2006). Nous avons ainsi observé ces prérequis lors des résultats aux tests comportementaux et lors de l'analyse de la composante N170 chez les enfants. Ici, le profil des deux sujets était différent : les deux sujets avaient une connaissance élevée du nom et du son des lettres, mais la première participante pouvait déjà être considérée comme lectrice car elle obtenait de bons résultats en lecture de syllabes. Elle obtenait cependant de faibles résultats en conscience phonémique. Le deuxième sujet avait quant à lui obtenu un assez bon score en conscience du phonème mais des résultats faibles en lecture de syllabes. Alors, nous avons inclus une participante déjà lectrice contrairement à ce qui est maintenant indiqué par le protocole. En effet, le critère de sélection a changé par rapport à l'année dernière et un seuil est maintenant fixé pour les tests comportementaux de lecture de syllabes. Cependant, comme cette participante possédait une faible conscience du phonème, cela nous a permis d'observer ses progrès lors des tests comportementaux ainsi que l'évolution des topographies liées à la N170 après les entraînements. Ainsi, il serait intéressant dans cette étude de créer des sous-groupes de sujets en fonction de leurs connaissances de base, tout comme dans

l'étude de Vazeux et al. (2020), et d'apparier les sujets des deux groupes en fonction de ces connaissances initiales. Cela permettrait de procéder à une analyse complémentaire à celle de Vazeux et al. (2020) : celle concernant des différences de spécialisation de la composante N170 pour l'écrit pour chacun des sujets en fonction de leur groupe d'entraînement et de leur sous-groupe.

Enfin, le protocole prévoit une cinquième séance d'entraînement dédiée à la combinatoire. Lors de cette séance pour le groupe Syllabe, l'enfant serait invité à trouver par lui-même les deux lettres qui composent différentes syllabes. Pour le groupe Phonème, l'enfant est invité à évoquer la syllabe formée par deux lettres différentes. En discutant avec Madame Vazeux qui travaille sur ce projet, nous nous demandions si cette séance ne pourrait pas influencer les résultats des groupes lors des post-tests comportementaux. En effet, ces enfants pourraient obtenir de meilleurs résultats car ils auraient travaillé avec des unités phonémiques couplées à l'unité de la syllabe. Cette séance pourrait également influencer les résultats des EEG pour les deux groupes. Ainsi, cette séance pourrait être supprimée ou bien remplacée par une séance où l'on répéterait tous les jeux effectués auparavant.

3. Apports de cette étude à la pratique orthophonique

3.1. La dyslexie développementale

L'orthophoniste est amené à travailler avec des enfants présentant des difficultés d'apprentissage de la lecture. Face à une difficulté sévère, il se pose alors la question d'un diagnostic de dyslexie développementale. La classification internationale du DSM-5 évoque aujourd'hui le terme de « trouble spécifique de l'apprentissage de la lecture ». Ainsi, un certain nombre de critères doivent être présents afin de diagnostiquer un trouble spécifique de la lecture : une difficulté d'apprentissage depuis au moins six mois (commençant durant les années d'école) entraînant un décalage par rapport aux performances attendues pour l'âge de l'enfant, un retentissement à l'école et dans la vie quotidienne et enfin une absence de troubles susceptibles d'expliquer ces difficultés (déficience intellectuelle, troubles sensoriels, troubles neurologiques ou mentaux...)

3.1.1. L'hypothèse phonologique de la dyslexie

La théorie explicative la plus robuste concernant la dyslexie est la théorie phonologique. D'après Sprenger-Charolles et Serniclaes (2008), l'un des arguments sous-tendant cette théorie est que la lecture se met en place après le langage oral au cours de la phylogenèse et de l'ontogenèse. L'enfant se base ainsi sur ses connaissances en langage oral pour apprendre à lire. De plus, la lecture reste une activité langagière où le lecteur oralise les mots qu'il perçoit visuellement : c'est le décodage grapho-phonémique. D'après cette hypothèse, la dyslexie serait définie par une difficulté sévère d'acquisition de la procédure sublexicale d'identification des mots écrits (i.e., la procédure phonologique). Cette difficulté serait due à une faiblesse dans les compétences phonologiques en dehors de la lecture (analyse phonémique et mémoire à court-terme phonologique). En effet, des difficultés dans les compétences phonologiques se répercutent sur le décodage car celui-ci nécessite de mettre en correspondance les graphèmes avec les phonèmes de la langue (analyse phonémique) et de les assembler afin de former les mots (mémoire phonologique). En effet, Rack et al. (1992)

démontrent dans leur revue de littérature que deux tiers des études qui comparent des sujets dyslexiques à des normo-lecteurs (de même niveau de lecture) mettent en évidence des difficultés intrinsèques aux sujets dyslexiques pour la lecture de pseudo-mots.

Par ailleurs, certaines études longitudinales démontrent l'existence de déficits phonologiques chez de futurs sujets dyslexiques, avant l'apprentissage de la lecture. C'est le cas de l'étude de Sprenger-Charolles et al. (2000) qui ont relevé des scores inférieurs chez de futures personnes dyslexiques par rapport aux normo-lecteurs lors d'une épreuve d'analyse phonémique (suppression du premier phonème de pseudo-mots) : les enfants étaient suivis depuis l'âge de cinq ans avant le début de l'apprentissage de la lecture. Bruck (1992) a également examiné les capacités de conscience phonologique d'enfants dyslexiques, de bons lecteurs mais également d'adultes ayant reçu un diagnostic de dyslexie durant l'enfance : les enfants dyslexiques obtiennent des résultats plus faibles en conscience phonémique par rapport aux bons lecteurs du même âge ou du même niveau de lecture. De plus, les résultats observés chez les adultes dyslexiques démontrent que cette capacité ne se développe presque pas au fil des années même si leurs compétences en lecture augmentent.

Ainsi, les arguments en faveur de l'origine phonologique de la dyslexie sont nombreux, ce qui fait de la théorie phonologique l'hypothèse la plus retenue aujourd'hui.

Si les sujets dyslexiques présentent un déficit en phonologie et plus particulièrement en conscience phonémique, nous pouvons nous demander si les unités syllabiques pourraient favoriser chez eux l'apprentissage de la lecture et l'identification des mots écrits comme le suggère l'hypothèse du pont syllabique de Doignon et Zagar (2014).

Ainsi, un entraînement centré sur la syllabe, comme le propose notre étude, pourrait-il leur être bénéfique et améliorer leur conscience phonémique ?

3.1.2. Un entraînement grapho-syllabique pour les enfants dyslexiques ?

Du fait de la présence de troubles phonologiques chez les sujets dyslexiques, Colé et Sprenger-Charolles (1999) se sont demandé quelles unités pouvaient être impliquées dans le traitement phonologique pour l'identification de mots écrits.

Ils se sont ainsi basés sur l'expérience de Colé et al. (1999) qui avaient proposé à des enfants de CP et à des adultes d'effectuer une tâche de détection de phonème en début de mots. Les sujets devaient alors décider si une cible de type CV (i.e., Consonne-Voyelle) ou CVC (i.e., Consonne-Voyelle-Consonne) était présente ou non au début d'un mot présenté : les cibles pouvaient correspondre ou non à la première syllabe du mot. Il était ainsi observé chez le lecteur expert un effet de compatibilité syllabique (détection plus rapide lorsque la cible correspondait à la première syllabe du mot) pour les mots peu fréquents. Concernant les mots fréquents, un effet de longueur était observé (détection plus rapide pour les cibles CV par rapport à CVC) : cela traduirait un traitement orthographique de la cible. L'effet de compatibilité syllabique n'était pas forcément visible chez les enfants de CP à l'exception des enfants déjà lecteurs en fin d'année scolaire (la fréquence du mot n'avait alors pas d'impact dans la détection des cibles). L'hypothèse de Colé et Sprenger-Charolles (1999) était que les sujets dyslexiques, de par leur déficit phonologique, effectueraient plutôt la tâche lettre par lettre, sans avoir recours aux unités syllabiques.

Dans leur expérience, Colé et Sprenger-Charolles (1999) ont constitué 3 groupes d'enfants appariés au niveau de l'âge (11 ans en moyenne) et au niveau de l'intelligence non verbale

(matrices de Raven) : un groupe contrôle, obtenant un âge lexical moyen de 138 mois, un groupe d'enfants ayant entre 1 et 2 ans de retard de lecture (111,5 mois d'âge lexical en moyenne) et enfin, un groupe d'enfants dyslexiques ayant au moins 2 ans de retard de lecture (âge moyen lexical de 97 mois). Le matériel était constitué de cibles CV ou CVC et de paires de mots possédant les mêmes trois premières lettres. Par exemple, le mot « garage » possède une première syllabe de type CV (« ga ») et le mot « garçon » possède une première syllabe de type CVC (« gar »). Les cibles pouvaient ou non, former la première syllabe des mots présentés par la suite. Ainsi, la cible « GAR » présente une congruité syllabique avec le mot « garçon » et non avec le mot « garage ». Enfin, les enfants devaient dire si les cibles correspondaient ou non au début des mots présentés.

Pour les enfants du groupe contrôle, un effet de compatibilité syllabique est observé pour les mots peu familiers tout comme un effet de longueur pour les mots plus fréquents. Ainsi, ces enfants ont traité les cibles à partir des unités phonologiques syllabiques pour les mots peu familiers et de manière orthographique pour les mots fréquents (lettre par lettre).

À l'inverse, chez les enfants possédant un retard en lecture de moins de deux ans, nous apercevons l'effet de congruité syllabique pour les mots familiers ainsi qu'un effet de longueur pour les mots moins familiers. Ces enfants traitent ainsi les mots plus familiers à partir des unités phonologiques syllabiques : cela s'explique par la présence d'un retard dans la mise en place d'un traitement phonologique à l'écrit. Concernant l'effet de longueur, l'hypothèse la plus probable est qu'il soit dû à un traitement phonémique basé sur les correspondances grapho-phonémiques. Encore une fois, cela s'explique par un retard dans l'utilisation de ces procédures chez ces enfants.

Enfin, il est constaté chez les sujets dyslexiques seulement un effet de longueur de la cible, quel que soit le niveau de fréquence d'utilisation des mots. Ainsi, ces sujets effectuent probablement cette tâche de manière visuo-orthographique : la compatibilité syllabique n'est jamais observée et l'effet de longueur constamment présent témoigne de l'utilisation d'une voie orthographique.

Les résultats de cette étude démontrent que les enfants dyslexiques ne traitent pas les mots écrits en se basant sur les unités syllabiques mais utilisent plutôt une procédure visuo-orthographique lettre par lettre, ce qui pourrait être dû à leur déficit phonologique.

Ce phénomène est également observé dans l'étude de Doignon et al. (2012) qui visait à évaluer les capacités de traitement orthographique et phonologique chez des sujets dyslexiques en comparaison à des enfants témoins de même niveau de lecture. Les auteurs ont utilisé le paradigme des conjonctions illusives pour mener leur expérience. Dans la condition congruente, la frontière orthographique des pseudo-mots correspondait avec la frontière syllabique (e.g., BI/*MIR, avec une fréquence d'association des lettres « bi » et « mi » supérieure à celle des lettres « im », ce qui favorise la perception des unités syllabiques), alors que dans la condition incongruente, les frontières ne coïncidaient pas (e.g., RO/N*ER). La frontière orthographique étant marquée par un astérisque et la frontière syllabique par une barre oblique dans les exemples. Les sujets devaient alors rapporter la couleur d'une lettre cible dans des pseudo-mots écrits en deux couleurs différentes, la frontière des couleurs pouvant correspondre ou non, aux frontières syllabiques ou orthographiques. On observe ainsi que les enfants témoins commettent largement plus d'erreurs de préservation que de violation de la syllabe dans la condition congruente et que cet effet se réduit dans la condition incongruente. Cela laisse suggérer que ces enfants traitent les mots écrits grâce aux propriétés orthographiques (redondance orthographique) mais également grâce aux unités syllabiques. En revanche, les enfants dyslexiques ont commis plus d'erreurs de violation que de préservation de la syllabe dans la condition conflictuelle par rapport à la condition congruente. Par

exemple, dans le pseudo-mot « roner » pour lequel les frontières ne correspondent pas (i.e., RO/N*ER), ces sujets auraient pu faire l'erreur d'affecter à la lettre « n » la couleur bleue : la frontière syllabique est rompue mais ce n'est pas le cas pour la frontière orthographique qui est ainsi préservée.

Cela révèle que les sujets dyslexiques seraient davantage sensibles aux propriétés orthographiques des mots : ils présenteraient alors une altération de l'accès aux unités syllabiques à partir des lettres et ne se baseraient pas sur les syllabes pour le traitement des mots écrits.

Ainsi, un entraînement grapho-syllabique pour l'apprentissage de la lecture comme proposé dans notre étude ne serait pas forcément bénéfique pour les sujets dyslexiques.

Cependant, ce type d'entraînement pourrait être réellement pertinent pour les enfants présentant un retard d'apprentissage de la lecture, qui eux, semblent se baser sur les unités syllabiques lors du traitement des mots écrits. L'hypothèse du pont syllabique pourrait alors être vérifiée pour ces enfants ayant un retard et des difficultés dans l'identification des phonèmes.

3.2. Le cas des sujets atteints d'un trouble spécifique du langage oral

Nous remarquons ainsi que le langage oral et le langage écrit sont fortement liés. Nous pouvons alors nous demander dans quelles mesures un enfant présentant un trouble spécifique du langage oral (TSLO) pourrait présenter des difficultés d'acquisition du langage écrit et plus spécifiquement de la lecture.

Tout d'abord, l'étude de Claessen et Leitão (2012) a notamment permis d'explorer les capacités phonologiques chez les enfants atteints de TSLO en comparaison avec des enfants appariés en âge mais également en niveau de langage. Leurs résultats démontrent que le groupe d'enfants apparié en âge obtient de meilleurs résultats sur toutes les tâches phonologiques par rapport au groupe d'enfants avec un TSLO. Également, ils démontrent que les enfants avec un TSLO obtiennent des résultats en deçà de ce qui était attendu pour la tâche de « qualité des représentations phonologiques » (jugement de l'exactitude de la production d'un mot multi-syllabique) par rapport aux enfants ayant le même niveau de langage. Cela révèle ainsi de faibles représentations phonologiques pour les enfants avec un TSLO.

Les capacités phonologiques étant un prérequis à l'acquisition de la lecture, les enfants présentant un TSLO pourraient alors avoir des difficultés à entrer dans le langage écrit et plus particulièrement dans la lecture.

La revue de littérature de McArthur et al. (2000) nous rapporte que le pourcentage d'enfants ayant un TSLO et présentant des difficultés de lecture varie de 12,5 à 85%. Cette estimation étant assez large, les auteurs ont effectué des analyses supplémentaires concernant les scores en lecture de 102 enfants atteints de TSLO. Leurs résultats démontrent notamment que 51 % des enfants présentant un TSLO sont également touchés par des difficultés de lecture.

Cela nous amène à la question suivante : les enfants présentant un trouble spécifique du langage oral pourraient-ils bénéficier d'un entraînement grapho-syllabique afin d'améliorer leurs compétences en conscience phonémique et par conséquent, favoriser leur entrée dans la lecture ?

Sanchez et al. (2007) ont comparé les performances d'enfants avec un TSLO à celles d'enfants au développement normal du langage grâce à une tâche de dénomination d'unité commune (soit la syllabe, soit le phonème) entre deux mots énoncés à l'oral. Ils ont ainsi observé

que les performances des deux groupes d'enfants étaient supérieures dans le traitement des syllabes par rapport au traitement des phonèmes pour les classes de grande section de maternelle et de CP.

Ainsi, il semblerait qu'un entraînement grapho-syllabique soit pertinent pour les enfants présentant un TSLO car ils utilisent le traitement syllabique. En effet, cela pourrait leur permettre d'améliorer leurs compétences en conscience phonologique, indispensables pour l'apprentissage de la lecture.

Conclusion

L'acquisition de la lecture se base sur le principe alphabétique et nécessite d'effectuer les correspondances entre les graphèmes et les phonèmes de la langue. Le modèle le plus communément utilisé afin d'observer les processus impliqués dans la lecture est le modèle à double voie notamment décrit par Coltheart et al. (2001). Il postule que l'apprenti lecteur utilise la voie phonologique au début de son apprentissage et automatise sa lecture grâce à la voie lexicale.

De nombreux auteurs ont centré leurs recherches sur les mécanismes impliqués dans l'apprentissage de la lecture et ont ainsi démontré que l'apprentissage des correspondances grapho-phonémiques engendrait une spécialisation de la composante N170 pour le traitement du langage écrit : c'est l'hypothèse du mapping phonologique proposée par McCandliss et Noble (2003). Cette hypothèse est soutenue par les recherches de Brem et al. (2010) qui démontrent que la sensibilité aux stimuli écrits émerge bien au cours de l'apprentissage des correspondances graphèmes-phonèmes chez des enfants pré-lecteurs. Le phonème étant l'unité maîtresse de ces recherches, nous nous sommes ainsi intéressés au rôle de la syllabe dans l'apprentissage de la lecture.

En effet, Liberman et al. (1974) ont démontré que les enfants pré-lecteurs traitaient plus facilement les unités syllabiques à l'oral par rapport aux unités phonémiques. De plus, Doignon et Zagar (2014) ont soumis l'hypothèse du pont syllabique qui postule que les enfants pré-lecteurs seraient davantage sensibles aux unités syllabiques dans le début de l'apprentissage de la lecture par rapport aux phonèmes. Par ailleurs, le modèle DIAMS met en avant le rôle des unités syllabiques dans l'acquisition des correspondances grapho-phonémiques. L'étude de Vazeux et al. (2020) est également au centre de notre projet : les auteurs ont fait l'hypothèse qu'un entraînement grapho-syllabique pouvait améliorer la conscience phonémique des enfants pré-lecteurs. Les résultats de leurs recherches vont dans le sens de leur hypothèse en démontrant que les enfants ayant déjà connaissance du nom des lettres obtenaient de meilleurs résultats en conscience phonémique s'ils étaient entraînés avec les unités syllabiques contrairement à un entraînement phonémique.

À la lumière de ces informations, nous avons fait l'hypothèse qu'un entraînement avec les unités syllabiques pouvait effectivement participer au développement de la conscience phonémique mais également permettre l'émergence d'une spécialisation cérébrale davantage marquée pour les stimuli écrits par rapport à un entraînement centré sur les unités phonémiques. Afin de poursuivre les recherches de Vazeux et al. (2020), le but de notre projet était également d'effectuer des mesures comportementales afin de comparer l'effet de deux apprentissages différents sur la conscience phonémique (un groupe d'enfants suivant un entraînement lettre-phonème et l'autre groupe un entraînement lettres-syllabe) mais aussi de comparer la mise en place d'une spécialisation cérébrale pour l'écrit auprès de ces deux groupes d'enfants pré-lecteurs.

Malheureusement, la situation sanitaire actuelle ne nous a pas permis d'obtenir un nombre suffisant de participants et seulement deux sujets faisant partie du même groupe (le groupe Syllabe)

ont pu être recrutés en 2020. Nous avons donc analysé les données récoltées l'année dernière par les autres personnes travaillant sur ce projet. Les résultats préliminaires de notre étude semblent concorder avec l'étude de Vazeux et al. (2020) : l'entraînement à la lecture par le biais des unités syllabiques permettrait de développer au mieux les compétences en conscience phonémique par rapport à un entraînement centré sur le phonème. Concernant la spécialisation cérébrale pour l'écrit, nous avons pu apercevoir après les entraînements des topographies compatibles avec la composante N170 pour les stimuli écrits pour le sujet qui n'était pas encore lecteur. Cela semble aller dans le sens de notre hypothèse : l'entraînement axé sur les unités syllabiques serait favorable à une mise en place de la spécialisation cérébrale pour l'écrit.

Enfin, ce projet pourrait être intéressant pour la pratique orthophonique. En effet, si les sujets dyslexiques ne semblent pas bénéficier de l'unité syllabique pour traiter les mots écrits, c'est le cas pour les enfants présentant un retard dans l'apprentissage de la lecture. Une rééducation basée sur la syllabe pourrait ainsi leur être bénéfique afin d'améliorer leur conscience phonémique et de faciliter leur entrée dans la lecture. Le langage oral et le langage écrit étant étroitement liés, les patients atteints d'un trouble spécifique du langage oral semblent avoir plus de risques de présenter un trouble de la lecture. Par ailleurs, ceux-ci semblent avoir plus de facilité à traiter la syllabe à l'oral par rapport au phonème. Ainsi, notre hypothèse pourrait entraîner les orthophonistes à utiliser avec ces enfants l'unité syllabique afin de stimuler au mieux un prérequis essentiel à l'apprentissage de la lecture : la conscience phonologique.

Bibliographie

- Adams, M. J. (1981). What good is orthographic redundancy ? In O. J. L. Tzeng & H. Singer (ed.), *Perception of print: reading research in experimental psychology* (1st éd., vol. 28, p. 197–221). Hillsdale, NJ : Erlbaum.
- Alegria, J., Pignot, E., & Morais, J. (1982). Phonetic analysis of speech and memory codes in beginning readers. *Memory & Cognition*, 10(5), 451-456. <https://doi.org/10.3758/bf03197647>
- American Psychiatric Association. DSM-5®. Diagnostic and statistical manual of mental disorders. Washington DC : APA; 2013.
- Bosse, M.-L., Boggio, C., & Pobel-Burtin, C. (2019). Enseigner le code alphabétique au CP : quelles données scientifiques pour quelles recommandations pédagogiques ? *Approche Neuropsychologique des Apprentissages chez l'Enfant*, 31(160), 415-421. Hal-02159774
- Braibant, J. M., & Gerard, F. M. (1996). Savoir lire : Une question de méthodes ? *Bulletin de psychologie scolaire et d'orientation*, 1, 7-45.
- Brem, S., Bach, S., Kucian, K., Kujala, J. V., Guttorm, T. K., Martin, E., Lyytinen, H., Brandeis, D., & Richardson, U. (2010). Brain sensitivity to print emerges when children learn letter–speech sound correspondences. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 107(17), 7939-7944. <https://doi.org/10.1073/pnas.0904402107>
- Brem, S., Bucher, K., Halder, P., Summers, P., Dietrich, T., Martin, E., & Brandeis, D. 184 (2006). Evidence for developmental changes in the visual word processing network beyond adolescence. *NeuroImage*, 29(3), 822-837 <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2005.09.023>
- Bruck, M. (1992). Persistence of dyslexics' phonological awareness deficits. *Developmental Psychology*, 28(5), 874–886. <https://doi.org/10.1037/0012-1649.28.5.874>
- Byrne, B., & Fielding-Barnsley, R. (1989). Phonemic awareness and letter knowledge in the child's acquisition of the alphabetic principle. *Journal of Educational Psychology*, 81(3), 313–321. <https://doi.org/10.1037/0022-0663.81.3.313>
- Castel, C., Pech-Georgel, C., George, F., & Ziegler, J. C. (2008). Lien entre dénomination rapide et lecture chez les enfants dyslexiques. *L'Année psychologique*, 108(03), 395. <https://doi.org/10.4074/s0003503308003011>
- Claessen, M., & Leitão, S. (2012). Phonological representations in children with SLI. *Child Language Teaching and Therapy*, 28(2), 211–223. <https://doi.org/10.1177/0265659012436851>
- Cohen, L., Dehaene, S., Naccache, L., Lehéricy, S., Dehaene-Lambertz, G., Hénaff, M.-A., & Michel, F. (2000). The visual word form area : spatial and temporal characterization of an initial stage of reading in normal subjects and posterior split-brain patients. *Brain*, 123(2), 291-307. <https://doi.org/10.1093/brain/123.2.291>
- Colé, P., Mangan, A., & Grainger, J. (1999). Syllable-sized units in visual word recognition : Evidence from skilled and beginning readers of French. *Applied Psycholinguistics*, 20(4), 507–532. <https://doi.org/10.1017/S0142716499004038>

- 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) 323-360. Hal-00733596
- Coltheart, M., Rastle, K., Perry, C., Langdon, R., & Ziegler, J. (2001). DRC : A dual route cascaded model of visual word recognition and reading aloud. *Psychological Review*, 108(1), 204-256. <https://doi.org/10.1037/0033-295x.108.1.204>.
- Content, A., & Leybaert, J. (1992). L'acquisition de la lecture : influence des méthodes d'apprentissage. Dans P. Lecocq (dir.), *La lecture : Processus, apprentissage, troubles* (1^e éd., p. 181-211). Lille : Presses Universitaires de Lille.
- Dehaene, S. (2007). *Les Neurones de la lecture (French Edition)*. Odile Jacob.
- Dehaene, S., & Cohen, L. (2007). Cultural Recycling of Cortical Maps. *Neuron*, 56(2), 384-398. <https://doi.org/10.1016/j.neuron.2007.10.004>
- Dehaene, S., Pegado, F., Bragan L. W., Ventura, P., Nunes Filho, G., Jobert, A., Dehaene- Lambertz, G., Kolinsky, R., Morais, J., & Cohen, L. (2010). How learning to read changes the cortical networks for vision and language. *Science*, 330(6009), 1359- 1364. <https://doi.org/10.1126/science.1194140>
- Desrochers, A., Kirby, J. R., Thompson, G. L., & Fréchette, S. (2009). Le rôle de la conscience phonologique dans l'apprentissage de la lecture. *Revue Du Nouvel-Ontario*, 34, 59. <https://doi.org/10.7202/038720ar>
- Doignon, N., & Zagar, D. (2005). Illusory conjunctions in French: The nature of sublexical units in visual word recognition. *Language and Cognitive Processes*, 20 (3), 443-464. <https://doi.org/10.1080/01690960444000269>
- 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. <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. *L'apprentissage de la langue écrite*, 33-47. <https://doi.org/10.4000/books.pur.60428>
- Doignon-Camus, N., & Zagar, D. (2014). The syllabic bridge : the first step in learning spelling-to-sound correspondences. *Journal of Child Language*, 41(5), 1147-1165. <https://doi.org/10.1017/S0305000913000305>
- 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. *Annals of Dyslexia*, 63(2), 117-132. <https://doi.org/10.1007/s11881-012-0075-3>
- Fayol, M. (2020). *L'Acquisition de l'écrit* : Presses Universitaires de France. <https://doi.org/10.3917/puf.fayol.2020.01>
- Foucambert, J. (1976). *La manière d'être lecteur. Apprentissage et enseignement de la lecture de la maternelle au CM2*. Sermap, Hatier.

- Foulin, J.-N. (2007). La connaissance des lettres chez les pré-lecteurs : aspects pronostiques, fonctionnels et diagnostiques. *Psychologie Française*, 52(4), 431–444. <https://doi.org/10.1016/j.psfr.2006.12.004>
- Foulin, J.-N., Pacton, S. (2006). La connaissance du nom des lettres : précurseur de l'apprentissage du son des lettres. *Education et francophonie*, 34(2), 28-55. <https://doi.org/10.7202/1079021ar>
- Goigoux, R. (2000). Apprendre à lire à l'école : Les limites d'une approche idéovisuelle. *Psychologie française*, 45(3), 233-244.
- Gombert, J. & Colé, P. (2000). Activités métalinguistiques, lecture et illettrisme. Dans M. Kail et M. Fayol (dir.), *L'acquisition du langage* (1^e éd., vol. 2, p. 117-150). Paris cedex 14, France : Presses Universitaires de France. <https://doi.org/10.3917/puf.fayol.2000.02.0117>
- Hulme, C., & Snowling, M. J. (2014). The interface between spoken and written language : Developmental disorders. *Philosophical Transactions of the Royal Society B : Biological Sciences*, 369(1634), 20120395. <https://doi.org/10.1098/rstb.2012.0395>
- Lieberman, I. Y., Shankweiler, D., Fisher, F. W., & Carter, B. (1974). Explicit syllable and phoneme segmentation in the young child. *Journal of Experimental Child Psychology*, 18(2), 201-212. [http://dx.doi.org/10.1016/0022-0965\(74\)90101-5](http://dx.doi.org/10.1016/0022-0965(74)90101-5)
- Mahé, G. (2013). *La reconnaissance visuelle des mots chez le dyslexique : Implication des voies ventrale et dorsale*. (Doctoral dissertation, Strasbourg). <https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-00919475>
- Maurer, U., Brem, S., Bucher, K., & Brandeis, D. (2005). Emerging Neurophysiological Specialization for Letter Strings. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 17(10), 1532-1552. <https://doi.org/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. <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. In E. L. Grigorenko & A. J. Naples (ed.), *Single-word reading : Biological and behavioral perspectives* (1st éd., p. 43-63). Lawrence Erlbaum Associates.
- McArthur, G. M., Hogben, J. H., Edwards, V. T., Heath, S. M., & Mengler, E. D. (2000). On the “Specifics” of Specific Reading Disability and Specific Language Impairment. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 41(7), 869–874. <https://doi.org/10.1111/1469-7610.00674>
- McCandliss, B. D., & Noble, K. G. (2003). The development of reading impairment : a cognitive neuroscience model. *Mental Retardation and Developmental Disabilities Research Reviews*, 9(3), 196-204. <https://doi.org/10.1002/mrdd.10080>
- Melby-Lervåg, M., Lyster, S.-A. H., & Hulme, C. (2012). Phonological skills and their role in learning to read : A meta-analytic review. *Psychological Bulletin*, 138(2), 322–352. <https://doi.org/10.1037/a0026744>

- Morais, J., Cary, L., Alegria, J., & Bertelson, P. (1979). Does Awareness of Speech as a Sequence of Phones Arise Spontaneously. *Cognition*, 7(4), 323-331. [https://doi.org/10.1016/0010-0277\(79\)90020-9](https://doi.org/10.1016/0010-0277(79)90020-9)
- Murtha, S., Chertkow, H., Beaugard, M., & Evans, A. (1999). The Neural Substrate of Picture Naming. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 11(4), 399-423. <https://doi.org/10.1162/089892999563508>
- Rack, J. P., Snowling, M. J., & Olson, R. K. (1992). The Nonword Reading Deficit in Developmental Dyslexia: A Review. *Reading Research Quarterly*, 27(1), 28. <https://doi.org/10.2307/747832>
- Raven JC (2002) Coloured Progressive Matrices (CPM) (Harcourt Test Services, Frankfurt).
- Sánchez, M., Magnan, A., & Ecalle, J. (2007). Habilités phonologiques chez des enfants dysphasiques de GS et CP : étude comparative avec des enfants au développement langagier normal. *Psychologie française*, 52(1), 41-54. <https://doi.org/10.1016/j.psfr.2006.08.003>
- Share, D. L. (1995). Phonological recoding and self-teaching : Sine qua non of Reading acquisition. *Cognition*, 55(2), 151-218 [https://doi.org/10.1016/0010-0277\(94\)00645-2](https://doi.org/10.1016/0010-0277(94)00645-2).
- Share, D. L. (2004). Knowing letter names and learning letter sounds : A causal connection. *Journal of Experimental Child Psychology*, 88(3), 213-233. <https://doi.org/10.1016/j.jecp.2004.03.005>
- Sprenger-Charolles, L., Colé, P., Lacert, P. et W. Serniclaes. (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., & Serniclaes, W. (2008). Une nouvelle explication phonologique de la dyslexie : données comportementales et de neuroimagerie. *La cognition réparée ?*, 43-69. <https://doi.org/10.4000/books.editionsmsh.13780>
- Torgerson, C. J., Brooks, G., Gascoine, L., & Higgins, S. E. (2019). Phonics : Reading policy and the evidence of effectiveness from a systematic « tertiary » review. *Research Papers in Education*, 34(2), 208-238. <https://doi.org/10.1080/02671522.2017.1420816>
- Vazeux, M., Doignon-Camus, N., Bosse, M. L., Mahé, G., Guo, T., & Zagar, D. (2020). Syllable-first rather than letter-first to improve phonemic awareness. *Scientific Reports*, 10(1), 1-12. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-79240-y>
- Vinckier, F., Dehaene, S., Jobert, A., Dubus, J.P., Sigman, M., & Cohen, L. (2007). Hierarchical coding of letter strings in the ventral stream: dissecting the inner organization of the visual word-form system. *Neuron*, 55(1), 143-156. <https://doi.org/10.1016/j.neuron.2007.05.031>
- Warrington, E. K. & Shallice, T. (1980). Word-form dyslexia, *Brain*, 103(1), 99-112. <https://doi.org/10.1093/brain/103.1.99>

Liste des annexes

Annexe n°1 : Mail adressé aux directeurs des établissements scolaires

Annexe n°2 : Annonces de recrutement

Annexe n°3 : Lettre d'information destinée aux parents

Annexe n°4 : Formulaire de consentement

Annexe n°5 : Questionnaire destiné aux parents

Annexe n°6 : Questionnaire de latéralité destiné à l'enfant

Annexe n°7 : Lettre d'information simplifiée destinée à l'enfant

Annexe n°8 : Pré et post-tests de connaissance des lettres

Annexe n°9 : Pré et post-tests de lecture de syllabes, matrice 1 et 2

Annexe n°10 : Pré et post-tests de suppression de phonème final, matrice 1 et 2

Annexe n°11 : Entraînements : exemple de matériel pour la tâche de lecture

Annexe n°12 : Entraînements : exemple d'un jeu de loto

Annexe n°13 : Entraînements : exemple d'un jeu d'appariement

Annexe n°14 : Entraînements : exemple d'un jeu de relais