

UNIVERSITE PAUL SABATIER – TOULOUSE III

Faculté de médecine Toulouse Rangueil
Enseignement des techniques de réadaptation

Mémoire présenté en vue de l'obtention du
Certificat de Capacité d'Orthophoniste

ECLAIRAGE THEORIQUE ET METHODOLOGIQUE SUR LE RYTHME ET LA PRISE EN CHARGE DE LA DYSLEXIE PAR LE RYTHME

par **BORDONADO Solène**

Sous la direction de :

Mélanie JUCLA

Maître de Conférences en Sciences du Langage – Université Jean Jaurès, Toulouse

Corine ASTESANO

Maître de Conférences en Sciences du Langage – Université Jean Jaurès, Toulouse

Jury composé de :

Anne-Claire RATTAT

Marie-Noëlle RESCANIÈRES

JUIN 2021

REMERCIEMENTS

Mes premiers remerciements sont destinés à mes co-directrices et enseignantes chercheuses Mélanie JUCLA et Corine ASTESANO qui m'ont guidée dans le choix de ce sujet et dans son aboutissement. Un grand merci pour leur accompagnement, leurs encouragements et leur bienveillance dans la rédaction de ce mémoire.

J'adresse également mes remerciements à Timothy POMMEE pour son aide méthodologique, ses conseils avisés et le temps qu'il m'a accordé.

Un grand merci à tous-tes mes maîtres de stage qui tout au long de ces 5 années m'ont apporté leurs connaissances, leurs expériences et de nombreux conseils.

Je tiens à remercier chaleureusement mes parents pour leur soutien indéfectible durant ces 5 années d'études universitaires et depuis ce choix de devenir orthophoniste. Je ne les remercierai jamais assez. Merci également pour leur investissement dans la réussite de ma dernière année, notamment à travers leurs encouragements et la relecture minutieuse de ce mémoire.

Je souhaite également remercier ma famille et notamment ma mamie pour ses encouragements inconditionnés.

Un grand merci à Thomas, mon compagnon, pour m'avoir encouragée et soutenue au quotidien.

Merci à mes fabuleuses amies de promo, Alissa, Camille et Héloïse aux côtés desquelles j'ai vécu ces 5 années de beaux moments de partages, d'écoute, d'échanges, d'entraides et de rigolades.

Je pense évidemment à toute ma promo pour ces 5 années toulousaines mais également à mes ami-e-s de Paris, d'Orléans et de Toulouse pour leur soutien et leurs encouragements.

J'espère avoir mené à bien cet objectif.

TABLE DES MATIÈRES

TABLE DES MATIÈRES.....	2
TABLE DES ILLUSTRATIONS	4
GLOSSAIRE.....	5
INTRODUCTION	6
ASSISES THÉORIQUES	8
1. Le rythme	8
1.1 Le rythme dans la cognition humaine :.....	8
1.2 L'émergence du rythme	12
1.2.1 L'émergence du rythme chez les tous petits	12
1.2.2 Importance du rythme dans le développement du langage :.....	12
1.3 Musique et langage	15
1.3.1 Corrélats neuronaux	15
1.3.2 Similitudes entre musique et parole avec le rythme comme fondement.....	17
2. Dyslexie	19
2.1 L'entrée en lecture	19
2.2 Définition et caractéristiques de la dyslexie.....	20
2.3 Conséquences et comorbidités :	22
2.4 Les causes et atteintes cérébrales :	23
2.4.1 Atteinte phonologique.....	23
2.4.2 Déficit cérébelleux.....	25
2.4.3 Atteinte visuelle	25
3. Lien entre la dyslexie et le rythme	26
3.1 Déficits rythmiques et temporels dans la dyslexie.....	26
3.2 En quoi une formation musicale peut impacter le langage écrit (et oral par la même occasion).....	30
4. Buts de la recherche et hypothèses	31
MÉTHODOLOGIE DE LA RECHERCHE :	33
1. Détermination de la question de recherche et les hypothèses	33
2. Sélection des articles	34
3. Tableau récapitulatif des articles sélectionnés	35

RÉSULTATS.....	38
1. Populations d'études.....	39
2. Évaluations.....	40
3. Interventions musicales.....	40
4. Analyse des résultats.....	42
4.1 Mesures des résultats.....	42
4.2 Résumé des résultats.....	43
DISCUSSION.....	45
1. Discussion des éléments issus de la revue de la littérature.....	45
1.1 Aspects théoriques soulevés par les études.....	45
1.2 Population étudiée.....	47
1.3 Interventions musicales.....	47
1.4 Résultats.....	49
2. Limites et perspectives.....	52
CONCLUSION.....	54
BIBLIOGRAPHIE.....	55
ANNEXES.....	62
RÉSUMÉ.....	63

TABLE DES ILLUSTRATIONS

Figures

Figure 1 : Localisation anatomique des principales régions corticales de l'hémisphère gauche impliquées dans les fonctions du langage

Figure 2 : Le modèle de U. FRITH de l'apprentissage de la lecture

Figure 3 : Mots clés recherchés dans la base de données Archipel

Figure 4 : Filtres activés dans la base de données Archipel

Figure 5 : Effets de l'entraînement musical sur les épreuves de mélange phonémique (a) et la reproduction de rythme (b).

Tableaux

Tableau 1 : Inventaire des diagnostics portés lors de 209 cas successifs reçus dans une consultation de troubles d'apprentissage (CHU de Marseille, d'après HABIB, 2003)

Tableau 2 : Tableau récapitulatif des articles sélectionnés

GLOSSAIRE

ANOVA : Analysis Of Variance (analyse de la variance)

DSM- 5 : Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders (Manuel Diagnostique et Statistique des Troubles Mentaux), 5^{ème} version

GA : Gyrus Angulaire

GFI : Gyrus Frontal Inférieur

GSM : Gyrus Supramarginal

GTM : Gyrus Temporal Moyen

GTMa : Gyrus Temporal Moyen Antérieur

GTMp : Gyrus Temporal Moyen Postérieur

GTS : Gyrus Temporal Supérieur

pOp : Pars Opercularis

Pré-SMA : Pre-Supplementary Motor Area : aire motrice pré-supplémentaire

STS : Sillon Temporal Supérieur

VOT : Voice Onset Time

INTRODUCTION

La dyslexie est une pathologie qui a fait l'objet de nombreuses études, au fil des dernières décennies. Elle est décrite de multiples façons, que ce soit à travers ses déficits, ses répercussions, ou encore ses causes et il n'y a pas à ce jour de solution parfaite pour remédier à toute la complexité et les déficiences de ce trouble.

Plusieurs hypothèses ont émergé afin d'expliquer les problèmes neurologiques présents dans cette pathologie. Nous retrouvons de ce fait une origine phonologique (Snowling, 2000), visuelle (Valdois, 2008), cérébelleuse (Nicolson, 2001) et temporelle (Goswami, 2000).

Parmi ces différentes causes probables, celle relatant d'un problème de traitement temporel chez les personnes dyslexiques a suscité notre attention. En effet, ce postulat met en exergue un déficit rythmique chez cette population.

À travers une approche supra-segmentale, Usha Goswami a étudié le lien étroit entre le rythme et la dyslexie et est parvenue à extraire des déficits au sein de la dyslexie développementale. De nombreux autres auteurs ont suivi ce chemin et ont testé des épreuves afin de mettre en évidence et de prouver ces déficits. Ils ont ainsi répertorié que les atteintes allaient du traitement auditif, à la conscience phonologique, en passant par le voice onset time (VOT) et la prosodie de la parole. Il était plus que nécessaire d'établir un large spectre de déficits au sein de cette pathologie.

Il est désormais évident que la musique et le langage ont à la fois de nombreuses caractéristiques communes que ce soit dans le domaine oral ou écrit et qu'ils activent également des aires cérébrales similaires.

Le rythme est apparu alors comme l'élément central commun à ces deux disciplines. Il est essentiel dans nos vies, tant au sein de notre environnement, par nos conduites individuelles ou collectives, nos interactions sociales, que dans notre cognition, notre parole ou dans l'apprentissage et la maîtrise du langage écrit.

Le rythme est le fondement même de la musique et de la parole. En effet, sans rythme, les deux domaines susnommés perdent toute leur structure. Notre flux de parole est ponctué d'accents, de temps forts et faibles et est organisé périodiquement. La prosodie est essentielle pour que notre cerveau traite les informations adéquatement. De même en musique, le rythme est l'essence de tout le processus musical. Il permet d'anticiper et synchroniser les éléments et sert d'échafaudage sur lequel peut se dérouler la mélodie. Le rythme est temporel et c'est cette notion de temps qui est importante à retenir en parole et en musique.

Notre quotidien est perpétuellement « rythmé », que ce soit par notre rythme circadien, notre emploi du temps, nos actions et notre langage. Il est intéressant de ressentir que cette rythmicité s'immisce également dans le langage écrit. De nombreuses recherches mettent en évidence chez les dyslexiques

un problème pour percevoir et structurer le temps, des difficultés de synchronisation musicale, d'anticipation, ou encore pour percevoir le rythme et le tempo et taper en rythme.

Il est flagrant de constater qu'un nombre considérable d'études existent sur le sujet de la parole, du rythme et du lien entre les deux. Néanmoins, il est nécessaire de signifier que le rythme n'est parfois que peu défini ou mal défini dans certaines études, ce qui rend instables les analyses émises.

Ce mémoire a pour objectif de constituer un état des lieux des déficits temporels et rythmiques dans la dyslexie mais surtout des remédiations actuelles possibles, des exercices et résultats obtenus mais également d'établir des pistes pour un futur protocole à destination des orthophonistes.

En effet, la notion de rythme est très peu ou pas abordée durant notre formation. Ainsi, prendre en charge cet aspect souvent méconnu de cette pathologie est indispensable dans la pluralité des rééducations proposées par les orthophonistes.

Le but est ainsi de guider ces dernières dans ce nouvel espace de prise en charge.

Ainsi, ce mémoire se décomposera en deux parties : une partie purement théorique et une consacrée à la revue de la littérature en lien avec les remédiations rythmiques dans le cadre de la dyslexie.

En première partie de ce mémoire, nous détaillerons les multiples facettes du rythme et de son apport dans la parole. Puis nous aborderons les aspects théoriques émanant d'études traitant de la dyslexie, de ses répercussions et de ses causes. Enfin nous mettrons en lien le rythme et la dyslexie.

Dans la partie concernant la revue de la littérature, nous évoquerons les différentes études sélectionnées, leurs méthodes et leur rapport entre le rythme et la dyslexie puis nous discuterons des aspects émergeant de ces différentes lectures et des apports futurs pour les rééducations orthophoniques.

ASSISES THÉORIQUES

1. Le rythme

1.1 Le rythme dans la cognition humaine :

Le rythme est multiple. Ainsi, plusieurs définitions peuvent s'y rapporter. Ce champ d'étude est vaste et englobe différentes notions que nous tenterons d'aborder avec justesse.

Depuis l'Antiquité, le rythme est l'objet de recherches. Platon définit en effet le rythme, dans *Les Lois*, comme « *l'ordre dans le mouvement* ». Au 19^{ème} siècle, on attribue 3 **fonctions** au rythme : perceptif, d'anticipation et psychomoteur (Fraisse, 1974)

La première consiste à percevoir les structures rythmiques. La deuxième se caractérise par la mémorisation des motifs rythmiques. La troisième est définie par l'aptitude à maîtriser les mouvements rythmiques chaque fois qu'il y a une nouvelle forme ou polyrythmie.

La **perception** est centrale dans le rythme. Percevoir une répétition d'évènements selon un modèle donné est l'essence même du rythme selon Malmberg (1967 – cité par Astésano, 2001). Cette perception est propre à chaque individu et peut donc être différente selon l'âge, le sexe ou encore d'autres facteurs socio-culturels (Padeloup, 1990 – cité par Astésano, 2001). Elle se situe aux alentours de 600ms (Fraisse, 1974 ; Astésano, 2001 ; Baruch et Drake, 1997, cités par Provasi, 2014). Cette valeur s'inscrit à la fois sur le versant perceptif et psychomoteur et est la plus représentative à propos du tempo moteur spontané, qui est déterminé en demandant au sujet de frapper d'une manière naturelle. Il évolue au fil du temps et du développement génétique et est plus rapide chez les enfants (Fraisse, 1949 ; cité par Fraisse, 1974).

L'**anticipation** demande de la précision et le respect des contraintes temporelles. Le sujet doit réussir à produire sa frappe en même temps que le son. « *L'anticipation frappes-sons s'apparente à une tâche de poursuite* » (Fraisse, 1974). Elle fonctionne parce qu'il n'est pas indispensable d'entendre une régularité irréprochable du signal pour dégager des courbes rythmiques (Arvaniti, 2009). Plus les structures sont simples et régulières, plus elles sont faciles à anticiper, à mémoriser et à synchroniser. Si chaque signal est établi de manière aléatoire, aucune anticipation et donc synchronisation ne sera possible. Pour que la synchronisation soit effective, 2 éléments doivent coexister : l'égalité des périodes et la coïncidence des phases (Fraisse, 1974). Avec une cadence régulière, une synchronisation peut s'enclencher du fait d'une anticipation possible. Elle est optimale lorsque la cadence est entre 400 et 800 millisecondes. Nous pouvons par ailleurs établir un lien avec la valeur de 600 ms mentionnée précédemment et qui concorde parfaitement avec cette fourchette de temps. La synchronisation est essentielle puisqu'elle permet d'établir le caractère social de l'expérience rythmique. En effet, nous harmonisons nos activités avec les autres à travers des communions sociales (Fraisse, 1974).

L'**expérience motrice** renvoie aux propriétés du mouvement c'est-à-dire le tempo (vite, lent, modéré), le mouvement dynamique, les mouvements en général (danser, marcher ...). Le rythme sans mouvement perd tout son sens car c'est par lui que le mouvement s'organise. Nous avons une grande

facilité à produire des mouvements à intervalles successifs égaux. Pour rompre cette régularité il suffit d'opter pour des allongements ou des diminutions de l'intervalle. La compréhension et la reproduction des structures demandent une opération intellectuelle mais sollicitent également la structuration temporelle sur le plan perceptivo-moteur. Cette dernière ne semble pas maîtrisée avant 6 ans du fait de la mauvaise imprégnation de la valeur des intervalles (Celtan, 2002). Provasi et al., (2014) ajoutent qu'après 4 ans, la capacité de la synchronisation sensori-motrice croît petit à petit. Ils rapportent également qu'à partir de 5 ans, cette synchronisation du tempo moteur individuel à un rythme auditif externe est possible autour de la période référente propre à l'individu.

Le mouvement anime chaque être mais également chaque morceau et interprétation musicale. En musique, il est organisé à l'aide du tempo. Ce dernier correspond à la vitesse du mouvement donnée par une indication qualitative du *largo* au *vivace*. La régularité rythmique a pour conséquence d'engendrer une induction motrice. « *Tous les auteurs qui ont étudié le rythme ont insisté sur sa composante kinesthésique.* » (Fraïsse, 1974).

Le rythme est régi par au moins trois éléments centraux.

La **structure** est unie à la notion d'ordre, d'accentuation et de durée. Pour qu'une structuration se mette en place il faut qu'une notion de durée soit déterminée. Si les durées ne sont pas égales et que le phénomène de périodicité n'est pas établi alors nous nous retrouvons dans le champ de l'arythmie (Astésano, 2001). La structure est déterminée par la durée, l'intensité, la hauteur et le timbre (Sauvanet, 2000). Elle est également induite par le mètre sous-jacent. La réalisation caractérisée par les éléments précédents n'est pas forcément toujours bien nette en surface, ce qui n'empêche pas la perception d'un temps métriquement fort (Handel, 1989 cité par Astésano, 2001).

La structure englobe 2 sortes d'intervalles : les temps courts (inférieur à 400 millisecondes) et les temps longs (inférieurs à 1000 ms). La perception structurelle dépend également de la durée car si un raccourcissement de la durée se produit c'est toute la structure générale qui se trouve impactée. Tout intervalle dépend des autres et, si on change la durée de l'un deux, il se produit une réorganisation de l'ensemble. Quand le nombre d'éléments constitutifs est supérieur à 4 ou 5, la structure peut se diviser en sous-structures (Astésano, 2001).

La **période** est la récurrence d'un élément identique ou similaire, que ce soit la période vocalique ou la période de tout autre structure. Les structures peuvent aller du très simple au très varié. Elle induit des groupements parfaitement semblables et se détache à travers la répétition de divers éléments sonores (Astésano, 2001). L'aspect de répétition est fondamental (ex : cadences, comptines, marches, danses populaires). Synchroniser son mouvement à un stimulus périodique est le propre de l'humain (Astésano, 2001). Pour Fraïsse (1974), « *le rythme naît avec les retours périodiques de structures simples ou complexes c'est-à-dire un ordre présent dans la succession des structures.* »

D'un regard psychologique, périodicité et structure sont les composantes essentielles du rythme (Celtan, 2002). Ces deux aspects s'organisent et dépendent l'un de l'autre.

Un **groupe rythmique**, pour qu'il soit perçu, est délimité par la durée des intervalles ainsi que par le nombre d'éléments inclus. D'une part, la perception du groupe est circonscrite par la durée des intervalles car plus les éléments sont proches et moins on les distingue et plus ils sont éloignés

temporellement et moins ils sont considérés comme affiliés (Woodrow, 1951; Fraisse, 1963, 1982, cités par Arvaniti, 2009). Fraisse rapporte qu'entre 1000 et 2000 ms la perception de la durée est dégradée. D'autre part, un nombre trop élevé d'unités implique implicitement des sous-groupes. Cela s'applique à la fois pour la parole et la musique.

Le groupe rythmique et la structure sont intimement liés et interdépendants du fonctionnement des intervalles qui les composent. La structure et la période sont également interconnectées puisque la première est toujours développée dans une période et cette dernière est constituée de structures (Astésano, 2001).

Le rythme est à la fois perçu et agi. Il est nécessaire pour le langage, la communication et le comportement avec l'ensemble des relations humaines et avec l'environnement.

Le rythme se modélise au sein de la parole par les différents éléments que nous avons abordés précédemment.

Même si la musique possède une organisation très structurée et paramétrée à travers la partition, la parole est également structurée grâce aux syllabes saillantes et moins saillantes. La fin de la structure est toujours marquée par une syllabe accentuée (Hirst & Di Cristo, 1998, cités par Cason et al., 2015). Ces unités intonatives sous-jacentes au groupe rythmique structurent ainsi l'information tout en se conformant aux contraintes syntaxiques propres à chaque langue (Di Cristo, 2003). Dans la parole, l'élément qui porte l'accent (soit, la syllabe) correspond à l'unité accentuable. Elle constitue avec les syllabes inaccentuées qui la précèdent l'unité accentuelle. Ce concept s'applique au domaine concerné par l'accent (le mot, le syntagme, la phrase ou encore l'énoncé) (Troubetzkoy, 1939, cité par Di Cristo, 2016). La syllabe est le point central, plus que le son lui-même, et élabore des groupements prosodiques (Delais-Roussarie & Di Cristo, 2012). Le comptage syllabique et les groupes prosodiques sont fondamentaux dans la déclamation des comptines et des poèmes. Selon les grammairiens, il existe deux catégories accentuelles de mots: les accentogènes et les non-accentogènes. La première catégorie inclut les substantifs, les adjectifs ainsi que les verbes. Le second groupe comprend les éléments qui ne sont pas destinés, en principe, à recevoir l'accent. Les articles, propositions et certains pronoms en font donc partie (Di Cristo, 2016). Pour les linguistes, le terme "accent" équivaut généralement à la notion de proéminence locale. Cela renvoie à l'idée qu'une unité se détache concrètement de son environnement sonore. Elle forme une saillance physique (acoustique et auditive), qui elle-même met en avant une saillance cognitive (Di Cristo, 2016). Les règles de la langue supervisent les classifications des accents et leur réalisation phonétique (Di Cristo, 2012). En français, l'accent est annexé à la dernière syllabe pleine des mots (Di Cristo, 2016). On observe de ce fait un allongement syllabique sur l'accent final, (Delattre, 1939 ; Benguerel, 1973 ; Pensom, 2000 – cités par Di Cristo, 2016) qui met fin par la même occasion au groupe accentuel (Di Cristo, 2012).

Di Cristo (2012) y distingue au moins deux principales catégories d'accents : les accents métriques et emphatiques. Les accents métriques répondent aux exigences métriques et rythmiques de la langue. Les accents emphatiques quant à eux ont seulement pour fonction d'appuyer sur un mot. Certains accents peuvent être conçus grâce à une infime augmentation de la durée de l'élément cible (Astésano, 2001). Cela est possible grâce aux durées infra-syllabiques des noyaux, rimes et attaques qui

permettent par ailleurs de distinguer les accents initiaux des accents finaux. C'est d'ailleurs une qualité majeure de l'accent rythmique en français (Astésano, 2001). Cet allongement est de plus un point d'ancrage dans la parole (Klatt, 1976, cité par Astésano, 2001). Des paramètres tels que la mélodie (qui aide à la perception), la durée (Efting, 1991 ; Campbell, 1992 ; cités par Di Cristo, 2016), ainsi que l'intensité (Sluijter & Van Heuven, 1996 cités par Di Cristo, 2016) contribuent, à des échelons divers, à la réalisation des accents. En effet, tous sont peu ou prou unis à une contrainte indissociable de co-variation (Di Cristo, 2016).

La structure du discours est ainsi constituée en fonction des accents de la parole. Cette récurrence et cette attente accentuelle forme le caractère de périodicité. Une « *période de référence* » a été mise en évidence par plusieurs auteurs et est de l'ordre de 600 ms. Il s'agit de l'intervalle interaccentuel moyen qui correspond à un groupe de 3 ou 4 syllabes inaccentuées et de la syllabe finale accentuée. Cette mesure issue de plusieurs articles de la littérature induit une attente rythmique précise comme mesure de référence dans la parole (Di Cristo, 2003). Cette mesure temporelle est identique en musique. Le rythme peut dès lors se rapporter à la définition suivante : « ... *the rhythm or periodicity with which strong and weak beats recur ...* » ¹ (Huss et al., 2011). Il s'illustre, sous sa forme la plus simplifiée, en une structure qui se répète de la même manière.

Cette notion de groupement syllabique est importante pour segmenter adéquatement la parole. Pour qu'un groupe rythmique soit considéré comme tel, il doit correspondre à des contraintes temporelles. En effet, en dessous de 150-200 ms et au-dessus de 1500-2000 ms, les limites du groupe sont floues et il est moins aisé de le définir. D'après Meumann, 1894, l'intervalle idéal est de 400 ms. Ceci a été confirmé par une étude de Fraise en 1956 qui a déterminé cet intervalle entre 370 et 420 ms (Fraise, 1974). Le groupe rythmique peut s'organiser sur la base d'une différenciation intensive grâce à l'accentuation des éléments successifs (Fraise, 1974). Habituellement nous groupons les éléments par 2 ou 3 mais il est néanmoins possible de grouper jusqu'à 6 éléments dans le rythme objectif (Fraise, 1974). Ainsi, la perception de ces groupements se fait de manière intuitive par cette durée de 600 ms mais surtout grâce à l'accentuation. Celle-ci est presque toujours repérable au sein des rythmes. Elle peut se faire de différentes façons : augmentation de l'intensité ; augmentation de la durée d'un élément ; différence de hauteur. Les temps forts se situent soit au début soit à la fin du groupe rythmique, jamais au milieu (Fraise, 1974). Pour finir, une des fonctions phares de l'accent est qu'il révèle les contours de la structure syntaxique et prosodique (Vihanta, 1993, cité par Astésano, 2001).

Pour conclure, l'accent est fondamental dans la perception et l'élaboration de la parole. L'attention portée par le locuteur se focalise sur cette inflexion et induit la prééminence des phonèmes des syllabes concernées (Pitt & Samuel, 1990 cités par Cason et al., 2015).

¹ « *périodicité avec lesquels les battements forts et faibles se reproduisent* » (traduit par mes soins).

1.2 L'émergence du rythme

1.2.1 L'émergence du rythme chez les tous petits

Tout au long de sa vie in utéro, le fœtus est soumis à de nombreuses stimulations rythmiques. Ces différentes stimulations visuelles, vestibulaires, somatosensorielles et tactiles produites grâce aux mouvements de la mère jouent potentiellement un rôle rythmique sur le fœtus (Lecanuet et Schaal, 2002 cités par Provasi et al., 2014). Ainsi, le rythme cardiaque du fœtus subit des modifications en fonction du déplacement et de la position de la mère (Cito et coll., 2005 ; cité par Provasi, 2015). Des études (Sammon et Darnal, 1994 ; Zimmerman et Barlow, 2012 ; cités par Provasi, 2015) laissent également entendre que les perceptions vestibulaires sont ressenties par le bébé et qu'elles l'aident à discriminer différents rythmes. Elles l'aident aussi à réagir en fonction des balancements maternels. Ainsi, il n'est pas étonnant qu'il se calme suite à un balancement qui vient activer doucement son vestibule. Instinctivement, nous avons recours au balancement face aux pleurs du bébé, ainsi que pour faciliter son endormissement. Ce phénomène est utilisé dans toutes les cultures afin d'apaiser l'enfant.

Aux premiers jours de vie, le bébé est soumis à différents rythmes dans sa vie quotidienne et il produit aussi une multitude d'activités rythmiques (succion, alternance veille/sommeil, activités rythmiques motrices...). Ainsi, selon Fraisse (1956), la perception du rythme constitue la base de l'expérience temporelle (Tartas, 2010). Grâce aux stimulations auxquelles il a été confronté depuis sa vie fœtale, le bébé va synchroniser ses mouvements ou vocalisations à des rythmes externes (Provasi, 2015). Cette coordination résulte d'une activité complexe qui sous-tend de percevoir mais également de produire des rythmes. Cette capacité est propre aux « *espèces utilisant un apprentissage vocal* » (Patel, 2006, cité par Provasi, 2015). Cette « *synchronisation sensori-motrice* » contribue à la connexion du nourrisson avec son environnement. Ainsi, cette concordance avec le milieu rythmique environnant lui permet d'entrer dans les interactions sociales et linguistiques (Provasi, 2015).

1.2.2 Importance du rythme dans le développement du langage :

Le rythme est un moyen « *d'établir une communication entre les enfants et le monde extérieur* » (Hirsch, 1966 ; cité par Fraisse, 1974). Il participe au développement du langage, et ce, dès la vie fœtale. Avant de naître, le bébé bénéficie d'ores et déjà d'une sensibilité prénatale qui lui facilite l'accès aux propriétés rythmiques de sa langue maternelle (Di Cristo, 2012). Si les voix dépassent 60dB, les paroles externes et la voix maternelle sont perçues et distinguées des autres bruits par le fœtus et particulièrement leurs aspects prosodiques. Le rythme et la hauteur sont les éléments les plus appréhendés (Provasi et al., 2014). Tel que le définit Huotilainen, (2013) (cité par Provasi et al., 2014): « *Prosody may well be the most multisensory part of language and ... we may call prosody "our first language"* »².

² « *la prosodie peut bien être la partie la plus multisensorielle du langage et . . . nous pouvons appeler la prosodie «notre premier langage* » » (traduit par mes soins).

Ainsi, à l'aide de tous ces éléments, le nourrisson semble « *préparé* » à réguler ses réponses dans le temps pour interagir avec l'environnement (Pouthas, Macar, Lejeune, Richelle & Jacquet, 1986 ; cités par Tartas, 2010). Il est indispensable que le nourrisson se **synchronise avec les rythmes de son environnement** pour détecter les signaux de communication qui lui sont émis et en émettre à son tour (Provasi, 2015). De par l'influence des rythmes et signaux extérieurs, le bébé va adapter ses vocalisations et sa motricité avec eux. Ces coordinations sensori-motrices sont capitales dans les échanges avec les autres.

Dès la naissance, les variations temporelles et rythmiques de la parole sont perçues et permettent au nouveau-né de **discriminer sa langue maternelle des autres langues** (Mehler et al., 1988; Moon et al., 1993 ; cités par Provasi et al., 2014). La détection de ces variations est essentielle dans la formation et les distinctions du langage (Bertoncini et al., 1995; Nazzi et al., 1998; Ramus et al., 2000 ; cités par Provasi et al., 2014). De nombreuses études mettent en avant l'importance de la perception du rythme dans le développement du langage dont dépendra plus tard le développement de la lecture (Caccia & Lorusso, 2020). Les nourrissons et les jeunes enfants imitent les rythmes de langage caractéristiques de leur langue bien avant de prononcer des mots ou des phrases comprenant une signification linguistique (Wolff, 2002). Les compétences qui s'approfondissent au cours de la petite enfance pour faciliter la perception de la parole (c'est-à-dire la conscience du rythme) peuvent avoir une influence sur le développement phonologique et l'alphabétisation futurs (Wood & Terrel, 1998). L'étude de Wood et Terrel (1998) met en évidence que la perception rapide de la parole est fortement corrélée à la progression future de la conscience phonémique et qu'elle est nécessaire à cette dernière. Ils rajoutent que les mauvais lecteurs ont plus de difficulté à la percevoir.

Le nourrisson tient également compte des autres propriétés prosodiques telles que la mélodie, l'accentuation, l'intensité, la hauteur, la durée (Vihman, 1996, cité par Provasi et al., 2014) qui participent à l'expression du rythme. Il a été démontré qu'à 2 mois, le bébé peut **discriminer temporellement des rythmes** (Tartas, 2010) et percevoir leurs variations et leurs différences rythmiques (Demany et al., 1977, Hannon et Trehub, 2005, cités par Provasi et al., 2014). Dès l'âge de 4 mois, les nourrissons sont également conscients des représentations accentuelles de leur langue maternelle (Weber, Hahne, Friedrich et Friederici, 2004 cités par Thomson et al., 2012). À 5 mois, ils sont capables de se mouvoir au rythme de la musique (Zentner et Eerola, 2010 – cités par Huss et al., 2011). La capacité à discriminer les rythmes et à se synchroniser à eux est liée aux compétences linguistiques et d'alphabétisation chez les neurotypiques (Hannon et al., 2018).

La prédisposition rythmique du nouveau-né lui permet aussi de repérer des indices rythmiques pour percevoir et **segmenter le flux continu de la parole**. Or, comme mentionné dans plusieurs articles dont « le pouvoir de la prosodie ou la revanche de Cendrillon » cette segmentation est indispensable pour s'approprier le système lexical et grammatical de la langue (Christophe & Dupoux, 1996 cités par Di Cristo, 2012) mais également le développement phonologique et d'alphabétisation ultérieurs (Wood & Terrell, 1998). Le langage émerge assez tôt dans la vie du nourrisson. Aux alentours de 6 à 9 mois il s'appuie sur les aspects prosodiques qu'il perçoit pour segmenter les phrases et les mots et aussi déduire des propriétés syntaxiques de sa langue maternelle (Caccia & Lorusso, 2020). D'autres auteurs vont plus loin en indiquant que le nourrisson établit une segmentation grossière du signal de parole en

pieds de tension, syllabes ou moras (Ramus & Mehler, 1999; Nazzi, Jusczyk & Johnson, 2000 ; auteurs cités par Arvaniti, 2012). Pour pouvoir segmenter les mots, il se base également sur des paramètres musicaux et principalement sur le rythme. Les signaux rythmiques sont utilisés pour segmenter les syllabes et les mots du signal acoustique afin d'établir un lexique des formes de mots entendus et énoncés (Thomson et al., 2012). Cette conscience du niveau syllabique a son importance pour ensuite développer la conscience phonologique. Le nouveau-né est aidé **par le langage adressé des adultes** qui est plus accentué, plus aigu, plus lent, plus articulé et plus rythmé, avec des contours mélodiques plus exagérés (Brandt et al., 2012). Papoušek (1991) (cité par Provasi et al., 2014) a démontré que cette façon de parler est présente dans toutes les cultures, avec notamment des contours mélodiques en forme de cloche (montants et descendants). Ces contours sont utilisés différemment par les adultes en fonction de l'excitation et de l'attention du bébé. Jusczyk et al., (1995) (cités par Dodane et al., 2018) indiquent que les tous petits acquièrent les fondamentaux du modèle de leur langue maternelle et parviennent au sens des mots grâce au langage adressé et particulièrement à l'allongement de la syllabe. Cette **saillance** est plus repérable par l'enfant et se fait systématiquement sur les dernières syllabes. Cela renvoie au concept d'accentuation émis précédemment par des linguistes et prosodistes tels que Di Cristo. Cette perception de l'accent apparaît assez rapidement dans le développement des nouveau-nés. Vers 9 mois, ils sont sensibles aux schémas d'accentuation dans la parole (Wood & Terrell, 1998). Il a été suggéré que l'accent participe à l'analyse et l'identification précise des phonèmes dans les syllabes et ce, même chez des enfants touchés phonologiquement. L'attention est dirigée sur l'accentuation des syllabes et des mots et ceux-ci sont mieux traités lorsqu'ils surviennent à des moments temporels attendus (Schön & Tillmann, 2015).

Le traitement de la parole dans ces différentes configurations telle la distinction des sons, le traitement du vocabulaire et de la sémiologie et l'étude des relations entre les unités linguistiques peuvent être améliorés grâce à un tempo précis et une prédictibilité de la parole (Schön & Tillmann, 2015).

Tous ces éléments prosodiques sont ajustés par les adultes dans l'objectif d'interagir avec le bébé du mieux possible (Gratier, 2007, cité par Provasi et al., 2014). Ils aident l'enfant à la fois dans son développement langagier en portant son attention à la fois sur la communication, la parole et les éléments du discours (Dodane et al., 2018) et également dans la perception des changements émotionnels dans la voix (Cheng, Lee, Chen et coll., 2012 ; cités par Provasi, 2015). L'objectif est de capter son attention et notamment son attention conjointe, de favoriser son éveil à la communication et d'aider sa compréhension tout au long de l'échange (Dodane et al., 2018).

La prosodie est un des éléments centraux dans l'émergence du langage. En effet, les scores en métaphonologie, langage oral et langage écrit au travers de la lecture de mots sont liés à un traitement prosodique et musical précis. Ces conclusions issues d'études corroborent l'existence d'une corrélation entre les compétences rythmiques et l'acquisition des langages oral et écrit (Caccia & Lorusso, 2020)

« Nous pouvons donc conclure que l'être humain, dès sa naissance, voire pendant sa vie prénatale, possède une base de temps interne. » (Provasi, 2015, p59).

1.3 Musique et langage

1.3.1 Corrélats neuronaux

Instinctivement, nous associons le rythme à la musique. Le rythme est présent dans plusieurs domaines. Cross et Morley (2008) mentionnent deux définitions de la musique : « *the art of combining sounds of voices or instruments so as to achieve beauty of form and expression of emotion* » and « *the art or science of arranging sounds in notes and rhythms to give a desired pattern or effect.* »³ (Brandt et al., 2012). De nombreuses fonctions découlent de l'action de faire ou d'écouter de la musique. Nous pouvons notamment citer la mémoire de travail, l'attention, la perception auditive et bien sûr les aspects rythmiques (Commeiras et al., 2017).

Des études comparant les non-musiciens aux musiciens démontrent que ces derniers développent davantage certaines zones cérébrales. C'est le cas des aires auditives primaires et secondaires de l'hémisphère gauche ainsi que le cortex, notamment moteur (Commeiras et al., 2017), le corps calleux (Schlaug et al., 1995, cités par Besson et al., 2007), le volume de matière grise gyrus de Heschl (par exemple, Gaser & Schlaug, 2003, cités par Besson et al., 2007), le planum temporal (Luders et al., 2004; Schlaug et al., 1995, cités par Besson et al., 2007), le gyrus frontal inférieur (Gaser & Schlaug, 2003; Luders et al., 2004, cités par Besson et al., 2007), le cortex moteur primaire (Amunts et al., 1997, cités par Besson et al., 2007) et le cervelet (Hutchinsons et al., 2003, cités par Besson et al., 2007). La musique permet de renforcer le raisonnement temporo-spatial (Rauscher et al., 1997 cités par Egalon, 2017), l'apprentissage moteur, la discrimination des mélodies ainsi que le vocabulaire (Forgead, 2008, cité par Commeiras et al., 2017) et de modifier structurellement et fonctionnellement les systèmes auditifs et sensori-moteurs (François et al., 2013 ; Flaugnacco et al., 2015). Elle donne lieu au déploiement du faisceau arqué. Il joint la région frontale motrice aux régions sensorielles des zones temporo-pariétales (Commeiras et al., 2017).

Des études montrent que lorsqu'une action et une écoute musicale sont liées, les régions postérieures du gyrus frontal inférieur (comprenant la pars triangularis et la pars opercularis) et le cortex prémoteur ventral sont sollicités (Chen et al., 2008). Chez les musiciens, la plasticité cérébrale est amplifiée ce qui augmente le champ des possibles avec une rééducation axée sur de la musique (Besson et al., 2007 ; Flaugnacco et al., 2014 ; Chobert & Besson, 2011 ; Habib & Besson, 2009). La musique permet par ailleurs de stimuler des zones distantes cérébralement ce qui est un avantage indéniable pour la compensation de lésions (Commeiras et al., 2017).

³ « *l'art de combiner les sons des voix ou des instruments de manière à atteindre la beauté de la forme et l'expression de l'émotion* » et « *l'art ou la science de l'arrangement des sons en notes et en rythmes pour donner un motif ou un effet souhaité* » (traduites par mes soins).

Il n'est **pas possible d'avoir de la musique sans rythme** (Fraisse, 1974). Il coordonne les motifs et les formes musicales et sert de base à l'expression musicale. Il participe fortement à l'organisation temporelle avec une structure métrique et des périodes avec des groupements similaires (Huss et al., 2011). Il mobilise les régions motrices cérébrales comme les noyaux gris centraux, le cortex pré-moteur, le pré-SMA et le cervelet (Bégel et al., 2018) , au-dessus des régions perceptives (gyrus temporal supérieur) (Chen et al., 2008 ; Thaut, 2003 – cités par Bégel et al., 2018). Le cervelet serait mobilisé dans le traitement général de la musique et notamment dans celui du rythme (Parsons et al., 1999 cités par Overy, 2000).

De nombreuses aires cérébrales impliquées dans le **langage** sont communes avec la musique et le rythme. En premier lieu, l'hémisphère gauche est considéré comme la zone prépondérante dans le langage (Figure 1). Lors de la réception de la parole, les informations passent par le cortex auditif primaire dans la partie postérieure du gyrus transverse ou gyrus de Heschl, dans le lobe temporal (Planton & Démonet, 2012). Le gyrus temporal supérieur (GTS) et le sillon temporal supérieur (STS) sont également fondamentaux dans cette perception.

Deux voies permettent de traiter l'information langagière reçue. Il s'agit de la voie ventrale et de la voie dorsale. La première voie donne accès au sens et impliquerait le gyrus temporal moyen postérieur [GTMp] bilatéral et le GTM antérieur [GTMa] gauche. La voie dorsale permettrait de séquencer les unités phonologiques et de faire intervenir les mémoires de travail et phonologique à court terme. Elle se situerait dans la partie postérieure du GTS gauche (ou l'aire de Wernicke), le planum temporal et la partie inférieure du gyrus supramarginal (GSM) gauche (Planton & Démonet, 2012). La compréhension sémantique concernerait le cortex temporal inférieur, postérieur et moyen (dont le gyrus angulaire [GA]) ainsi que les aires associatives frontales. Au niveau de l'émission de la parole, de nombreuses aires entrent en jeu : cortex moteur et prémoteur, le GTS, le cervelet, l'insula antérieure, ainsi que dans le cortex temporo-pariétal gauche et le putamen gauche. Le cervelet jouerait également un rôle général dans les processus du langage et au niveau articulaire (Planton & Démonet, 2012). Au sujet du langage écrit, différentes aires interviennent également. Pour commencer, les aires visuelles primaires et le gyrus fusiforme (dans le gyrus temporal inférieur) sont les premières zones concernées. La voie d'assemblage résiderait dans le GTS, GSM ainsi que la pars opercularis (pOp) du gyrus frontal inférieur (GFI). La pars triangularis est également impliquée dans le processus leximétrique, dans le domaine lexico-sémantique. Le faisceau arqué joue un rôle dans la musique, comme évoqué précédemment, mais également dans la structure neuronale des personnes dyslexiques car chez elles, il subit des modifications (Commeiras et al., 2017).

L'hémisphère droit, quant à lui est habituellement relié aux aspects musicaux. Néanmoins, les composants rythmiques sont traités par l'hémisphère gauche qui est également chargé de s'occuper du langage (Platel et al., 1997, cités par Overy 2000). L'hémisphère dit « mineur » détiendrait un rôle « *annexe* » dans le langage à travers notamment le traitement prosodique et émotionnel (Planton & Démonet, 2012).

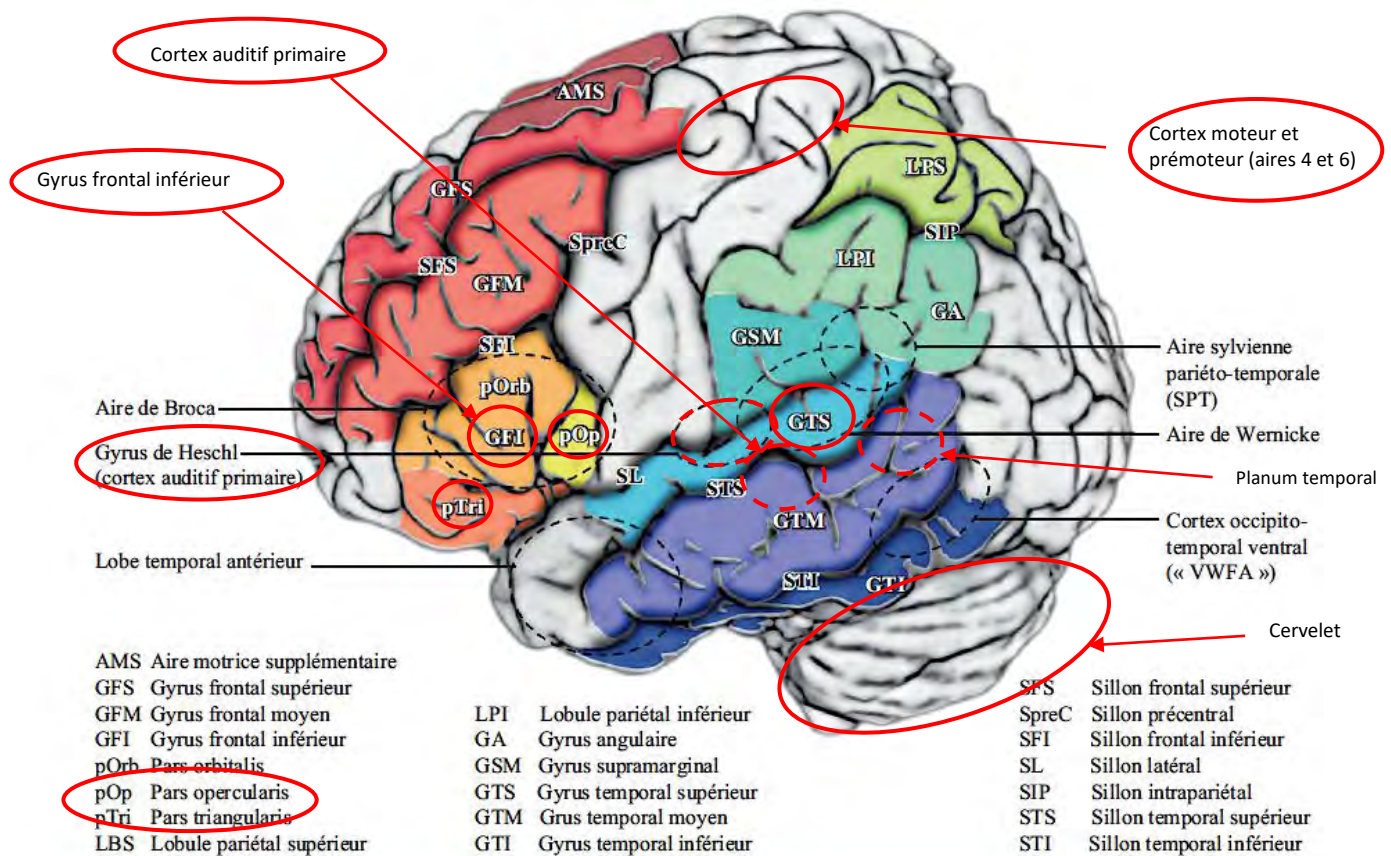


Figure 1. Localisation anatomique des principales régions corticales de l'hémisphère gauche impliquées dans les fonctions du langage.

Figure 1 - Localisation anatomique des principales régions corticales de l'hémisphère gauche impliquées dans les fonctions du langage – Source de l'image initiale : Planton & Démonet, 2012

Cercles : aires communes entre le langage (oral et écrit) et la musique, rajoutées par mes soins.

Ainsi, le fait que de nombreuses aires soient communes entre le langage et la musique prouve que cette dernière peut jouer un rôle fondamental dans la rééducation des troubles du langage oral et écrit.

1.3.2 Similitudes entre musique et parole avec le rythme comme fondement

La musique et la parole ont de nombreux points communs : le phrasé, le rythme, l'intensité, le timbre, la prosodie/mélodie, un code symbolisé propre (lettres et notes) ainsi que l'activation de la mémoire, de l'attention, de la perception auditive, de la motricité et une dimension temporelle avec des intervalles et timing précis (Chobert & Besson, 2011 ; Ravignani et al., 2017). Elles ont chacune un mode d'expression, traitent le son à leur manière avec une représentation particulière (Flaughnacco et al., 2014) et sont universelles. Elles dépendent de règles et d'une organisation stricte et demandent de bien structurer et planifier. Le rythme est la caractéristique qui les relie profondément.

Tout d'abord, la parole et la musique, **se déroulent dans le temps**. Le rythme, défini comme la périodicité avec lesquels les battements forts et faibles se reproduisent, est au centre de l'organisation

séquentielle des sons dans les deux domaines (Arvaniti, 2009). Dans le rythme, les battements, et surtout les forts, sont exécutés à un moment précis, attendu. Les musiciens ainsi que les non-musiciens ont la faculté de ressentir le « **timing** » de chaque manifestation. Cela est capital afin de procéder à un acte tel que traverser la rue ou danser (Dalla Bella et al., 2016). Il est présent dans le quotidien, que ce soit dans les actes moteurs, musicaux ou langagiers. En musique les notes, accords et les accents sont attendus à des moments précis, à l'oral ce sont les mots. « *Therefore, when we listen to language and music, not only do we expect words or chords with specific meaning and function, but we also expect them to be presented on time!* »⁴ (Besson & Schön, 2001). Il intervient à la fois dans le contrôle et l'automatisation des habiletés motrices mais également dans l'évolution de la fluence (Overy, 2003).

Le rythme ainsi que la hauteur illustrent la « **syntaxe musicale** » (Thaut, 2005, cité par Huss et al., 2011). Les rythmes, composés de sons longs, courts et de silences forment des groupes qui ensuite forment des séquences pour enfin devenir des phrases (Garbar & Thouvenin, 2016). Les structures musicales et langagières sont régies par le rythme et c'est grâce à lui que se construisent les phrases et phrasés. Son **rôle organisationnel** permet le groupement des diverses unités de langage (syllabes, mots, phrases). En effet, il ponctue les phrases par sa longueur, ses pauses et ses accentuations. Mais contrairement au monde musical, le rythme de la parole n'est pas strictement régulier (Astésano, 2001). Chaque individu articule son phrasé selon son idiosyncrasie tout en respectant la métrique de sa langue maternelle. En musique, le rythme est imposé par le morceau et ne peut être interprété librement. Que ce soit au niveau de la parole ou de la musique, le rythme organise les éléments temporellement lors de leur exécution dans le temps (Cason et al., 2015).

Même si la parole n'est pas aussi rythmée que la musique (Patel, 2008 cité par Cason et al., 2015), elle est tout de même dépendante des contraintes rythmiques propres à chaque langue. Les auditeurs, à l'écoute d'un message, retirent et classent les informations rythmiques et prosodiques en fonction de leurs prééminences, afin d'en détacher du sens (Arvaniti, 2009). En effet, en français, la fin d'un groupe de mots est signalée par l'**accentuation** de la dernière syllabe (Hirst & Di Cristo, 1998 ; cités par Cason et al., 2015). Cependant cette prééminence ne se situe pas uniquement à ce niveau-là de la phrase. La structure syntaxique et lexicale et les groupes de mots sont également déterminés par les patrons accentuels et intonatifs (Astésano et al., 2004). Ainsi, les informations les plus importantes du discours sont mises en exergue. En musique, l'accent est prédéterminé dans le morceau et fait partie intégrante du rythme. Cela permet d'impulser une dynamique musicale. En effet, c'est par le rythme que sont révélées ces prééminences, tant au niveau musical que langagier (Astésano, 2001). L'accent participe donc à l'organisation de la phrase orale et musicale.

La **comptine** est un autre élément commun entre la musique et la parole. Sa fonctionnalité est d'être le liant entre eux. Elle favorise la communication infantile et est très utilisée dans la petite enfance. En effet, elle permet, par des mélodies simples, de stimuler l'écoute, la mémoire et l'attention auditive (Commeiras et al., 2017). Le jeune enfant se focalise sur la rythmique et la musicalité. Les comptines

⁴ « *Par conséquent, lorsque nous écoutons du langage et de la musique, non seulement nous attendons des mots ou des accords avec une signification et une fonction spécifiques, mais nous attendons également qu'ils soient présentés à temps!* » (traduit par mes soins).

permettent d'instaurer un rituel, de repérer les rythmes temporels mais aussi de le mobiliser dans l'activité. Avec des comptines gestuelles, une coordination motrice et langagière se met en place (Commeiras et al., 2017). Elles aident à mieux conscientiser les différents sons de la langue. L'autre avantage des comptines est qu'elles se basent sur la rime du langage (Overy, 2000) ainsi que sur l'allitération. Ces composants sensibilisent sur la phonologie et donc plus tard sur l'apprentissage de la lecture (Bryant et al., 1989). La mise en évidence de la rime dans les comptines est également à mettre en lien avec l'accentuation mise à la fin de nos phrases. Elles mettent en avant la prosodie et stimulent l'utilisation du langage oral. Elles développent la communication via les mimiques, les gestes, les onomatopées, l'accentuation, la rime et aident ainsi l'enfant dans son contact avec autrui (Moreau, 2016). Cet aspect non-verbal de prime abord est facilitant pour arriver ensuite à la parole. Maîtriser les rimes et allitérations est également un précurseur des habiletés en langage écrit. Cette connaissance prédit en effet la réussite en lecture et orthographe 2 à 3 années après (Bryant et al., 1989)

Pour finir, l'**émotion** est également un facteur commun aux deux disciplines (Commeiras et al., 2017). Seul le contenu du message diffère. D'un côté nous retrouvons un sens pointu et rigoureux et de l'autre énormément de sensation et d'expressivité (Kraus & Slater, 2015, cités par Garbar & Thouvenin, 2016). L'interlocuteur interprète et ressent les émotions qui lui sont véhiculées à travers les mots, la prosodie ou la musique en général. Dans l'enfance, des échanges émotionnels entre la figure maternelle et l'enfant pendant le balancement sont favorisés par un rythme régulier transmis par la mère. Plus tard, les groupes de personnes ou de musiciens se coordonnent grâce à ce dernier et propagent une émotion commune et concentrée (Benzon, 2002; Trehub, 2003 – cités par Provasi et al., 2014).

2. Dyslexie

2.1 L'entrée en lecture

Le modèle le plus connu qui explique les différentes étapes d'entrée au langage écrit est celui d'Uta Frith (1985) (Figure 2). Trois stades sont répertoriés : logographique ; alphabétique et orthographique. Le premier intervient entre 4 et 6 ans et correspond à l'identification de mots dans un contexte donné (ex : la marque sur la boîte de céréales). Le deuxième stade induit la découverte d'unités sonores et graphiques à l'intérieur du mot et de leur successivité dans l'espace et le temps. Ce dernier point est fondamental et est souvent lésé dans la dyslexie (Habib, 1997). Ce niveau est très important pour la mise en place de la segmentation, de la conversion et de l'association graphème-phonème et de l'écriture par la suite. En effet, il permet la lecture de mots nouveaux et la généralisation de ces mécanismes. Le sujet dyslexique va prendre du retard à cette étape du fait d'un défaut d'automatisation des règles de correspondances graphèmes-phonèmes et des graphies contextuelles qui leur posent réellement problème (Habib, 1997). Des mois de rééducation et des efforts intenses sont de ce fait nécessaires.

Enfin, le dernier stade entraîne une automatisation des processus et permet la reconnaissance immédiate du mot sans passer par son décodage. Il concerne la mise en place de la voie d'adressage. Cette dernière est corrélée avec la voie d'assemblage. Le passage entre le stade alphabétique et orthographique repose essentiellement sur la conscientisation de la structure phonologique de la parole (Habib, 1997). En effet, si l'enfant ne prend pas conscience des particularités des phonèmes et ne peut les décomposer alors les principes de la lecture et de l'orthographe ne peuvent aboutir convenablement. Au fur et à mesure de son apprentissage de la lecture, l'enfant emmagasine des formes lexicales qu'il active lorsqu'il rencontre de nouveaux mots. Cela vient élargir progressivement son stock orthographique. Un réseau se constitue en prenant en considération l'occurrence du mot, sa composition et son contexte sémantique d'apparition (Habib, 1997).

À ce niveau, le lecteur devient expert lorsqu'il utilise presque uniquement cette voie.

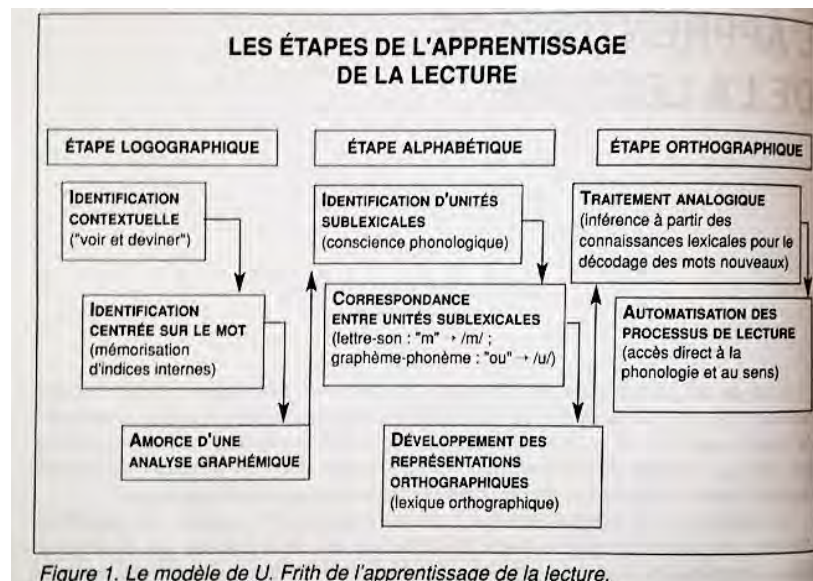


Figure 1. Le modèle de U. Frith de l'apprentissage de la lecture.

Figure 2 – Le modèle de U. FRITH de l'apprentissage de la lecture - extraite du livre « Dyslexie : le cerveau singulier » de M. Habib (1997), (p112)

2.2 Définition et caractéristiques de la dyslexie

La dyslexie développementale est une pathologie fréquemment rencontrée dans les cabinets orthophoniques. Elle n'est pas rare puisque 3 à 10 % de la population française serait touchée d'après le DSM-5 (Flaugnacco et al., 2015) et 4 à 5 % des élèves d'une classe d'âge selon la Fédération Française des Dys (FFDys). Par ailleurs 8 à 10% des individus de la planète seraient dyslexiques, même ceux qui n'ont pas le même rapport à la langue écrite que nous (Habib, 1997). Ainsi, elle peut être envisagée comme la deuxième affection neurologique la plus fréquente après la migraine (Habib, 1997).

C'est un trouble durable qui impacte aussi bien les résultats scolaires que la vie quotidienne et perdure toute la vie. Il concernerait davantage les garçons que les filles (Snowling, 2013). Des facteurs de risque à la fois génétiques et environnementaux peuvent entrer en jeu dans la dyslexie (Hulme & Snowling, 2009 ; cités par Snowling, 2013). La dyslexie est caractérisée de « développementale »

lorsqu'elle survient, comme son nom l'indique, lors du développement de l'enfant et non suite à un accident extérieur (contrairement aux dyslexies acquises). Ce trouble est présent tout au long de la vie mais ses répercussions peuvent être rééduquées par un.e orthophoniste (Denckla, 1993).

Les terminologies de la dyslexie ont évolué au fil du temps. Ainsi, Pringle Morgan (1896) a été le premier à décrire un cas de dyslexie développementale. Il a été le précurseur de l'étude des troubles spécifiques des apprentissages (Inserm, 2007 p 155). Ombredanne, en 1937, a permis l'introduction du terme de « dyslexie » sur le territoire français en s'appuyant sur les travaux des anglo-saxons (Bellone, 2003). Quant à Suzanne Borel-Maisonny, pionnière de l'orthophonie, elle la définit comme une « *difficulté particulière à identifier, comprendre et reproduire les symboles écrits qui a pour conséquence de troubler profondément l'apprentissage de la lecture en 5 et 8 ans, l'orthographe, la compréhension des textes et les acquisitions scolaires par la suite ...* » (Bellone, 2003).

La dyslexie est désignée dans le DSM – 5 par une difficulté de décodage et dans les relations entre les modèles d'orthographe des mots et leurs prononciations. Ce terme remplace les termes « *trouble de la lecture* » et la dyslexie intègre les « *troubles neurodéveloppementaux* ».

La dyslexie concerne des difficultés de lecture qui se situe en-deçà des compétences attendues pour le niveau scolaire et l'âge chronologique du sujet. Ces difficultés d'apprentissage leximétrique apparaissent au début de la scolarité. Pour poser le diagnostic final de dyslexie, elles doivent être installées depuis au moins 6 mois et persister à l'établissement de mesures et aides spécifiques à ces difficultés. Ne peuvent rentrer en compte dans cette pathologie, les déficiences intellectuelles, sensorielles ou sociales, l'absence d'enseignement adéquat et la méconnaissance de la langue française (Launay, 2018).

Dans le but de caractériser au mieux ce trouble, Castles et Coltheart (1993) ont proposé trois types de dyslexies : phonologiques, de surface et mixtes (Démonet et al., 2004).

La dyslexie phonologique concerne un défaut de la voie d'assemblage. L'association de lettres ou groupe de lettres à un son unique associé est déficitaire. Les erreurs réalisées porteront sur des mots nouveaux, des pseudo-mots et donneront lieu à des lexicalisations, c'est-à-dire que l'enfant remplacera le mot problématique par un autre plus connu (Démonet et al., 2004).

La dyslexie de surface correspond à une atteinte de la voie d'adressage. Cette voie évite de recourir au décodage phonologique utilisé par la voie d'assemblage, qui est plus long et fastidieux (Démonet et al., 2004). Les mots n'arrivent pas à être récupérés adéquatement dans le lexique orthographique interne et ne sont pas reconnus globalement. Ainsi, des erreurs sur les mots irréguliers sont commises et des régularisations sont faites, les mots irréguliers sont lus tels des réguliers (« *rhum* » lu « *rhume* », et compris comme tel) (Habib, 1997). La vitesse de déchiffrage est donc impactée. La dysorthographe de surface découle de cette dyslexie avec des erreurs du même acabit reportées en orthographe.

La dyslexie mixte englobe les deux dyslexies présentées précédemment.

2.3 Conséquences et comorbidités :

La dyslexie est rarement un trouble isolé. On retrouve souvent un autre trouble « dys » dans le diagnostic (Habib, 2014, cité par Launay, 2018). Des comorbidités sont liées à cette pathologie comme la dysorthographe, les troubles du langage, de l'attention, de la motricité et de l'hyperactivité (McArthur et al., 2000, McGrath et al., 2011, Rochelle & Talcott, 2006) (tous cités par Snowling, 2013). Snowling (2013) signale de plus des difficultés de mémoire de travail, d'attention et d'organisation. Hatcher et al., (2002), cités par Snowling (2013) ont montré, chez des étudiants dyslexiques, qu'une grande lenteur impactait toujours les sphères verbales et non verbales.

Ces comorbidités peuvent venir compliquer la pose d'un diagnostic. Il est donc nécessaire de garder à l'esprit cet aspect de déficits multiples.

Tableau 12.1 : Inventaire des diagnostics portés lors de 209 cas réussis reçus dans une consultation de troubles d'apprentissage (CHU de Marseille, d'après Habib, 2003)

Diagnostic	Nombre d'enfants atteints (N = 209)
Dyslexie, dysorthographe	177
Troubles du langage oral	84
Dyscalculie	48
Dysgraphie	37
Trouble déficit de l'attention/hyperactivité	32
Dysphasie	26
Précocité intellectuelle	21
Dyspraxie	19
Trouble des conduites	11
Autisme	2
Dyschronie	45

Tableau 1 - Inventaire des diagnostics portés lors de 209 cas réussis reçus dans une consultation de troubles d'apprentissage (CHU de Marseille, d'après HABIB, 2003) – (Inserm, 2007 p 344)

La dyslexie et ses troubles associés peuvent avoir des conséquences sur le moral au quotidien et sur la poursuite des études. Certains jeunes prolongent leurs études en allant à l'université mais d'autres s'arrêtent avec des aptitudes minimales (Snowling, 2013). Ce trouble suit l'individu tout au long de sa vie et son retentissement varie (Snowling, 2013). Des facteurs comme l'échec scolaire, l'anxiété ou encore les troubles du comportement peuvent découler de ce trouble neurodéveloppemental et sont handicapants pour l'évolution du sujet et son quotidien (Snowling & Hulme, 2011 ; Flaugnacco et al., 2015). Un sentiment de sous-performance, une diminution de l'estime de soi ainsi qu'une motivation fragile peuvent également émerger (Snowling, 2013). Les enfants dyslexiques sont souvent incompris, leurs déficits minimisés, et sont parfois dans une grande souffrance psychologique. L'environnement joue un rôle important de soutien et d'encouragement (Habib, 1997). La rééducation doit également prendre en compte ce genre de difficultés, en plus de celles déjà présentes dans le trouble.

2.4 Les causes et atteintes cérébrales :

La conception neurologique de la dyslexie a évolué au fil du temps, de Déjerine en 1891, en passant par Hinshelwood pour ensuite arriver à Samuel Orton qui détermina que le trouble n'était pas fonctionnel mais structurel de par la transmission génétique (seulement possible avec les caractères structurels) (Habib, 1997). Le fonctionnement différent du cerveau du dyslexique atteste de l'utilisation d'un circuit neuronal composé de détours. Ce dernier vient compenser ce système (Denckla, 1993). Plusieurs causes éventuelles de la dyslexie sont ainsi recensées dans la littérature scientifique.

2.4.1 Atteinte phonologique

La cause soutenue par le plus de partisans est celle du déficit phonologique avec des auteurs comme Snowling, (2000) ; Vellutino et al., (2004) et Sprenger-Charolles et al., (2006) (cités par Valdois, 2008).

La conscience phonologique correspond à la capacité d'un individu à percevoir, segmenter et manipuler les unités sonores du langage telles que la syllabe, la rime, le phonème. Elle comprend la conscience phonémique, la conscience de la rime et la mémoire verbale à court terme. La conscience phonémique est l'intégration, la segmentation et la manipulation du phonème, la plus petite unité de son. On peut la tester par exemple en demandant d'enlever le premier son d'un mot et d'indiquer quel nouveau mot cette suppression entraîne. La conscience phonémique reste un composant important dans l'acquisition de l'alphabétisation pour les lecteurs plus avancés (Lin et al., 2016). La rime, toujours présente dans le mot, correspond à la dernière syllabe de celui-ci. Elle aussi est touchée chez les patients dyslexiques lorsqu'ils doivent détecter auditivement les intrus (Habib, 2003). La mémoire verbale à court terme correspond à l'activation temporaire des connaissances langagières. Elle englobe les caractéristiques phonologiques et sémantiques ainsi que l'ordre d'apparition des stimuli verbaux à engrammer. Au niveau phonologique, elle a pour rôle de segmenter, mélanger, manipuler les sons et les mots. On peut la tester à l'aide d'empan de chiffres ou de lettres.

À travers la méta-analyse de Melby-Lervåg et al., (2012), de nombreuses données émergent. Ils rapportent que les enfants dyslexiques ont un important déficit en ce qui concerne la conscience phonémique, comparativement à des enfants du même âge chronologique et des enfants du même niveau de lecture. Il a été déterminé que la conscience phonémique était le meilleur prédicteur en ce qui concerne les différences individuelles dans l'acquisition et la maîtrise de lecture de mots (Melby-Lervåg et al., 2012). En 2008, Bowyer-Crane et al., (cité par Melby-Lervåg et al., 2012) ont mis en évidence qu'un entraînement alliant conscience phonémique et une instruction aux sons des lettres était probant chez des enfants faibles linguistiquement pour développer les compétences précoces en lecture et en orthographe.

Les conclusions issues de nombreux résultats montrent que pour être performant en lecture il est nécessaire de disposer de représentations phonologiques structurées phoniquement, et que les dyslexiques présentent des difficultés indéniables à ce niveau.

La conscience phonologique serait pour bon nombre d'auteurs, organisée hiérarchiquement. Elle irait de la capacité à extraire de grandes unités sonores (mots ou syllabes), puis des unités

intermédiaires (début de mots vs rimes) jusqu'à de petites unités (phonèmes) (Stanovich, 1992; Treiman & Zukowski, 1991 - cités par Melby-Lervåg et al., 2012). Différentes tâches ont été conçues afin d'évaluer ces différents niveaux phonologiques (suppression/ajout de syllabe ou de phonème ; inversion de syllabe ou de phonème ; détection de rime ; création de rime ...). Les tâches impliquant les unités minimales sont plus dures que celles relatives aux unités plus grandes (rime ou syllabes) (McBride-Chang, 2004 - cité par Melby-Lervåg et al., 2012). L'acquisition se ferait comme un entonnoir : les unités les plus grandes avant les phonèmes. En ce qui concerne les enfants dyslexiques, l'accès et la manipulation des représentations sonores et phonologiques des entités minimales des mots et plus généralement des phrases est difficile pour eux (Thomson et al., 2012). Les phonèmes phonétiquement proches mais différents phonologiquement sont confondus, contrairement aux autres enfants (Wolff, 2002). La segmentation des mots en syllabes ou phonèmes n'est pas acquise avant le CP. Elle est également difficilement maîtrisée après des mois d'apprentissage scolaire du langage écrit (Habib, 2003). La lecture de non-mots est également une tâche ardue chez les enfants dyslexiques de 8 et 9 ans (Joanisse et al., 2000).

Enfin, de nombreux auteurs s'accordent à dire que le déficit phonologique de la dyslexie pourrait être lié à un déficit du traitement temporel (Wolff, 2002 ; Tallal, citée par Habib, 1997). En effet, les transitions temporelles rapides seraient problématiques dans cette pathologie (Jucla, 2014). Il existe d'autres tâches au sein de la conscience phonologique, comme la conscience du temps. Goswami & Bryant (1990), cités par Melby-Lervåg et al., (2012) ont mis en avant son importance. En effet, les enfants se focalisant, lors de la lecture, sur les premières lettres et sur les unités de temps des mots énoncés seraient meilleurs pour manipuler les unités (Bradley & Bryant, 1983, cités par Melby-Lervåg et al., 2012).

Depuis longtemps, des études montrent qu'il existe un lien certain entre les tâches temporelles et le niveau de lecture. Eden et al., (cité par Habib, 1997) en fait la démonstration en 1995. Les enfants dyslexiques échouent à traiter des stimuli auditifs, linguistiques ou non, s'ils sont exposés rapidement. Les tâches ont été proposées en modalité visuelle afin d'écartier toute intervention de la mémoire. En 1951, Mira Stambak étudie le problème du rythme dans les dyslexies d'évolution. Par l'intermédiaire de plusieurs épreuves elle met en évidence que c'est la structuration temporelle qui est le plus troublée. Elle ajoute que les tâches de structuration temporelle sont celles ayant la plus grande interdépendance avec le niveau de lecture. Les épreuves de reproduction de rythmes montrent un retard important avec les enfants dits « normaux » (Stambak, 1951 ; Wolff, 2002). La reproduction de rythmes prédit un déficit temporel (Bella et al., 2016) et serait le meilleur prédicteur de la conscience phonologique, pré-requis au langage écrit (Flaugnacco et al., 2015). En effet, dans la parole, le rythme dépend de la modulation d'amplitude des stimuli. Or cette dernière participe à l'identification des syllabes et notamment des noyaux vocaliques. Chez la population dyslexique, cette modulation d'amplitude serait moins bien perçue que les normo-lecteurs (Goswami et al., 2002 cités par Jucla, 2014). Une autre étude de 2009 vient corroborer ces faits. Elle stipule que les enfants dyslexiques sont en difficulté sur une tâche simple de battement en synchronisation avec un métronome. Cette épreuve demandant simultanément un

timing précis et un séquençage d'événements moteurs non langagiers sous-tend un déficit de traitement temporel sous-jacent (Wigley et al., 2009).

La batterie Baasta a été conçue dans le but de détecter si le sujet a un déficit rythmique et ses particularités individuelles et des faiblesses dans ce domaine (Dalla Bella et al., 2016).

Les échecs de traitement auditif et de rythme prouvent ainsi qu'il y a une répercussion temporelle dans la dyslexie.

2.4.2 Déficit cérébelleux

Une autre hypothèse fréquemment retrouvée est celle du déficit cérébelleux, avancée par des auteurs comme Nicolson et al., (2001) qui énonce qu'une fonction cérébelleuse incongrue est retrouvée chez une quantité importante d'enfants dyslexiques.

Tout d'abord, le cervelet est impliqué dans de nombreuses fonctionnalités nécessaires à la mise en place de la lecture : le contrôle des mouvements oculaires, l'attention visuo-spatiale, la vision périphérique, la coordination et l'automatisation des compétences et de l'apprentissage (Nicolson, 1995, cité par Overy, 2000 ; Nicolson, 2001 ; Stein & Walsh, 1997 , cité par Inserm, 2017) ; il intervient donc au sein des mécanismes cognitifs supérieurs et donc linguistiques (Desmond, 1998, cité par Démonet et al., 2004). Ainsi, une lésion de l'hémisphère cérébelleux droit ou du vermis cérébelleux peuvent porter préjudice au développement de la lecture (Scott et al., (2001) et Moretti et al., 2002, cités par l'Inserm, 2017).

2.4.3 Atteinte visuelle

Sylviane Valdois est connue pour défendre la théorie d'une atteinte visuelle dans la dyslexie. Elle stipule qu'une diminution de l'empan visuo-attentionnel impacte la lecture. Cette notion, définie par Bosse, Tainturier et Valdois (2007) (cités par Valdois, 2008) renvoie à la « *quantité d'éléments visuels distincts qui peuvent être traités simultanément dans une configuration de plusieurs éléments.* » (Valdois, 2008). Ainsi, une restriction de cette fenêtre visuo-attentionnelle aura un impact sur la lecture globale du mot et par conséquent sur la voie d'adressage de l'individu. Cette dernière, si elle est touchée entraîne une dyslexie de surface. Cette dyslexie n'est pas liée à un trouble phonologique (voir Colé & Valdois, 2008, pour une revue, cités par Valdois, 2008)

De plus, 75% des dyslexiques seraient touchés par une atteinte ophtalmologique (Habib, 1997).

Nous concluons le chapitre de la dyslexie avec Margaret J. Snowling qui indique que

« *For dyslexia, effective interventions should include training in letter sounds, phoneme awareness, and linking letters and phonemes through writing and reading from texts at the appropriate level to reinforce emergent skills. Finally, evidence showing that children with dyslexic difficulties can be helped by specific interventions underlines the need for timely action rather than waiting for diagnosis.*» ⁵ (Snowling, 2013, p12).

⁵ « *Pour la dyslexie, des interventions efficaces devraient inclure une formation aux sons des lettres, à la conscience des phonèmes et à la liaison des lettres et des phonèmes par l'écriture et la lecture de textes au niveau approprié pour renforcer les compétences émergentes. Enfin, les preuves montrant que les enfants ayant des difficultés dyslexiques peuvent être aidés par des interventions spécifiques soulignent la nécessité d'une action rapide plutôt que d'attendre le diagnostic.* » (traduit par mes soins)

3. Lien entre la dyslexie et le rythme

3.1 Déficits rythmiques et temporels dans la dyslexie

Le rythme est décelé dès la naissance dans la musique (Winkler et al., 2009, cités par Provasi et al., 2014), mais également dans la voix et la parole. Ainsi, les prérequis au traitement spectral et temporel sont innés. Chez le nourrisson, la musique et le langage sont très liés et le sont tout au long du développement de l'apprentissage du langage, tant oral qu'écrit.

Les éléments musicaux du langage (rythme, timbre, contour mélodique) servent de structure pour le développement futur des aspects sémantiques et syntaxiques de la langue (Brandt et al., 2012).

Il a été rapporté par plusieurs articles qu'utiliser les activités musicales améliore les compétences autour du rythme. La coordination rythmique, d'autant plus si les rythmes moteurs et auditifs sont combinés, est mieux acquise. De par leurs aspects ludiques, la musique et la danse concourent à une meilleure motivation et engagement de la part de l'enfant, ce qui participe à un apprentissage réussi (Huss et al., 2011). Thaut, (2005) (cité par Huss et al., 2011) complète cette idée en disant que « *such activities "train the brain" in aspects of temporal structure and organisation that are central to cognitive, motor and emotional development.* »⁶.

Sachant qu'il y a des aires communes entre la musique, le rythme et le langage ; il semble évident de trouver des liens entre eux. Comme cités précédemment, les aires auditives, le cervelet, le faisceau arqué ou encore le planum temporal jouent un rôle déterminant dans ces deux domaines. À partir de ces corrélations, de nombreuses études ont recensé au fil des années les déficits rythmiques et temporels des personnes dyslexiques.

Nous allons dans cette partie détailler les difficultés rythmiques et temporelles dans cette population à l'aide d'études scientifiques menées au cours des dernières décennies.

Tout d'abord, le **traitement auditif** ne serait pas optimal dans cette population (Brandt et al., 2012). Mal percevoir les signaux auditifs peut avoir des répercussions sur le langage oral mais aussi écrit. Le traitement auditif relève d'un processus de bas niveau mais celui-ci a son importance dans la prise en compte des schémas d'accentuation rythmique et par conséquent sur le développement des capacités de traitement phonologique (Goswami et al., 2013). Une perception auditive altérée des modulations temporelles lentes (<10 Hz) de la parole est donc susceptible de causer un mauvais discernement du rythme de la parole et de la tension syllabique (Flaugnacco et al., 2014). L'article de Goswami précédemment cité suppose que la sensibilité auditive du **temps de montée de l'enveloppe d'amplitude** prédit la conscience phonologique et prosodique ultérieure. Il correspond au temps mis pour atteindre le centre perceptif de la syllabe et plus précisément de la voyelle. Il est lié à la capacité à réceptionner et répondre à des signaux d'entrée rapides. Le temps de montée permet de mettre en

⁶ « *de telles activités «entraînent le cerveau» dans des aspects de la structure et de l'organisation temporelles qui sont au cœur du développement cognitif, moteur et émotionnel.* » (traduit par mes soins).

relief les accents et les syllabes clé dans le discours (Huss et al., 2011) et de distinguer les structures phonétiques ainsi que le rythme de la parole (Thomson et al., 2012). En effet, si les temps de montée varient sur un ton continu non vocal, la perception induite est celle d'un rythme battu plus fortement ou plus faiblement (Goswami et al., 2002 ; cités par Thomson et al., 2012). De plus, les temps de montée plus saillants se situent sur les syllabes accentuées (Thomson et al., 2012). Étant donné que dans la parole se mêlent des syllabes dites fortes et faibles en fonction de leur accentuation, le temps de montée participe donc à la perception du timing rythmique de la parole (Goswami, 2013).

Les relations cohérentes trouvées pour le traitement des temps de montée peuvent suggérer que la détection précise des signaux supra-segmentaux est plus importante pour le développement des représentations phonologiques, et par conséquent la lecture, que la détection des signaux rapides ou transitoires (Foxton et al., 2003 ; cités par Richardson et al., 2004). Les temps de montée sont décisifs dans l'analyse du signal vocal. En effet, ils facilitent la segmentation temporelle du signal acoustique émis en syllabes (Goswami, 2010). Ils sont impactés chez les enfants dyslexiques dans différentes langues notamment quand ils sont plus longs. L'étude menée par Goswami et al., (2013), évalue le lien entre le temps de montée et la conscience prosodique et phonologique à l'aide de trois mesures, en utilisant à la fois les versants oraux et écrits. Les résultats émanant révèlent que les traitements auditifs de base et notamment le temps de montée prédisent significativement la conscience phonologique sous-lexicale et qu'ils sont intimement associés à l'expérience perceptive de l'accentuation des syllabes. Leur seconde expérience a mis en exergue que les enfants dyslexiques avaient encore des troubles de perception de l'accentuation syllabique quatre ans après malgré un enseignement scolaire langagier et de lecture durant cette période. Ainsi, selon Usha Goswami, les temps de montée sont des paramètres à ne pas négliger dans le développement de la conscience phonologique et par extension de la dyslexie. Une étude de Huss et al., (2011) a également testé le temps de montée sur différentes épreuves et a établi un fort lien avec le développement prosodique et phonologique. Il est par ailleurs lié à l'accent puisqu'il permet de le souligner dans le discours. De plus, les syllabes accentuées ont des temps de montée plus longs (Goswami et al., 2013). Les adultes dyslexiques ont montré une sensibilité plus faible à l'accentuation des syllabes par rapport à des adultes neurotypiques (Goswami et al., 2013). Cette difficulté est due au temps de montée de l'enveloppe d'amplitude. Il est essentiel de rappeler que **l'accentuation** est un élément central dans le rythme mais également au sein de la parole. Cette dernière est parsemée de syllabes accentuées et inaccentuées nous permettant ainsi de mieux percevoir les discours. La sensibilité aux accents est un prédicteur significatif de la lecture de mots chez les enfants de 6 ans selon l'étude de Lin et al., (2016). L'accentuation permet de mieux segmenter les mots, or celle-ci est impactée dans la population dyslexique (Goswami, 2013). Or, l'accent permet de faciliter l'identification et l'analyse des phonèmes et syllabes (Wood & Terrell, 1998) et d'induire une sensation de battement et ainsi de mieux percevoir et mémoriser les éléments entendus (Hannon et al., 2018). Il n'est pas aisé pour les personnes dyslexiques de percevoir ces notions de battement et de rythme en général (Flaugnacco et al., 2014). Or, elles sont concomitantes à la musique et à la parole. En musique, la structure rythmique est à la fois basée et non basée sur le battement, et dans la parole celle-ci n'est basée que sur le battement (Ozernov-Palchik & Patel, 2018). C'est laborieux pour les sujets dyslexiques d'exécuter des **tâches** impliquant de la **rythmique** comme percevoir si des rythmes

sont identiques ou différents, percevoir le tempo, parler et taper en rythme avec un métronome (Overy, 2000 ; Huss et al., 2011 ; Brandt et al., 2012). Dans son étude, Overy (2000) établit un profil des aptitudes musicales comprenant la perception et la production du rythme, du tempo, la mélodie et le timbre, la détection de notes, dans le but de déterminer les difficultés des enfants dyslexiques. Elle retrouve des aptitudes inférieures par rapport aux neurotypiques sur les **tests de perception et production de rythme, la perception du tempo et dans le traitement temporel rapide**. En 2012, Brandt et al., rejoignent cette idée en mentionnant que la dyslexie résulte d'un problème sous-jacent de traitement rapide, une perception altérée du timbre ainsi que des difficultés à parler et à taper en synchronisation avec un métronome et à percevoir si des rythmes sont similaires ou différents. Les tâches de perception métrique et de reproduction de rythmes permettent de mesurer de manière globale le traitement temporel, dont la modulation d'amplitude, le regroupement des événements séquencés et la mise en pratique d'une hiérarchie métrique (Flaugnacco et al., 2014). Or, ces mesures sont impactées dans la dyslexie développementale. Dans leur étude, Huss et al., (2011), leur épreuve mesurant la perception du mètre musical a mis en évidence un lien avec la détection du temps de montée et de l'intensité. Ils ont corrélé cette donnée à l'importance de la structure métrique pour le développement phonologique dans l'enfance. La notion de structure métrique renvoie ici à la position du temps accentué dans la mesure. Flaugnacco et al., (2014) reprennent les données des études citées précédemment et retrouvent des issues similaires. Ils rajoutent que la tâche de reproduction de rythme était sérieusement liée à une grande partie des résultats de conscience phonologique et de lecture. Cette épreuve de reproduction de rythme s'est révélée être le meilleur prédicteur de la conscience phonologique (Commeiras et al., 2017). D'après l'étude de Flaugnacco et al., (2015), cette découverte n'est pas étonnante car cette épreuve est la plus complexe au niveau temporel. Elle nécessite en effet de traiter avec précision les données temporelles comme le rythme, qui est la réalisation de surface de la structure métrique, de stocker une représentation temporelle auditive des sons et d'avoir pour finir de bonnes compétences sensorimotrices permettant une reproduction précise des représentations intériorisées. Déjà en 1951, c'est ce test qui comprend l'écart le plus significatif entre les enfants dyslexiques et les normaux (Stambak, 1951). Même à partir d'un support visuel, les sujets pathologiques échouent pour reproduire les rythmes (Stambak, 1951). Le symbolisme représenté est compris et expliqué correctement oralement mais n'est pas frappé correctement. Les difficultés présentes relèvent à la fois d'un problème d'écoute rythmique mais aussi **d'anticipation** et de **synchronisation** (Goswami, 2013). Wolff (2002), dans son étude, a évalué les performances d'élèves dyslexiques de 10 à 16 ans sur des tâches de reproduction de cadences d'un métronome qui pouvaient changer au cours de l'épreuve, de reproduction de motifs rythmiques sans, puis avec, contrainte métronomique. Il a démontré que les dyslexiques avaient de grandes difficultés à reproduire complètement le schéma rythmique simple et qu'ils mettaient 3 à 4 fois plus de temps pour anticiper que les normo-lecteurs mais également pour revenir à une structure rythmique précédente. Soit la structure rythmique n'est pas bien reproduite, soit ils sur-anticipent, soit ils sont en retard. Or l'anticipation est essentielle pour une action motrice qualifiée et dans la cognition en général, principalement dans le langage oral et écrit (Requin, 1980, cité par Wolff, 2002). Tierney et Kraus (2014) ajoutent que cette perception de la synchronisation et surtout celle de la parole est vitale pour l'acquisition de compétences phonologiques et donc pour la lecture.

Ainsi, au niveau temporel nous retrouvons dans cette population plusieurs difficultés à **structurer le temps** (Stambak, 1951). Cela se mesure par les problèmes rythmiques énoncés précédemment mais également par un problème de respect et de suivi d'un timing rapide (Overy, 2003) et des traitements temporels rapides en général. Maîtriser le voice onset time (VOT) pose également question chez eux. En effet, les dyslexiques sont moins performants sur les variations de durée et le traitement des durées courtes et sur le temps de voisement (Commeiras et al., 2017) mais également sur la perception des paramètres linguistiques et phonologiques (Chobert & Besson, 2011). Le VOT joue un rôle dans la segmentation syllabique et phonémique (Fabre & Bedoin, 2003 cités par Garbar & Thouvenin, 2016) et dans le développement des représentations phonologiques plus fiables. Ainsi il est totalement évident que cette atteinte de la structuration temporelle influe sur la conscience phonologique et le développement de la lecture (Stambak, 1951).

Les déficits de **traitement temporel** ont longtemps été répertoriés dans les recherches sur la dyslexie. Beaucoup d'études confluent pour dire que le traitement temporel, l'alignement temporel, le séquençage temporel et l'échantillonnage temporel sont déficitaires dans la dyslexie développementale (Goswami et al., 2002 cités par Casini et al., 2017). Dans leur étude, Casini et al., (2017) ont cherché à prouver que la dyslexie présente bien des désordres dans le traitement temporel. Pour ce faire, ils ont mené deux expériences, comprenant des tâches d'identification de mots avec un bruit blanc pour masquer le dernier son, des tâches temporelles explicites et implicites de bissection en auditif et en visuel, et des tâches évaluant l'impact ou non de l'attention dans les performances des sujets testés. Les résultats attestent que les enfants dyslexiques sont plus variables dans leurs jugements, qu'ils ont du mal à discriminer les durées des voyelles courtes et dans les durées intermédiaires. Aucun effet attentionnel n'a été retrouvé. Les auteurs concluent que plus les sujets dyslexiques étaient variables dans la tâche temporelle explicite et plus leurs tâches phonologiques et de lecture étaient altérées. En ce qui concerne l'alignement temporel, Cason et al., (2015) énoncent que la compréhension de la parole est meilleure grâce à un alignement temporel entre les battements accentués et les syllabes accentuées. En effet, comme mentionné dans la sous-partie 1.2.2, l'accent favorise l'identification des syllabes et phonèmes et la prévisibilité temporelle contribue au traitement de la parole. Ainsi, une atteinte de cet alignement et de cette prédictibilité temporelle affecte la perception et le traitement de la parole, comme c'est le cas dans la dyslexie développementale.

De par ces recensements de déficits caractéristiques de la dyslexie, nous remarquons qu'ils font tous référence à un déficit rythmique. Le rythme est un mécanisme sous-jacent présent dans de nombreux prérequis à la lecture. Ainsi, étant à la fois au centre de la musique et des prérequis leximétriques, il est évident de placer le rythme au centre d'un protocole de remédiation de la dyslexie. Quelques études ont montré que les entraînements musicaux basés notamment sur le rythme amélioraient la lecture chez les populations dyslexiques.

Flaugnacco et al., (2014) ont soumis l'idée qu'établir un entraînement musical axé sur le rythme permettrait à la fois d'améliorer la lecture mais également de repérer précocement les enfants faibles phonologiquement et ainsi de les prendre en charge en amont de l'entrée au CP. En effet, chez les enfants, cela permettrait de mieux détecter les fins d'énoncés et l'accentuation finale, le VOT et la

conscience phonologique en général (Brandt et al., 2012). La connaissance des comptines a également été retrouvée au sein des études en lien avec la dyslexie. Comme déjà mentionné au chapitre précédent, les comptines sont indispensables au développement de l'enfant que ce soit pour son langage oral ou son langage écrit à travers notamment la conscience phonologique (Overy, 2000).

3.2 En quoi une formation musicale peut impacter le langage écrit (et oral par la même occasion)

De nombreux auteurs ont supposé, qu'entraîner l'enfant musicalement et surtout rythmiquement peut améliorer son langage oral et écrit. Cette hypothèse a d'ailleurs été émise pour la première fois en 1975 par Hurwitz et al., (cités par Tierney & Kraus, 2014). Dans cette étude, une comparaison a été faite entre deux groupes, l'un a suivi le programme Kodaly tandis que l'autre ne suivait pas de formation de musicale. L'enseignement se faisait cinq jours par semaine pendant environ 40 minutes. La durée totale de l'étude est de sept mois. Les résultats rapportent que le groupe musical a traité plus efficacement les tâches temporelles et spatiales ainsi que les tests de lecture que le groupe contrôle. Il est important de préciser que l'étude a été menée sur une population de neurotypiques (Hurwitz et al., 1975).

Une formation musicale peut impacter le langage écrit, et ce pour plusieurs raisons. Pour commencer, la musique modifie aux niveaux fonctionnels et structurels les zones cérébrales auditives et sensori-motrices (Flaunacco et al., 2015). En effet, des individus ayant suivi une formation musicale relativement courte ont amélioré leur traitement auditif par rapport à ceux qui ne l'ont pas suivie (Banai & Ahissar, 2013). La musique combine de concert des aspects sensoriels et moteurs (Habib et al., 2016). La performance des musiciens est meilleure que celle des non-musiciens dans l'analyse des caractéristiques acoustiques (Banai & Ahissar, 2013). De cette façon, les capacités de discrimination induites par ces changements sont meilleures chez les musiciens. Il a été démontré dans plusieurs écrits que la musique possède une capacité de transfert dans le cerveau (Habib & Besson, 2009). Cela signifie qu'elle influe sur d'autres zones cérébrales qui ne sont pas actionnées directement lors de l'action musicale. Avec sa palette de fonctionnalités, elle sert ainsi de tremplin pour stimuler des zones non concernées au préalable (Lecoq et Suchaut, 2012). C'est le cas à la fois pour le traitement de la parole (Moreno et al., 2009) mais également des représentations phonologiques (Chobert & Besson, 2011). L'étude de Flaunacco et al., 2015, a présenté une amélioration des capacités phonologiques et de lecture grâce à une formation musicale. Elle montre également que celles-ci sont prédictives du développement leximétrique futur des enfants évalués. Les compétences en lecture peuvent également être présagées par la capacité à percevoir la musique (Anvari et al., 2002, cités par Besson et al., 2007). La précocité a également un rôle dans l'intensité des effets musicaux sur les structures neuronales des enfants d'âge préscolaire. En effet, plus la musique est débutée tôt et plus les structures sont modifiées, grâce à la plasticité cérébrale (Habib & Besson, 2009). Moreno et al., (2009) rajoutent que l'effet de la musique est apparent de la petite enfance à l'âge adulte et que même une courte formation musicale a des effets similaires à ceux d'une formation plus longue. De ce fait, qu'elle soit longue ou courte, la

formation musicale influe sur le traitement des signaux acoustiques de base, propices à la fois pour la parole et la musique.

Les bienfaits de la musique dans les domaines linguistiques, de l'accentuation, de la prosodie, de la segmentation de la parole et dans les prérequis de la lecture, à savoir la conscience phonologique et la mémoire de travail ont été mis en évidence dans de nombreuses études. (Tallal et Gaab 2006 – cités par François et al., 2013, Flaugnacco et al., 2015 ; Overy, 2003 et Moreno et al., 2008 – cités par Habib & Besson, 2009). Les bénéfices musicaux se répercutent ainsi sur la lecture.

Plusieurs études ont d'ailleurs relaté un défaut de sensibilité à la prosodie de la parole et à la perception du discours dans la dyslexie développementale. Un entraînement musical permettrait donc de favoriser ces points (Bonacina et al., 2015). D'après Bolduc (2006), la musique développerait par ailleurs le niveau général de réussite scolaire, la confiance en soi, les fonctions transversales comme la mémoire et l'attention, et le langage écrit (Moreau, 2016).

En ce qui concerne plus précisément la lecture, de nombreuses données rapportent une amélioration indéniable de cet apprentissage grâce à la musique. Tout d'abord, la perception du VOT serait facilitée par la musique et permettrait par la même occasion de construire des évocations phonologiques avérées (Chobert & Besson, 2011). D'après l'étude de Fisher (2001), les classes ayant joui d'une intervention musicale ont amendé leurs compétences en lecture comparé aux autres (Lessard & Bolduc, 2011). Il a même été démontré que ces effets profitent également aux lecteurs non dyslexiques (Moreno et al., 2009 – cités par Flaugnacco et al., 2014). Moreno et al., (2008) ont de plus mis en évidence que cet apport concernait également les mots complexes (Habib & Besson, 2009).

Enfin, suite à un entraînement musical, les difficultés de discrimination temporelle, mises en évidence chez les dyslexiques ont pu s'amoinrir (Overy, 2003, citée par Tillmann, 2012).

Pour conclure, la formation musicale et notamment rythmique peut soit apporter une alternative supplémentaire aux formations conventionnelles soit remplacer ces dernières en cas de non adhésion par le patient à ces méthodes (Thomson et al., 2012). Au vu de ce qui a été rapporté par les différents articles cités précédemment en termes de déficits dans la population dyslexique au niveau rythmique et temporel, il paraît indispensable de se concentrer dès lors sur les études rapportant des remédiations potentielles de la dyslexie à travers le rythme. Ces éléments sont essentiels afin de déterminer s'il existe des protocoles fiables et opérationnels dans le cadre de rééducation de la dyslexie développementale. Dans le cas contraire, tous les éléments rapportés dans les études concernant les déficits et celles concernant des remédiations peuvent servir pour monter un protocole viable pour les cabinets orthophoniques.

4. Buts de la recherche et hypothèses

De nombreux articles ont recensé les déficits d'ordre rythmique et temporel dans la dyslexie développementale tels que le temps de montée de l'enveloppe du signal, la perception et la production du rythme, la synchronisation et l'anticipation.

D'autres études font l'état d'amélioration grâce à la musique au niveau des structures cérébrales. En effet, de nombreuses aires cérébrales sont interconnectées anatomiquement et interagissent fonctionnellement (Planton & Démonet, 2012). Ceci est particulièrement avéré pour le langage oral et la musique mais également pour le langage écrit et la musique.

De par la plasticité cérébrale, l'activité musicale parvient à moduler les structures internes du cerveau et à améliorer de la sorte les résultats dans différentes épreuves en langages oral et écrit et en phonologie (Habib & Besson, 2009). Ainsi, des transferts se font de la musique au traitement de la parole (Moreno et al., 2009). Par ailleurs, des stimulations musicales parviennent à stimuler des aires cérébrales distantes (Commeiras et al., 2017)

Ainsi « ... *by developing both perceptual and cognitive functions, music training shapes individual development* » ⁷ (Patel 2010, cité par François et al., 2012 p 2042).

Il paraît donc indispensable de s'en saisir afin de monter des protocoles de remédiation.

Goswami (citée par Schön & Tillmann, 2015) discute des avantages potentiels des pratiques éducatives basées sur le rythme et la musique car ceux-ci pourraient entraîner les réseaux de traitement temporel altérés. La musique peut par ailleurs offrir un cadre de rééducation motivant et stimulant pour les patients.

Quant à Snowling (2013), elle rapporte qu'une identification et une intervention précoce des enfants dyslexiques est préconisée. Des études comme celle de Banai et al., (2013) rapportent qu'une formation musicale influence la perception auditive, d'autres comme celle de Goswami et al., (2013) indiquent que des interventions basées sur la perception de battements musicaux permettraient d'améliorer le traitement phonologique.

Néanmoins, il est plutôt rare de trouver de tels articles dans la littérature scientifique. En effet, une revue de la littérature a tenté de faire un état des lieux des protocoles de rééducation possibles, respectant certains critères de sélection (Cogo-Moreira et al., 2012). Sur les 851 références trouvées au départ, aucune n'a pu être sélectionnée dans l'analyse finale. La revue se basait sur des articles fondés sur des essais contrôlés et randomisés testant l'éducation musicale dans le but d'améliorer les compétences en lecture dans la population dyslexique. Elle conclut donc qu'il n'était pas possible à l'heure de cette publication (2012) d'établir une preuve de l'efficacité d'une formation musicale pour renforcer les capacités de lecture des personnes dyslexiques. Cette revue de la littérature préconise de mener des études comprenant des essais contrôlés randomisés et d'y associer différents professionnels tels que des musiciens, orthophonistes, psychologues, médecins ou encore audioprothésistes.

Cette revue a exposé différentes hypothèses issues de plusieurs articles scientifiques concernant les déficits musicaux des dyslexiques. Il est noté que des atteintes de la hauteur, du traitement temporel de la lecture avec un défaut de timing précis ou rapide, ou encore de la sensibilité métrique, peuvent être améliorées grâce à une expérience musicale (Cogo-Moreira et al., 2012). Cette

⁷ « *en développant à la fois des fonctions perceptuelles et cognitives, la formation musicale façonne le développement individuel* » (traduit par mes soins).

dernière peut également avoir des effets positifs sur les capacités du langage et d'alphabétisation de par les similitudes entre la parole et la musique (Cogo-Moreira et al., 2012). Schön et Tillmann (2015) prétendent qu'une stimulation rythmique permettrait d'améliorer le traitement du langage.

Nous nous demandons alors si des protocoles de remédiation des troubles de la conscience phonologique et de lecture par le rythme sont efficaces sur les enfants dyslexiques et les mauvais lecteurs.

Nous faisons l'hypothèse que l'application d'une remédiation musicale axée sur le rythme pourrait améliorer les compétences phonologiques et de lecture dans la dyslexie développementale ainsi que chez les mauvais lecteurs mais pourrait également permettre aux thérapeutes de repenser leurs objectifs thérapeutiques et d'inclure un protocole rythmique dans leurs protocoles de rééducations.

MÉTHODOLOGIE DE LA RECHERCHE :

1. Détermination de la question de recherche et les hypothèses

L'objectif de notre revue est de faire le point sur les remédiations existantes basées sur le rythme dans le but d'améliorer les compétences en lecture dans la dyslexie développementale.

Pour ce faire, nous avons utilisé le système PICO dans le but d'établir notre problématique :

- **"Patient/problem"** : la population ou le problème concerné par notre recherche. Cette dernière concerne la dyslexie développementale et plus particulièrement les enfants sujets à cette pathologie.
- **"Intervention"** : c'est l'intervention envisagée pour le patient. Dans notre cas, il s'agit d'une formation rythmique.
- **"Comparison"** : comparaison avec une autre intervention ou aucune intervention. Ce point PICO est facultatif. Dans l'analyse des articles sélectionnés, on portera une attention sur la présence ou non de comparaisons et quelles sont les comparaisons effectuées.
- **"Outcomes"** : ce sont les résultats, objectifs à atteindre. Pour notre étude, ce sont les différentes améliorations dans le langage écrit, mesurables par des progrès en conscience phonologique, en lecture (précision et/ou vitesse) de mots, pseudo-mots, phrases, textes ...

Notre question de recherche se pose donc ainsi : *La mise en place d'un protocole axé sur le rythme permet-elle une amélioration des compétences en lecture ainsi que la conscience phonologique dans la dyslexie développementale ?*

2. Sélection des articles

Suite à cette question PICO nous avons effectué une recherche sur Archipel (Figure 3). Cette base de données regroupe PubMed, ScienceDirect, Web Of Science et Medline. Ainsi, une seule recherche sur Archipel fut nécessaire afin de cibler les articles.

Nous avons utilisé les mots clés et filtres suivants :

- Rhythm OR Music
- Dyslex*
- Therap* OR Intervention OR Training
- Child*

Tous ces mots clés ont été préalablement choisis via MeSH Database sur Pubmed.

Ils sont reliés par l'opérateur booléen AND.

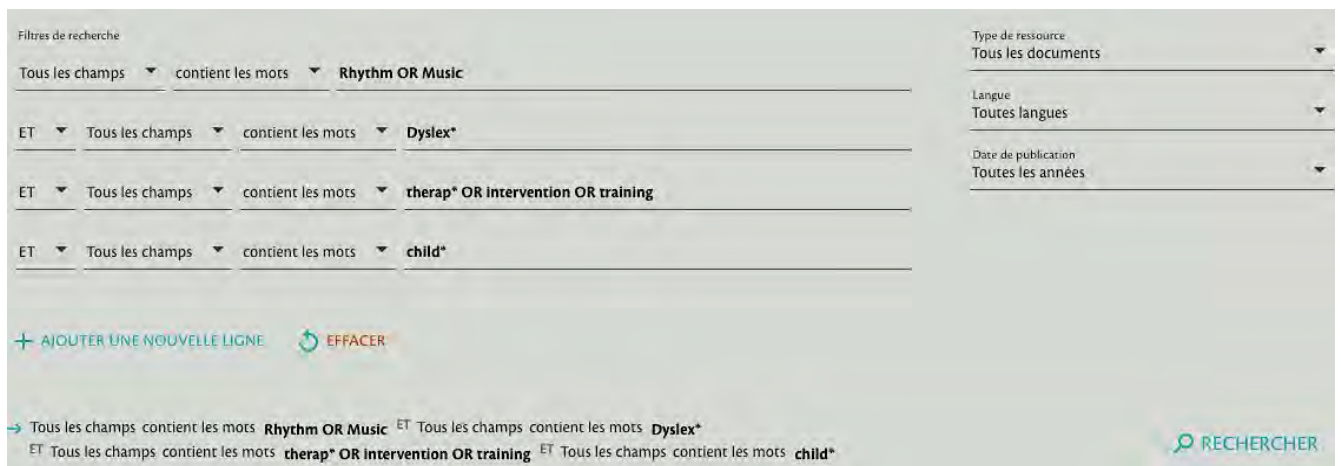


Figure 3 – Mots clés recherchés dans la base de données Archipel

L'utilisation de filtres fut nécessaire afin de cibler au mieux nos objectifs (Figure 4).

Les filtres utilisés sont les suivants :

- Articles
- Articles de journaux
- Chapitres de livres
- Années 1990 à 2021
- Anglais
- Français



Figure 4 – Filtres activés dans la base de données Archipel

- 1458 articles ont été trouvés en rapport avec ces mots clés. 1 article, issu de la liste des articles lus pour la partie théorique a été inclus car il répondait aux critères d'inclusion suivants : intervention rythmique à destination des enfants dyslexiques.
- 1412 articles ont été éliminés par lecture simple de leur titre.
- 26 autres ont été éliminés suite à la lecture de leur résumé. En effet, certains, étudiaient exclusivement la population dyslexique adulte, d'autres ne prenaient pas en compte une définition du rythme adaptée à notre sujet, d'autres encore établissaient une comparaison entre musiciens et non-musiciens, ou étudiaient le domaine de la danse. La revue de la littérature de Cogo-Moreira et al., (2012) a également été exclue car elle ne proposait pas d'intervention.
- Enfin, 2 articles, par lecture intégrale, ont été également écartés car le premier ne proposait pas de protocole et le second donnait des pistes de remédiations par le rythme sans avoir mené d'étude.

Suite à cette recherche et à cette minutieuse sélection, 10 articles ont donc été retenus. Aucun critère se basant sur la spécification de l'étude (essai contrôle randomisé, étude de cas) n'a été déterminé pour la sélection de la revue de littérature.

Il est important de préciser que sur ces 10 articles, deux articles traitent d'un programme sur une population de maternelle afin d'évaluer l'effet d'une formation musicale sur le développement de la conscience phonologique et trois autres articles traitent de « mauvais lecteurs » et pas officiellement diagnostiqués comme étant dyslexiques ou encore d'enfants ayant des difficultés de lecture dans des zones sous-dotées.

Le PRISMA Flow Diagram présentant le déroulé de la sélection d'articles se trouve en Annexe 1.

3. Tableau récapitulatif des articles sélectionnés

Référence article	Titre	Auteurs	Année de parution	Caractéristiques des participants	Méthode
R1	A Rhythmic Musical Intervention for Poor Readers- A Comparison of Efficacy With a Letter-Based Intervention	Adeetee Bhide, Alan Power, Usha Goswami,	2013	19 enfants anglais âgés de 6 à 7 ans : - 10 ont participé à l'intervention musicale - 9 à l'intervention GraphoGame	Comparaison entre 2 interventions : - musicale : basée sur la théorie de l'échantillonnage temporel - informatique : GraphoGames Rime
R2	At-Risk Elementary School Children with One Year of Classroom Music Instruction Are Better at Keeping a Beat	Jessica Slater, Adam Tierney, Nina Kraus	2013	60 enfants américains entre 6 et 9 ans : - 29 ont suivi la formation - 31 groupe témoin	Comparaison entre 2 groupes : le groupe expérimental qui a eu la formation Harmony et le groupe témoin qui aura la formation 1 an après
R3	Auditory processing interventions and developmental dyslexia- a comparison of phonemic and rhythmic approaches	Jennifer M. Thomson Victoria Leong Usha Goswami	2012	33 enfants dyslexiques anglais au total -9 enfants dans le groupe RHYTHM	Comparaison entre une formation basée sur le rythme (RHYTHM) ; une autre basée sur la phonologie

				(âge moyen 9 ans et 4 mois) -12 dans le groupe PHONOMENA (âge moyen 9 ans et 5 mois) -12 témoins (âge moyen 9 ans et 4 mois)	(PHONOMENA) et un groupe contrôle.
R4	Dyslexia and Music - From timing deficits to musical intervention	Katie Overy	2003	3 études avec des sujets anglais: Étude 1 (R4a) : étude exploratoire dans une classe d'enfants dépistés pour la dyslexie : 28 enfants de 6,7 ans en moyenne : - 6 à « haut risque » - 6 à « risque modéré » - 16 enfants « sans risque » Étude 2 (R4b): intervention musicale menée auprès de 9 garçons dyslexiques Étude 3 (R4c): étude finale avec 26 enfants : - 15 garçons dyslexiques - 11 enfants témoins	Étude 1 : cours de musique basés sur le chant durant 1 an : Comparaison entre le début et fin d'année Étude 2 : Comparaison entre 2 temps d'intervention différents (avant intervention et après) Étude 3 : comparaison entre les compétences musicales des enfants dyslexiques à celles d'enfants témoins.
R5	Dyslexia, Temporal Processing and Music- The Potential of Music as an Early Learning Aid for Dyslexic Children	Katie Overy	2000	22 enfants anglais au total : - 6 enfants ont été classés comme à risque fort de dyslexie - 16 enfants classés « sans risque »	Correspond à l'étude 1 de l'article précédent: <i>Dyslexia and Music - From timing deficits to musical intervention</i> Comparaison entre 2 groupes d'enfants
R6	Effectiveness of Music Education for the Improvement of Reading Skills and Academic Achievement in Young Poor Readers- A Pragmatic Cluster-Randomized, Controlled Clinical Trial	Hugo Cogo-Moreira, Clara Regina Brandão de Ávila, George B. Ploubidis, Jair de Jesus Mari	2013	235 enfants brésiliens avec des difficultés de lecture au total : - 114 ont eu une intervention - 121 témoins	Comparaison entre 2 groupes d'enfants : groupe expérimental avec une intervention et un groupe témoin sans intervention

R7	Effects of a music programme on kindergartners' phonological awareness skills 1	Jonathan Bolduc	2009	104 participants québécois de maternelle : 2 groupes : - 51 enfants en expérimental - 53 témoins (moyenne d'âge 5 ans et 1 mois.)	Comparaison entre 2 programmes de musique Standley et Hughes (expérimental) et le programme du ministère de l'éducation du Québec (témoin)
R8	Links between early rhythm skills, musical training, and phonological awareness	Catherine Moritz Sasha Yampolsky Georgios Papadelis Jennifer Thomson Maryanne Wolf	2013	2 études d'enfants de maternelle américains (Boston) : Étude 1 (R8a): 30 enfants au total : - 15 enfants suivant la méthode Kodaly 45 min / j (expérimentaux) - 15 enfants suivant l'approche Silver-Burdett 35 min / sem (contrôle) Âge moyen pour les 2 groupes : 5,6 ans. Étude 2 (R8b): 12 élèves de CE1 qui avaient participé à l'étude 1 en tant qu'élèves de maternelle : - 8 élèves de CE1 provenaient du groupe expérimental de l'étude 1 - 4 du groupe témoin (l'âge moyen : 8,1 ans)	Étude 1: Comparaison entre 2 programmes musicaux à des intensités différentes Étude 2: examen exploratoire préliminaire des corrélations potentielles entre les compétences rythmiques au début de la maternelle et l'AP et les compétences en lecture en CE1, dans le même groupe d'enfants
R9	Music and Dyslexia- A New Musical Training Method to Improve Reading and Related Disorders	Michel Habib, Chloé Lardy, Tristan Desiles, Céline Commeiras, Julie Chobert Mireille Besson	2016	2 études sur des sujets français Étude 1 (R9a): 24 enfants au total : -12 enfants de 8,2 à 11,7 ans (moyenne 10 ans 7 mois) avec un diagnostic de dyslexie sévère. -12 enfants de 30 mois de moins (appariement en fonction de l'âge de lecture) : (Groupe témoin)	Étude 1 : Comparaison entre 2 groupes d'enfants : le groupe expérimental a suivi la méthode CMT pendant 3 jours en intensif

				Étude 2 (R9b): 12 enfants dyslexiques sévères	Étude 2 : Examen de l'efficacité de la formation CMT post intervention et dans le temps : 3 périodes de 6 semaines : 6 semaines sans rien – 6 semaines de protocole – 6 semaines sans rien
R10	Music Training Increases Phonological Awareness and Reading Skills in Developmental Dyslexia- A Randomized Control Trial	Elena Flaunacco, Luisa Lopez, Chiara Terribili, Marcella Montico, Stefania Zoia, Daniele Schön	2015	46 enfants italiens dyslexiques : 2 groupes d'enfants sélectionnés aléatoirement : - 24 enfants ont suivi un programme musical (groupe expérimental) - 22 enfants ont suivi un programme de peinture (groupe contrôle)	Comparaison entre 2 programmes d'intervention dans le but de mesurer l'impact d'un programme musical sur les capacités rythmiques, phonologiques et de lecture

Tableau 2 – Tableau récapitulatif des articles sélectionnés

Il convient de préciser que l'article (R5) de Katie Overy écrit en 2000 correspond à l'étude 1 de l'article (R4) également rédigé par Katie Overy en 2003.

RÉSULTATS

Les 10 articles sélectionnés pour la revue de la littérature relèvent tous d'un protocole de remédiation musicale et notamment rythmique dans le but d'améliorer les capacités phonologiques et de lecture chez des enfants dyslexiques ou avec des difficultés d'entrée dans la lecture.

Malgré le peu d'articles trouvés dans le but de répondre à notre problématique, nombre d'articles s'intéressent malgré tout au sujet du déficit rythmique dans la population dyslexique. Dès 1936, Creak révèle que parmi les sujets ayant des difficultés en lecture, ceux qui ne parvenaient pas à reprendre un rythme avaient également des difficultés en langage oral (R5). Vingt-trois ans plus tard, Friedman rapporte que certains programmes musicaux aident à développer des compétences métaphonologiques plus rapidement (R7). En 1970, Zurif et Carson montrent que les dyslexiques ont de moins bons résultats au sous-test de perception de rythme Seashore Test of Musical Talents (R5). Suite à cela, en 1975, Hurwitz et al., mettent en place le programme musical Kodaly. L'étude de ces derniers montre qu'une formation musicale est associée à des améliorations en lecture (R8). En 1980, Tallal s'appuiera sur ces travaux en se concentrant sur les aspects de bas niveaux comme une altération des sons brefs et rapides chez les enfants dyslexiques et leur impact sur leur phonologie (R3).

Après de nombreuses années passées à déterminer les déficits, leurs liens entre eux et leurs impacts et manifestations dans la dyslexie, des auteurs se sont enfin intéressés à la création de protocoles musicaux dans le but de réduire ces déficits.

Notre étude s'est intéressée spécifiquement aux déficits temporels et rythmiques dans la dyslexie développementale chez les enfants.

En ce qui concerne les aspects théoriques des déficits temporels et rythmiques dans cette pathologie, la moitié des études se réfère aux travaux de Tallal datant de 1980, 1993 et 2004 (R2, R3, R4, R5 et R10) concernant l'hypothèse du traitement temporel rapide. Elles détaillent qu'un déficit situé au niveau de la perception et du traitement de sons brefs, à savoir le traitement des informations sensorielles de base entrant en succession rapide dans le système nerveux, peut induire un déficit phonologique et donc être en lien avec la dyslexie développementale. Selon Tallal, les enfants dyslexiques ont des difficultés à distinguer l'ordre d'apparition de deux tons lorsque l'intervalle entre eux était plus rapide que 350 ms.

D'autres abordent la théorie de l'échantillonnage temporel de Goswami (R1, R3 et R10) Celle-ci explique pourquoi une mauvaise perception du temps de montée de l'enveloppe d'amplitude, une mauvaise perception du rythme acoustique et un mauvais entraînement rythmique comme taper sur un battement sont tous associés à la dyslexie de développement.

Certains articles traitent d'un lien entre le rythme et la conscience phonologique dans le sens où tous les deux impliquent la perception et la manipulation des intervalles de temps entre les sons. Seule Katie Overy dans son article datant de 2000 (R5) cite Paul Fraisse et s'appuie sur sa définition du rythme et sur le lien logique entre une atteinte rythmique et des problèmes de perception du temps et des intervalles.

Globalement, les articles introduisent en globalité les aspects musicaux plutôt que le rythme de manière spécifique. De même, certains n'évoquent pas du tout de lien entre le rythme et la dyslexie dans leur partie théorique. D'autres restent assez généraux en parlant de liens globaux entre la musique et le développement général des enfants (R7).

1. Populations d'études

Les enfants recensés dans les études ont tous été recrutés dans des écoles ciblées sauf dans R10 où les recruteurs se sont focalisés sur le diagnostic de dyslexie.

Parmi la dizaine d'articles sélectionnés, peu incluent un nombre suffisant de sujets dans leurs analyses, ce qui réduit la force statistique de ces études. Nous évoquons ici toutes les études incluses dans les articles, car certains ont mis en place plusieurs études afin de mener à bien leurs recherches. Nous recensons ainsi au total 14 études dont nous allons parler dans cette revue.

Tous les articles ont été rédigés en anglais. Néanmoins, les langues des populations étudiées sont diverses : anglais (du Royaume-Uni et d'Amérique du Nord), français (de France et du Québec), portugais (du Brésil) et italien. Cette diversité linguistique montre un intérêt international porté sur cette problématique.

Nous retrouvons parmi ces articles deux catégories d'études : la moitié d'entre elles a comparé deux interventions entre elles (R1 – R3 – R7 – R8 – R10) et l'autre moitié a comparé un groupe expérimental à un groupe témoin (R2 – R3 – R4 – R5 – R6 – R9). Ces deux méthodes sont très utiles afin d'explicitier ou non l'efficacité d'un programme. Vous remarquerez que l'étude R3 applique les deux méthodes de comparaison.

2. Évaluations

De nombreuses études ont établi des pré-tests et des post-tests afin de comparer les résultats avant et après l'intervention musicale. Ils comprenaient notamment des :

- Tests d'alphabétisation
- Test de mémoire
- Tests phonologiques
 - o répétition de pseudomots
 - o rime, bizarrerie de rime
 - o segmentation et manipulation phonémique et syllabique
 - o changement ou suppression de 1^{er} phonème
- Tests de lecture
 - o mots
 - o pseudomots
 - o texte
- Tests d'orthographe : épeler des mots oralement
- Tests de perception et de reproduction de rythme

Il est important de mentionner que des tests d'intelligence, sensoriels (audition et vue) et de vocabulaire ont servi au bilan d'inclusion des sujets mais n'ont été effectués qu'en pré-test. L'importance de ces tests est d'évaluer les améliorations et, s'il y en a, dans quels domaines elles se manifestent.

3. Interventions musicales

En ce qui concerne les interventions musicales et rythmiques proposées, certaines étaient issues de programmes déjà existants comme Kodaly (R8 et R10), Harmony (R2), le programme Standley et Hughes (adapté) (R7) ou proviennent de programmes nationaux de musique (R6). Les autres ont été constituées pour l'étude en question, comme celle de l'article R1, celle de l'article R3 nommée RHYTHM, les interventions des articles R4 et R5, et la méthode CMT (R9) pour finir.

La durée des programmes variait et allait de 3 jours intensifs (R9) à une année scolaire entière (R2, R4, R5 et R8). Le nombre d'heures consacrées aux interventions variait de 3 heures (R3) à 140 heures (R2).

Il est important de préciser que ces données ont été calculées à partir des données mentionnées dans les articles. Sachant que dans une année scolaire sont incluses les vacances

scolaires, il a alors été jugé logique de privilégier la durée totale de 35 semaines (soit 8 mois) pour le décompte total.

Les interventions, plus ou moins détaillées dans les études, exposent de nombreux exercices et ateliers en lien avec la musique et plus particulièrement avec le rythme. Nous allons regrouper l'ensemble des éléments issus des différents articles ci-joints :

RYTHME :

Jugement et discrimination

- Juger si 2 battements de métronome sont identiques
- Juger si 2 rythmes courts sont identiques
- Discrimination du temps de montée du signal d'amplitude
- Écouter un poème et répondre à des questions concernant son rythme
- Identifier des motifs rythmiques

Production :

- Taper en même temps qu'un métronome à différents intervalles
- Taper / marcher au rythme d'une chanson
- Chanter / applaudir en rythme
- Exécuter des motifs rythmiques – avec les mains, djembé, percussions
- Chanter et jouer en groupe en rythme
- Exploration du rythme avec des mouvements du corps et des percussions en improvisation, composition et interprétation
- Jeu du Dee-Dee ⁸
- Synchronisation rythmique avec des syllabes
- Synchronisation du temps de montée en amplitude
- Utilisation d'entités rythmiques pour créer de nouvelles combinaisons rythmiques

AUTRES ASPECTS MUSICAUX :

- Lire une notation musicale, des lignes de portée
- Identifier et exécuter des motifs mélodiques
- Ajuster la hauteur par le mouvement
- Chanter et identifier les gammes majeures et mineures
- Suivre la dynamique d'un chef d'orchestre, son tempo et ses signaux
- Chanter en canon

⁸ *Jeu du Dee-Dee : Chaque syllabe d'une phrase est remplacée par la syllabe réitérative « dee ». L'accent, le rythme et l'intonation de la phrase originale sont conservés contrairement aux informations phonétiques distinctives. L'image d'un livre ou film connu est présentée aux participants. 2 phrases sont entendues sous le format « Dee-Dee ». Une seule correspond au titre de l'œuvre présentée précédemment. L'objectif est de trouver la bonne phrase en s'attardant sur les caractéristiques prosodiques et rythmiques de celle-ci (R3).*

- Tâches vocales et non vocales
- Utilisation de la voix, du chant, de comptines dans les exercices
- Utilisation d'instruments de musique : instruments à cordes, à vent, à clavier, de percussions.

Il est intéressant de préciser que pour l'étude R9, différentes catégories d'ateliers ont été menées par une orthophoniste, un professeur de musique pour établir une éducation musicale et un psychomotricien pour la supervision des exercices rythmiques.

D'autre part, un programme d'intervention musicale a été conçu à partir de 3 autres programmes : Education Through Music ; Growing with Music et Earwiggo. Néanmoins, aucune indication n'est fournie concernant les items de ces approches, seuls des éléments de la médiation finale sont énoncés et figurent dans les concepts précédents.

4. Analyse des résultats

4.1 Mesures des résultats

De nombreuses mesures ont été utilisées au sein des articles. Celles-ci sont indispensables puisque c'est sur leur base que se fondent les résultats des études.

Les mesures concernent les domaines de conscience phonologique, de lecture, de rythme, de temps de montée, d'orthographe ainsi que d'autres mesures moins importantes pour notre sujet.

Voici en détail les variables prises en compte :

Conscience phonologique (R1 – R3 – R4 – R5 – R6 – R7 – R8 – R9 – R10) : identification, suppression, fusion, mélange et segmentation de phonèmes ; identification, conscience et bizarrerie de rimes ; identification et durée de syllabes ; perception catégorielle avec l'identification et la discrimination de paires (tels que BA/PA) ; et des contrepèteries.

Lecture (R1 – R3 – R4 – R5 – R6 – R9 – R10) : lecture de mots, de pseudomots et de texte ; vitesse du nombre de mots lus en une minute (cf test de lecture de Khomsi) et de lecture texte.

Rythme (R2 – R4 – R7 – R8 – R10) : respect d'un tempo cible ; précision des tâches de tapotement ; maintien de la régularité rythmique après arrêt du stimulus cible ; copie et discrimination de motifs rythmiques ; reproduction de rythmes et traitement auditif rapide. Des tâches de synchronisation et d'anticipation sont induites dans des tâches rythmiques. Elles sont mesurées via des tâches de tapotement et de continuation de rythme.

Temps de montée du signal d'amplitude (R1 – R3 – R10) : déterminer si les sons émis étaient plus doux, élevés ou plus longs ; déterminer quels sons ont été rallongés ou raccourcis.

Orthographe (R1 – R3 – R4 – R5): de suite de mots et de mots isolés.

Autres mesures (R2 – R3 – R9 – R10) : répétition de pseudomots ; intensité ; durée ; hauteur ; attention auditive ; mémoire de travail.

4.2 Résumé des résultats

Les études incluses dans la revue présentent des évolutions dans différents domaines et notamment des domaines impliqués dans la dyslexie. Les résultats sont synthétisés ci-dessous :

La conscience phonologique :

Neuf articles sur les dix retenus ont obtenu des résultats concluants concernant la conscience phonologique (R1 – R3 – R4 – R5 – R6 – R7 – R8 – R9 – R10). Les auteurs rapportent que des interventions non spécifiques à la phonologie et ciblées sur le rythme parviennent à améliorer significativement les mesures phonologiques testées. C'est le cas notamment de l'intervention RHYTHM de l'étude R3. Des études ont ciblé comme objectif principal l'amélioration de la lecture et ont également noté des progrès dans le domaine phonologique (R4 – R5 – R6 – R8b – R9). Enfin, d'autres études essayaient explicitement d'influer sur la conscience phonologique à l'aide de leur programme. (R7 – R8a – R10).

Certains documents montrent des gains dans l'identification du phonème (R3, R7 et R8), l'isolement et la suppression de phonèmes (R8), la fusion de phonèmes (R9 et R10), l'identification de la rime (R3, R7 et R8), l'identification de la syllabe (R7 et R9a) et la segmentation de celle-ci (R8a et b).

La lecture

Divers résultats d'études évoquent des améliorations mitigées concernant la lecture. Certains articles relatent des gains en lecture mais insuffisants pour être considérés comme significatifs (R3 – R4 – R5). D'autres rapportent une augmentation du score global de lecture (R1) et de lecture de pseudo-mots (R1), une optimisation du taux de mots correctement lus en une minute (R6 et R10) et de la précision de lecture de mots, de pseudo-mots et de texte (R6 et R10). Le test de lecture de mots lus en une minute (cf le test de Khomsi) évalue à la fois la précision et la vitesse de lecture. Ces composantes ont été optimisées c'est-à-dire que les sujets évalués ont réussi à diminué leur nombre d'erreurs de lecture ainsi que leur vitesse de lecture selon R6 et R9.

Le rythme

Le rythme a été étudié majoritairement dans les articles. Les résultats énoncent des progrès significatifs dans la précision des tâches de tapotement et dans le maintien de régularité rythmique (R2). La capacité de copie de rythme a progressé (R4 et R8) tout comme la discrimination de motifs rythmiques (R8). La précision des enfants bénéficiant d'une intervention rythmique a augmenté (R2) tout comme la tâche de perception catégorielle (R9), la perception et la production de tâches psychoacoustiques (R10). Un transfert de la tâche rythmique à la tâche de tapotement a été retrouvé dans R2.

Le rythme influence le traitement phonologique mais également la répétition de pseudo-mots (R8b).

La synchronisation et l'anticipation

La synchronisation et l'anticipation ont également été optimisées au sein de plusieurs protocoles. En effet, la synchronisation a été améliorée dans l'étude R1. Les plus forts progrès émanent

des sujets qui avaient les plus grandes asynchronies en phase de pré-test. Il en est de même dans R2 où les enfants qui ont suivi le programme Harmony ont eu une asynchronie réduite par rapport aux enfants témoins.

L'anticipation a quant à elle été ajustée. L'accélération inéluctable du tapotement par rapport au tempo cible après l'arrêt du stimulus de présentation a été réduite chez le groupe expérimental par rapport au groupe non formé. Cela prouve une anticipation moindre des sujets et une meilleure adéquation rythmique.

Le temps de montée du signal d'amplitude

Des gains significatifs ont été rapportés concernant la discrimination et la perception auditive des temps de montée grâce à la formation RHYTHM (R3).

Le Voice Onset Time (VOT)

La perception du VOT est améliorée par l'entraînement musical d'après R9.

L'orthographe

Les progrès orthographiques ont été recensés dans plusieurs articles (R1 – R3 – R4a et b – R5). Dans ces différentes études, l'orthographe a considérablement progressé entre le début et la fin des programmes.

Les autres effets perçus :

D'autres concepts induits dans les thérapies musicales ont également été amendés. C'est le cas du traitement auditif (R3 et R4b), de l'attention auditive (R9b et R10) et des systèmes auditifs en général (R10), de la répétition de pseudomots (R9b et R10) de la mémoire de travail (R10), et de la perception catégorielle (R9a et b).

DISCUSSION

1. Discussion des éléments issus de la revue de la littérature

Cette revue de littérature avait pour objectif d'établir un état des lieux des protocoles de remédiation musicale et plus spécifiquement rythmique à destination des populations dyslexiques ou des mauvais lecteurs.

Notre hypothèse supposait que les programmes d'intervention rythmique amèneraient des améliorations dans les compétences de conscience phonologique et de lecture chez les enfants dyslexiques ainsi que chez les mauvais lecteurs. D'après l'analyse des résultats exprimés dans les articles de la revue nous en sommes arrivés à la conclusion que cette hypothèse est vérifiée.

1.1 Aspects théoriques soulevés par les études

Tous les articles dans lesquels apparaît une population dyslexique ont correctement défini la dyslexie développementale dans leur partie théorique. Les autres concernent soit les enfants de maternelle (R7 et R8) soit des mauvais lecteurs (R1 – R2 et R6). Les articles qui abordent la dyslexie détaillent les déficits de celle-ci à savoir une atteinte du niveau phonologique, du cervelet, du traitement auditif, du traitement temporel, de la sensibilité au rythme, de la perception du temps de montée d'amplitude ou encore de la structure métrique. Certains mettent même en exergue les régions anatomiques concernées dans la musique et leurs liens avec le langage. Ils mentionnent notamment l'hémisphère gauche (R4 – R5 et R9), le cervelet (R5), le planum temporal gauche (R5), le faisceau arqué (R9) et le cortex auditif (R2 – R6 et R10). Ces zones relevées dans quelques études sont effectivement activées dans la musique et dans le langage comme évoqué précédemment dans la sous-partie 1.3.1 des assises théoriques.

L'importance de la musique et du rythme est traitée dans la grande majorité des articles d'une manière générale. Il est rapporté que la musique contribue au développement général des enfants (R7). Elle favorise également les compétences linguistiques, mathématiques, améliore la communication ainsi que les fonctions cognitives supérieures comme la mémoire (R2 – R6 – R9 et R10). La musique nécessite des compétences précises de synchronisation dans les domaines sensitifs et moteurs (R10) et induit des effets positifs sur l'alphabétisation (R1 – R7), l'émergence du langage oral (R1 – R7 et R10), ainsi que la lecture ou les composantes sous-jacentes de celle-ci (R1 – R6 – R9 et R10).

Tous les articles de la revue s'appuient dans leur partie théorique sur d'autres articles impliquant des formations musicales. Certains en détaillent plusieurs et montrent ainsi un cheminement de recherche optimal (R1 – R3 – R5 – R8 – R9 et R10). D'autres ne se basent que sur quelques faits, sans creuser davantage ces aspects ce qui rend leur amorce d'étude instable (R2 – R4 – R6 et R7). Nous retrouvons peu de détails sur les éléments musicaux impliqués dans toutes ces améliorations. Le rythme et les aspects temporels sont les seuls à être évoqués. Malgré des recherches dans le domaine, tout ce qui englobe musique et langage reste assez flou.

Plusieurs études se basent sur des recherches comparant des musiciens et des non-musiciens (R5 – R9 et R10). Elles mettent en exergue des modifications anatomiques, notamment une modification du cervelet et du planum temporal gauche chez les musiciens, ainsi qu'une amélioration de la mémoire verbale, du vocabulaire, de la segmentation de la parole, de la perception catégorielle et de la hauteur, de la synchronisation audio-motrice, et des capacités phonologiques. Les musiciens auraient une meilleure plasticité cérébrale au niveau cortical et sous-cortical (R9).

La musique et le langage partageant des mécanismes neuronaux, la question du transfert interdomaine se pose (R2 – R3 – R4 – R6 et R10). En effet, plusieurs articles soulèvent la possibilité que la musique induirait des améliorations dans le langage oral et écrit par l'intermédiaire d'autres compétences renforcées musicalement. C'est le cas par exemple de la conscience phonologique qui est accrue grâce à une meilleure précision de la synchronisation audio-motrice (R10). Il s'agit d'un transfert de la musique vers des activités non musicales à l'origine. Il en est de même pour l'optimisation de la lecture (R6). Cette dernière n'est pas liée directement à la musique mais bénéficie pourtant d'un transfert des compétences musicales.

Concernant le rythme, aucun article ne donne une définition de celui-ci. Il est dommageable de ne pas le définir en détail alors que celui-ci fait l'objet de nombreuses recherches et procédures d'intervention. Les déficits dont le rythme fait l'objet sont multiples. En effet, de nombreux facteurs comme la perception de l'enveloppe d'amplitude et du temps de montée, le traitement auditif rapide, la perception et production de rythme, la structure métrique et la résolution temporelle des systèmes perceptifs seraient altérés chez les mauvais lecteurs et les personnes dyslexiques. Un article émet des doutes quant à la théorie « RAPD » soit la théorie du déficit de traitement auditif rapide proposée par Tallal (R3). Cette théorie met en avant les déficits du traitement des sons brefs par la population dyslexique. Or, de plus en plus d'études sont nuancées quant à la présence de déficits perceptifs rapides et sur le lien entre celle-ci et les compétences d'alphabétisation. Ces dernières traitent en effet de processus de haut niveau contrairement au traitement temporel rapide qui est un processus de bas niveau. Ainsi, se baser uniquement sur cette hypothèse pour mener un programme rythmique dans le cadre de la dyslexie n'est pas judicieux. La théorie du déficit de perception de la structure de l'enveloppe d'amplitude dans la dyslexie émise par Goswami est abordée par 4 articles sur 10 (R1 – R3 – R9 et R10). Cette hypothèse est davantage plausible et des tests et tâches d'entraînement sont même proposés dans les protocoles musicaux.

Le rythme est décliné dans différentes tâches. Nous pouvons ainsi recenser des tâches de perception de rythme, de production et reproduction de rythme, de copie de motifs rythmiques, de tapotement, de jugement et de discrimination rythmique. Dans les articles sélectionnés, le rythme est analysé en lien avec les déficits des enfants dyslexiques ou plus généralement avec la conscience phonologique et la lecture. Des liens sont promus entre la perception du rythme et le traitement phonologique et le langage écrit de manière générale ; entre la tâche de tapotement et les compétences linguistiques et d'écriture ; et pour finir les tâches de production de battements, de copie et de discrimination rythmique avec la conscience phonologique (R1 – R2 – R8)

Dans diverses introductions d'articles, certaines annoncent d'emblée que la conscience phonologique, la lecture et l'orthographe ont été optimisées grâce à des interventions musicales. Concernant la lecture, les résultats n'ont pas toujours été significatifs.

1.2 Population étudiée

Comme mentionné précédemment, peu d'articles incluent un nombre suffisant de sujets par groupe dans leurs analyses. Ainsi la taille réduite des échantillons et l'hétérogénéité du nombre de ceux-ci ne permettent pas d'établir des conclusions formelles sur ce point pour bon nombre d'articles. Il serait donc judicieux d'établir une étude incluant un nombre de sujets statistiquement fort et fiable et que les groupes établis aient un nombre similaire de personnes.

De plus, les études ont toutes été menées dans des écoles. Or, les enfants dyslexiques ne côtoient pas seulement les salles de classe mais également les cabinets orthophoniques. Ces derniers peuvent également mettre en place des protocoles de remédiation musicale.

En ce qui concerne les différents groupes étudiés, la moitié des articles a comparé deux interventions entre elles (R1 – R3 – R7 – R8 et R10). R1 a comparé son intervention musicale avec GraphoGames qui est un jeu qui travaille la correspondance phonème-graphème ; dans R3, l'intervention RHYTHM est comparée à PHONOMENA qui est un programme centré sur la conscience phonologique ; R7 est opposé au programme d'étude du ministère d'éducation du Québec ; dans R8, Kodaly est confronté à Silver-Burdett et enfin dans R10, le programme musical est opposé au programme de peinture.

L'autre moitié (R2 – R4 – R5 – R6 et R9) n'a pas comparé le groupe expérimental avec une autre intervention. R2, R6 et R9 ont choisi un groupe sans programme comme groupe contrôle. R4 et R5 ont mis en parallèle des enfants à haut risque de dyslexie avec des enfants sans risque. R4 a également deux temps d'intervention différents : avant et après intervention musicale.

Seule l'étude R3 applique deux méthodes de comparaison avec à la fois une comparaison de deux méthodes et une comparaison avec un groupe témoin. Ceci est une des meilleures manières d'expliquer ou non l'efficacité d'un programme. Certains articles déplorent de ne pas avoir pu mettre en place de groupe témoin dans une optique de comparaison d'efficacité. En effet, les écoles où les programmes étaient menés exigeaient que tous les enfants étudiés bénéficient d'une intervention.

1.3 Interventions musicales

Diverses interventions musicales ont été utilisées dans les articles de la revue.

Il n'y avait pas de différences entre les groupes évalués lors des pré-tests. Ainsi, les résultats obtenus étaient liés aux interventions et non à des capacités antérieures.

Des programmes musicaux déjà existants ont été repris (R2 – R6 – R7 – R8 et R10), alors que certaines études ont créé leur propre programme pour leur recherche (R1 – R3 – R4 – R5 et R9) .

Aucun protocole n'est détaillé précisément selon une trame. Les déroulés des programmes, les contenus de chaque séance et la progression des activités sont inaccessibles. Il est par conséquent difficile d'analyser la pertinence de ces programmes sans accéder à leur contenu. Néanmoins, tous énoncent les grands concepts de leurs interventions, avec cette fois encore, plus ou moins de détails

en fonction des auteurs. Des concepts tels que le chant, l'improvisation ou encore le fait de jouer d'un instrument ne permettent pas de savoir la manière dont ils sont abordés mais aussi ce que les auteurs souhaitent travailler à travers eux.

Dans quelques programmes, nous retrouvons un travail mené sur la terminologie musicale, l'instrumentation d'orchestre avec un travail sur les différents noms d'instruments, les sons (R2 – R6, et R7). Il ne semble pas pertinent de s'appuyer sur ces concepts dans une optique de remédiation musicale. En effet, l'objectif est de favoriser les compétences rythmiques et musicales en général à travers divers outils tels que le corps, les percussions, le chant ou encore des instruments tels que le piano ou la flûte mais pas de savoir jouer d'un instrument ou de lire une partition de musique.

Tous ces programmes ont été menés dans des écoles sur des groupes d'enfants et non de manière individuelle. Le groupe favorise une dynamique et une motivation commune. Il aide à travailler la synchronisation, qui est déficiente chez les enfants dyslexiques, l'écoute mutuelle, et permet de partager des activités ludiques communes et de travailler en canon (en chant notamment) pour accentuer la difficulté. L'inconvénient des travaux de groupe est que les particularités individuelles de chaque enfant sont gommées en faveur du groupe. Ainsi, il n'est pas possible de cibler les élèves plus en difficultés et d'organiser un travail progressif et adapté à leur niveau. Seul R2 a mis en place un système progressif en proposant un test de musicalité permettant d'évaluer leur niveau et de déterminer leurs capacités ou non pour débiter la formation instrumentale. Si les acquis n'étaient pas atteints, ils continuaient alors les cours de musique initiaux. Cette progression individuelle permet à l'enfant d'avancer à son rythme et de bien maîtriser les compétences avant d'en apprendre d'autres.

La durée des séances d'intervention varie considérablement entre les études. En effet le temps minimal d'une séance réalisée est de 20 minutes (R4) et le maximum est de 6 heures (dans un programme intensif de 6 heures par jour) (R9). La majorité des autres études se situent entre 30 minutes et 1 heure de séance. C'est un temps convenable pour une remédiation. En effet, mener une séance de moins de 30 minutes ne permet pas de travailler intensément le rythme et la musique en général. Le temps d'installation et de rangement font perdre de précieuses minutes qui ne peuvent être récupérées. Il est préférable de suivre le programme deux fois par semaine afin de maintenir une dynamique d'apprentissage dans le domaine sans oublier ce qui a été fait à la séance précédente. Bien que l'intervention intensive de R9 (6 heures sur 3 jours) ait apporté des améliorations significatives sur différents aspects rythmiques comme le VOT et la perception catégorielle, elle semble compliquée à mettre en place au sein du programme de l'éducation nationale, au conservatoire ou école de musique ou dans les cabinets orthophoniques.

Au demeurant, la durée totale des études est également très hétérogène entre les études. En effet, nous passons d'un programme en intensif sur trois jours (R9) à des programmes instaurés sur une année scolaire (R2 – R4 – R5 et R8). Ces écarts temporels influent automatiquement sur les résultats observés.

D'un point de vue pratique, il semble préférable d'établir la remédiation sur une plus longue durée comme quelques mois voire une année scolaire comme instauré dans la majorité des articles que de

l'établir sur quelques jours ou semaines. C'est le cas notamment de R3 (durée d'étude de 6 semaines) qui préconise une durée plus longue afin de voir des résultats plus significatifs notamment en lecture. Il convient alors de combiner à la fois une bonne durée de séance avec une bonne durée totale d'intervention. Plusieurs articles lus en amont de la revue mentionnent que des progrès significatifs concernant la population dyslexique sont présents sur une période de douze mois (Goswami et al., 2013) mais aussi de six mois (Douglas & Willatts (1994) cités par Overy, 2000). Ainsi nous pouvons en conclure que la durée optimale d'intervention est de six mois au minimum et de douze mois idéalement afin de bien installer les acquis.

1.4 Résultats

Avant tout début d'analyse des résultats, il est essentiel de mentionner qu'aucun conflit d'intérêt n'est présent dans les articles de cette revue de la littérature. Ainsi, aucun apport financier n'est établi suite à la publication d'un article avec des méthodes précises.

Concernant les comparaisons des pré-tests au sein des études, toutes ces dernières ont réussi à obtenir des groupes homogènes. En effet, pour comparer deux groupes l'écart en phase de pré-test doit être limité sous peine de rendre difficile une évaluation des progrès émanant de l'intervention. Plusieurs articles mentionnent l'importance du temps de montée dans leur partie théorique (R1 – R3 et R9), 3 d'entre eux l'incluent dans leurs tests (R1 – R3 et R10) et seul R3 établit une mesure afin d'évaluer ou non une amélioration. Nous nous demandons pourquoi certains articles n'effectuent aucune comparaison entre l'avant et l'après intervention concernant le temps de montée alors qu'ils le mentionnent dans leur partie théorique et qu'ils le pré-testent. En effet, le temps de montée est un facteur important, comme le montrent de multiples études.

Au niveau statistique, nombre d'articles ont utilisé des p-value pour comparer les résultats ce qui permet au lecteur de savoir immédiatement si les résultats sont significatifs ou non et dans quelle mesure (R1 – R3 – R4 – R5 – R6 – R7 – R8 – R9 et R10) . Certains articles n'ont malgré tout pas eu la possibilité d'utiliser des p-value.

Nous allons expliciter plus en détail les différents domaines concernés dans ces études.

La conscience phonologique

Dans les études, les améliorations dans le domaine phonologique recouvrent plusieurs composantes telles que la conscience, l'identification et la perception des rimes, l'identification, l'isolation, la fusion, la suppression et le mélange de phonèmes, la segmentation et la suppression de syllabes, les contrepèteries.

Tous les articles ont abordé la conscience phonologique dans leurs résultats sauf R2. Les résultats de R2 se sont exclusivement concentrés sur les progrès rythmiques et non sur l'impact du rythme sur la conscience phonologique et la lecture. Néanmoins, les dyslexiques ayant des difficultés dans ces trois disciplines, ils admettent qu'il est indispensable de travailler les capacités rythmiques car

celles-ci suivent les performances de lecture. La conscience phonologique et le rythme sont liés et ce dernier favorise la conscience phonologique.

R8 signale que la capacité du traitement phonologique est corrélée à la capacité de copie des motifs rythmiques. Enfin, Ozernov-Palchik & Patel (2018) formulent que le rythme et la phonologie partagent des mécanismes communs tels que le traitement des indices temporels et que par leur connexion ils favorisent le développement de la lecture.

Selon plusieurs auteurs comme Flaugnacco et al., (2014), Commeiras et al., (2017) et Flaugnacco et al., (2015) (R10), la tâche de production de rythme est le meilleur prédicteur de la conscience phonologique. L'article R10 remarque par ailleurs que plus grande est l'amélioration des capacités rythmiques et plus grande est l'amélioration de la conscience phonologique également. Il est dommage que la conscience rythmique et le rythme en général ne soient pas inclus dans les sujets traitant de la conscience phonologique et de la dyslexie et qu'ils n'intègrent pas les rouages de dépistage des déficits phonologiques et de la littératie (Wood & Terrel, 1998).

La conscience phonologique étant essentielle pour améliorer la compétence en lecture et faisant même partie des pré-requis de cette dernière, les résultats émergents sont très probants pour la population dyslexique et montrent qu'un entraînement axé sur le rythme engendre des progrès phonologiques et en lecture de facto.

La lecture

La lecture est le caractère prédominant déficitaire dans la dyslexie. Ainsi, il est normal de vouloir développer ce domaine prioritairement.

Les résultats sont mitigés dans les études. En effet, les progrès en lecture ne sont pas repérés dans toutes les études l'ayant testée. Pour certains articles, des gains significatifs dans la lecture de mots et de non-mots, la précision de lecture de mots, de non-mots et de texte, la lecture en une minute ont été présentés (R1 – R6 – R9 et R10). Pour d'autres, les effets de taille n'étaient pas assez significatifs pour démontrer une évolution en lecture (R3 – R4 et R5). Nous tenons à mesurer ces aspects dans l'objectif de comprendre pourquoi des gains n'ont pas été retrouvés dans ces études. Nous remarquons tout d'abord que l'étude R3 s'est déroulée pendant six semaines à un rythme de trente minutes par semaine. Cela induit une formation de seulement trois heures. Nous pensons que ce temps d'instruction est beaucoup trop court pour voir émerger des changements en lecture chez les enfants dyslexiques. En ce qui concerne R4 et R5, le temps de formation totale n'est pas critiquable. Néanmoins, nous ne disposons que de trop peu d'informations concernant les exercices appliqués ni leurs objectifs précis. De plus, ces études se sont basées sur le principe de Tallal, or il est préférable de cibler les processus de haut niveau plutôt que de bas niveau dans l'acquisition de la conscience phonologique et de la lecture. Ainsi, les résultats concernant la lecture sont encourageants.

Le rythme

Les articles ont recensé des progrès significatifs dans de nombreux aspects rythmiques. Tous les résultats ne seront pas repris ici.

Il est indéniable de préciser que les formations musicales ont favorisé le développement des capacités rythmiques. Les mauvais lecteurs et les personnes dyslexiques éprouvant des difficultés dans ce domaine et le rythme favorisant également la conscience phonologique, il convient d'inférer qu'entraîner le rythme est une méthode à utiliser dans ces populations.

Certains articles relatent différentes corrélations entre la conscience phonologique et le rythme. Tout d'abord, les tâches de segmentation de mots, syllabes et phonèmes, la suppression de parties de mots et la capacité à isoler les phonèmes initiaux, ainsi que la répétition de non-mots sont corrélées à la capacité de copie des motifs rythmiques (R8b). De son côté, la segmentation de mots dans une phrase est liée à la copie de tempo (R8b). Pour finir, la tâche de production de rythme est le meilleur prédicteur de la conscience phonologique (R10) (Voir Figure 5).

Des corrélations sont également faites entre l'entraînement rythmique et la lecture. R1 relate un effet positif dans l'association des rythmes non linguistiques aux rythmes du langage dans la conscience phonologique et la lecture.

La synchronisation et l'anticipation, le temps de montée et le VOT, aspects sous-jacents du rythme ont également été impactés par les protocoles musicaux (R1 – R2 – R3 – R9).

Nous savons que les personnes dyslexiques ont des difficultés d'anticipation et de synchronisation face à un tempo donné. Or dans la parole être dans le temps est indispensable pour percevoir et traiter les unités sonores de la langue. De même pour l'anticipation. Trop anticiper comme le fait cette population entraîne un défaut de synchronisation. Les deux composantes sont ainsi liées et l'amélioration de l'une entraîne celle de l'autre.

Concernant le temps de montée, celui-ci a également bénéficié d'une hausse de sa discrimination dans quelques articles. Or d'après Goswami (2010), il est prédicteur de la conscience phonologique. C'est une information capitale qui induit la nécessité de l'inclure dans les programmes de remédiation par le rythme.

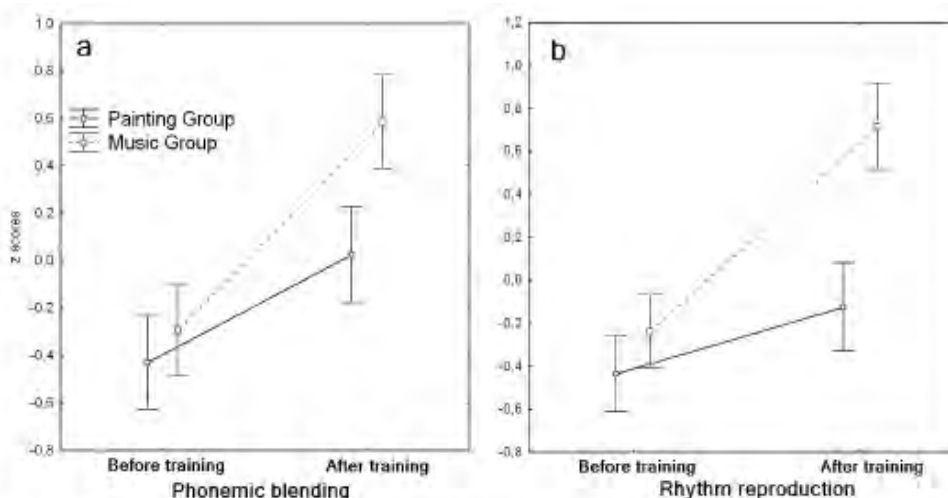


Fig 2. Effects of music and painting training on accuracy in the phonemic blending (a) and rhythm reproduction (b) tasks, before and after training. Error bars indicate the standard error of the mean. Values are z-score normalized.

Figure 5 – Effets de l'entraînement musical sur les épreuves de mélange phonémique (a) et la reproduction de rythme (b). (Flaugnacco et al., 2015 p11) (R10)

L'orthographe

Plusieurs articles ont mesuré une amélioration significative dans les capacités orthographiques après le suivi du programme musical (R1 – R3 – R4 – R5). Ils remarquent par ailleurs que les gains ont été plus manifestes que pour la lecture. Des auteurs supposeraient que la conscience phonologique influencerait l'évolution de l'orthographe (R4 et R9). En effet le trajet suivi dans la conscience phonologique et l'orthographe est de phonème à graphème alors que la lecture suit le chemin graphème – phonème.

Une étude (R3) a suggéré d'établir une intervention musicale conjointement à une intervention phonologique afin de cibler les deux domaines. Il pourrait être pertinent de suivre cette voie.

Quelques études ont mis en avant l'aspect ludique des interventions musicales chez les enfants de maternelle et de primaire. Il agirait comme un atout dans cette formation et serait à prendre en compte lors de la mise en place d'un tel programme.

Pour conclure cette partie sur les résultats, nous voulions accentuer le point de la durabilité des acquis dans le temps. En effet, dans l'article R9, les résultats ont été inchangés six mois après la fin du protocole. R8 quant à lui montre une relation entre les capacités rythmiques en maternelle et les capacités de traitement phonologique en CE1.

2. Limites et perspectives

La méthodologie de cette revue de la littérature s'est basée sur celle des revues de littérature systématiques. Néanmoins, dans le cadre d'un mémoire orthophonique il ne fut pas possible de mener la recherche d'article en double lecture. De plus, il nous était impossible d'accéder à certaines bases de données ce qui a limité notre recherche.

De plus, le nombre restreint d'articles est également un frein à cette revue. Nous nous sommes confrontée à la même situation que la revue de littérature sur le même sujet de Cogo-Moreira et al., (2012) car même si le sujet intéresse nombre de chercheurs, la mise en application de programmes d'intervention se font rares dans le domaine.

Nous avons choisi par ailleurs d'inclure les mauvais lecteurs dans nos données puisqu'ils rencontrent des difficultés similaires aux personnes dyslexiques. Nous avons également accepté d'inclure les études se basant sur des populations d'enfants de maternelle car nous savons que des compétences rythmiques et phonologiques se développent durant cette période. Il est donc idéal de mettre en place des interventions dès cet âge. De plus, au vu des corrélations entre les compétences rythmiques en maternelle et les résultats de conscience phonologique en CE1, il semble primordial de tester les enfants de maternelle rythmiquement et de mettre en place des activités rythmiques et phonologiques à cet âge-là.

Concernant les perspectives, cette revue rapporte des améliorations dans plusieurs domaines dont majoritairement la conscience phonologique, la lecture, le rythme et l'orthographe. Sachant que la conscience phonologique est un pré-requis à la lecture et qu'elle est développée grâce à des protocoles musicaux axés sur le rythme et qu'en plus elle est corrélée à l'orthographe, il est essentiel de mettre en place des programmes musicaux à destination des enfants dyslexiques afin d'améliorer ces domaines. Concernant la lecture, celle-ci n'a pas toujours été améliorée dans les articles. Néanmoins, s'appuyer sur les programmes pour lesquels des améliorations en lecture ont été retrouvées peut servir de point de départ à l'émergence d'un programme musical et ainsi permettre de viser un maximum de domaines lésés dans la dyslexie développementale. Il est également préférable de se baser sur la théorie de Goswami concernant le temps de montée de l'enveloppe d'amplitude.

Par ailleurs, il peut être utile de mener des recherches scientifiques plus approfondies sur les différents aspects rythmiques à aborder dans les interventions ainsi que leur élaboration. Il faudrait également se baser sur des programmes alternatifs déjà existants et établir des comparaisons avec eux afin d'évaluer l'efficacité des exercices. De plus, mettre en place des protocoles d'une durée totale comprise entre six mois et un an et incluant des séances deux fois par semaine d'environ trente minutes permettrait d'apporter de meilleurs résultats selon nous et d'après les éléments extraits de cette revue.

Ensuite, évaluer les compétences rythmiques chez les enfants de maternelle semble essentiel au vu des résultats apportés ici et des liens constatés entre rythme et conscience phonologique. Ceci permettrait de cibler les enfants qui seront en difficultés d'un point de vue phonologique et par conséquent en lecture. Des ateliers musicaux pourraient leur être proposés afin d'éviter l'amplification de ces déficits futurs. Ainsi, les programmes auraient à la fois un rôle de prévention et de remédiation.

Enfin, dans la mise en place des protocoles rythmiques, il est important d'admettre des entraînements multisensoriels, à la fois sensitifs et moteurs, et de varier les supports et les fonctions ciblées. Il est également important de privilégier le côté ludique d'afin de dynamiser les apprentissages et d'améliorer les performances.

CONCLUSION

Les enfants dyslexiques ont des atteintes dans de nombreux domaines que ce soit en lecture, orthographe, conscience phonologique et également en rythme. Que ce soit scolairement ou dans les cabinets orthophoniques, le rythme est peu abordé dans les apprentissages, hormis à travers les comptines.

L'objectif de ce mémoire était à la fois de faire le point théorique sur le lien entre le rythme et la dyslexie et également de faire un état des lieux des protocoles de remédiation musicaux à dominance rythmique à destination des enfants dyslexiques et des mauvais lecteurs.

Nous avons de ce fait pu mettre en exergue d'autres atteintes que celles présentées habituellement comme les atteintes phonologiques, visuelles, cérébelleuses. En effet, nous avons déterminé grâce de nombreux articles les déficits temporels des enfants dyslexiques à savoir les difficultés à structurer le temps, à percevoir, à produire et à reproduire des motifs rythmiques, à traiter auditivement les signaux auditifs, à percevoir la sensibilité auditive du temps de montée de l'enveloppe d'amplitude, à distinguer des rythmes en définissant s'ils sont identiques ou non, à percevoir le tempo, à taper en synchronie avec le métronome, à prendre en compte le traitement temporel et enfin à anticiper et à synchroniser leurs productions.

Le travail de revue de la littérature a montré que malgré l'intérêt porté à la dyslexie et à la reconnaissance de ses déficits rythmiques, peu d'études ont décidé de mettre en place des protocoles de remédiation dans ce sens et de les tester sur un grand nombre de sujets.

Néanmoins, des résultats prometteurs ont été trouvés en ce qui concerne les habiletés rythmiques, la conscience phonologique, la lecture et même l'orthographe. Nous considérons que notre hypothèse d'amélioration de la conscience phonologique et de la lecture par le rythme est validée.

Nous invitons donc des auteurs à promouvoir des tests de dépistage rythmique dans les populations de maternelle et à mettre en place un ou des protocoles de remédiation par le rythme à destination des enfants de maternelle mais aussi de primaire ayant des difficultés en conscience phonologique, en lecture, en orthographe ou étant tout simplement dyslexiques.

Pour finir, notre mémoire avait également pour vocation d'ouvrir la voie vers la mise en place d'un protocole de remédiation rythmique à destination des cabinets orthophoniques car nous estimons qu'ils sont oubliés dans les mises en place d'intervention de ce type.

BIBLIOGRAPHIE

- Arvaniti, A. (2009). Rhythm, Timing and the Timing of Rhythm. *Phonetica*, 66(1-2), 46-63.
<https://doi.org/10.1159/000208930>
- Arvaniti, A. (2012). Rhythm classes and speech perception. In O. Niebuhr (Éd.), *Understanding Prosody*. DE GRUYTER. <https://doi.org/10.1515/9783110301465.75>
- Astésano, C. (2001). Rythme et accentuation en français: invariance et variabilité stylistique.
Paris: L'Harmattan.
- Astésano, C., Magne, C., Yagoubi, R. E., & Besson, M. (2004). *Influence du rythme sur le traitement sémantique en français : Approches comportementale et électrophysiologique*. 5.
- Banai, K., & Ahissar, M. (2013). Musical experience, auditory perception and reading-related skills in children. *PloS One*, 8(9), e75876-e75876.
- Bégel, V., Seilles, A., & Dalla Bella, S. (2018). Rhythm Workers : A music-based serious game for training rhythm skills. *Music & Science*, 1, 205920431879436.
<https://doi.org/10.1177/2059204318794369>
- Bellone, C. (2003). *Dyslexies et dysorthographies*. Ortho Édition.
- Besson, M., & Schön, D. (2001). *Comparison between Language and Music*. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 930(1), 232–258. doi:10.1111/j.1749-6632.2001.tb05736.x
- Besson, M., Schön, D., Moreno, S., Santos, A., & Magne, C. (2007). Influence of musical expertise and musical training on pitch processing in music and language. *Restorative Neurology and Neuroscience*, 399-410.
- Bhide, A., Power, A., & Goswami, U. (2013). A Rhythmic Musical Intervention for Poor Readers : A Comparison of Efficacy With a Letter-Based Intervention. *Mind, Brain and Education*, 7(2), 113-123.
- Bolduc, J. (2009). Effects of a music programme on kindergartners' phonological awareness skills 1. *International Journal of Music Education*, 27(1), 37-47.
- Bonacina, S., Cancer, A., Lanzi, P. L., Lorusso, M. L., & Antonietti, A. (2015). Improving reading skills in students with dyslexia : The efficacy of a sublexical training with rhythmic background. *Frontiers in Psychology*, 6. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2015.01510>

- Brandt, A., Gebrian, M., & Slevc, L. R. (2012). Music and Early Language Acquisition. *Frontiers in Psychology*, 3. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2012.00327>
- Bryant, P. E., Bradley, L., Maclean, M., & Crossland, J. (1989). Nursery rhymes, phonological skills and reading. *Journal of Child Language*, 16(2), 407-428.
<https://doi.org/10.1017/S0305000900010485>
- Caccia, M., & Lorusso, M. L. (2020). The processing of rhythmic structures in music and prosody by children with developmental dyslexia and developmental language disorder. *Developmental Science*, 24(1), e12981-n/a.
- Casini, L., Pech-Georgel, C., & Ziegler, J. C. (2017). It's about time : Revisiting temporal processing deficits in dyslexia. *Developmental Science*, 21(2), e12530-n/a.
- Cason, N., Astésano, C., & Schön, D. (2015). Bridging music and speech rhythm : Rhythmic priming and audio–motor training affect speech perception. *Acta Psychologica*, 155, 43-50.
<https://doi.org/10.1016/j.actpsy.2014.12.002>
- Celtan, M. (2002). Rythme et tempo dans la structuration temporelle : L'œuvre de Mira Stambak. *Enfances & Psy*, 20(4), 118. <https://doi.org/10.3917/ep.020.0118>
- Chen, J. L., Penhune, V. B., & Zatorre, R. J. (2008). Listening to Musical Rhythms Recruits Motor Regions of the Brain. *Cerebral Cortex*, 18(12), 2844-2854.
<https://doi.org/10.1093/cercor/bhn042>
- Chobert, J., & Besson, M. (2011). *Influence de l'apprentissage de la musique sur la perception des syllabes chez les enfants normolecteurs et dyslexiques*. 16.
- Cogo-Moreira, H., Andriolo, R. B., Yazigi, L., & Ploubidis, G. B. (2012). *Music education for improving reading skills in children and adolescents with dyslexia*. 27.
- Cogo-Moreira, H., de Ávila, C. R. B., Ploubidis, G. B., & Mari, J. de J. (2013). Effectiveness of Music Education for the Improvement of Reading Skills and Academic Achievement in Young Poor Readers : A Pragmatic Cluster-Randomized, Controlled Clinical Trial. *PLoS ONE*, 8(3), e59984. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0059984>
- Commeiras, C., Lardy, C., Dormoy, A., Habib, H. (2017). Remédiation cognitivo-musicale : Un projet innovant pour la prise en charge des enfants DYS. Dans Chaix, Y., Valdois, S., Habib, M., & Brun, V. (Éds.), *Dyslexie développementale évidences et nouveautés* (p. 106-124). Sauramps Médical.

- Dalla Bella, S., Farrugia, N., Benoit, C.-E., Begel, V., Verga, L., Harding, E., & Kotz, S. A. (2016). BAASTA : Battery for the Assessment of Auditory Sensorimotor and Timing Abilities. *Behavior Research Methods*, 49(3), 1128-1145. <https://doi.org/10.3758/s13428-016-0773-6>
- Delais-Roussarie E. & A. Di Cristo (2012). Chapitre XIX - L'accentuation. In Godard, D. ; A. Abeillé & A. Delaveau (eds) : *Grande Grammaire du Français*. Actes Sud.
- Démonet, J.-F., Taylor, M. J., & Chaix, Y. (2004). Developmental dyslexia. *The Lancet*, 363(9419), 1451-1460. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(04\)16106-0](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(04)16106-0)
- Denckla, M. B. (1993). A Neurologist's Overview of Developmental Dyslexia. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 682(1 Temporal Info), 23-26. <https://doi.org/10.1111/j.1749-6632.1993.tb22956.x>
- Di Cristo, A. D. (2003). De la métrique et du rythme de la parole ordinaire : L'exemple du français. *Semen*, 16. <https://doi.org/10.4000/semen.2944>
- Di Cristo, A. D. (2012). *Le pouvoir de la prosodie ou la revanche de Cendrillon*. 13.
- Di Cristo, A. D. (2016). *Les musiques du français parlé*. 403.
- Dodane, C., Martel, K., & Vasconcelos, A. N. de. (2018). La prosodie du langage adressé à l'enfant comparée à celle du langage adressé à l'adulte : Analyse d'un corpus en français, anglais et japonais. *Cahiers de praxématique*, 70. <https://doi.org/10.4000/praxematique.4820>
- Egalon, J. (2017). *L'apport de la musique dans la prise en charge orthophonique : Un outil musical à visée thérapeutique chez des enfants non verbaux*. 116.
- Flaugnacco, E., Lopez, L., Terribili, C., Zoia, S., Buda, S., Tilli, S., Monasta, L., Montico, M., Sila, A., Ronfani, L., & Schön, D. (2014). Rhythm perception and production predict reading abilities in developmental dyslexia. *Frontiers in Human Neuroscience*, 8. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2014.0039>
- Flaugnacco, E., Lopez, L., Terribili, C., Montico, M., Zoia, S., & Schön, D. (2015). Music Training Increases Phonological Awareness and Reading Skills in Developmental Dyslexia : A Randomized Control Trial. *PLOS ONE*, 17.
- Fraisse, P. (1974). *Psychologie du rythme* (Presses universitaires de France éd.).
- Francois, C., Chobert, J., Besson, M., & Schon, D. (2013). Music Training for the Development of Speech Segmentation. *Cerebral Cortex*, 23(9), 2038-2043. <https://doi.org/10.1093/cercor/bhs180>

- Garbar Anne-Pauline & Thouvenin Marina. (2016, juin). *Effets d'un entraînement rythmique sur des habiletés en lecture d'enfants dyslexiques* (Mémoire).
https://bibnum.univlyon1.fr/nuxeo/nxfile/default/85f78d0b-6250-47cd-a4f3faf2238f845e/blobholder:0/Mo_2016_GABAR_THOUVENIN.pdf
- Goswami, U. (2010). A temporal sampling framework for developmental dyslexia. *Trends in Cognitive Sciences*, 15(1), 3-10.
- Goswami, U. (2013). Dyslexia - In tune but out of time. *Psychologist*, 26(2), 106–109
- Goswami, U., Huss, M., Mead, N., Fosker, T., & Verney, J. P. (2013). Perception of patterns of musical beat distribution in phonological developmental dyslexia : Significant longitudinal relations with word reading and reading comprehension. *Cortex*, 49(5), 1363-1376.
<https://doi.org/10.1016/j.cortex.2012.05.005>
- Goswami, U., Mead, N., Fosker, T., Huss, M., Barnes, L., & Leong, V. (2013). Impaired perception of syllable stress in children with dyslexia : A longitudinal study. *Journal of Memory and Language*, 69(1), 1-17.
- Habib, M. (1997). *Dyslexie : Le cerveau singulier* (Vol. 1). Solal.
- Habib, M. (2003). *Rewiring the dyslexic brain*. 4.
- Habib, M., & Besson, M. (2009). What do Music Training and Musical Experience Teach Us About Brain Plasticity? *Music Perception: An Interdisciplinary Journal*, 26(3), 279-285.
<https://doi.org/10.1525/mp.2009.26.3.279>
- Habib, M., Lardy, C., Desiles, T., Commeiras, C., Chobert, J., & Besson, M. (2016). Music and Dyslexia : A New Musical Training Method to Improve Reading and Related Disorders. *Frontiers in Psychology*, 7. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2016.00026>
- Hannon, E. E., Nave-Blodgett, J. E., & Nave, K. M. (2018). The Developmental Origins of the Perception and Production of Musical Rhythm. *Child Development Perspectives*, 12(3), 194-198.
- Hurwitz, I., Wolff, P. H., Bortnick, B. D., & Kokas, K. (1975). Non musical Effects of the Kodaly Music Curriculum in Primary Grade Children. *Journal of Learning Disabilities*, 8(3), 167-174.
<https://doi.org/10.1177/002221947500800310>

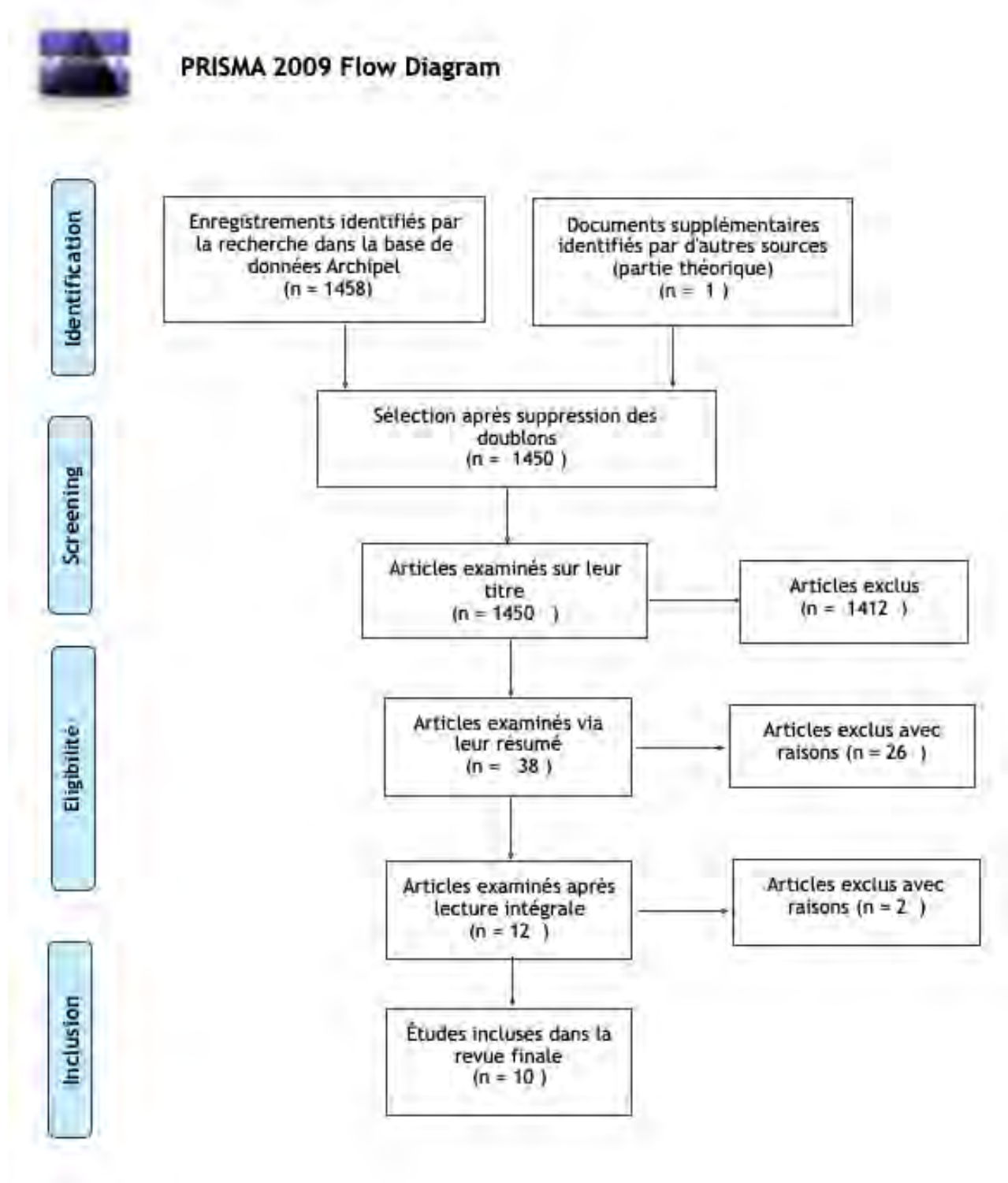
- Huss, M., Verney, J. P., Fosker, T., Mead, N., & Goswami, U. (2011). Music, rhythm, rise time perception and developmental dyslexia : Perception of musical meter predicts reading and phonology. *Cortex*, 47(6), 674-689. <https://doi.org/10.1016/j.cortex.2010.07.010>
- Inserm. (2017). Dyslexie Dysorthographe Dyscalculie. *Institut National de La Santé et de La Recherche Médicale INSERM*, 451-457. <https://doi.org/10.1177/0091270003258666>
- Joanisse, M. F., Manis, F. R., Keating, P., & Seidenberg, M. S. (2000). Language Deficits in Dyslexic Children : Speech Perception, Phonology, and Morphology. *Journal of Experimental Child Psychology*, 77(1), 30-60. <https://doi.org/10.1006/jecp.1999.2553>
- Jucla, M. (2014). *Que reste-t-il de l'hypothèse phonologique ?* 8.
- Launay, L. (2018). *Du DSM-5 au diagnostic orthophonique : Élaboration d'un arbre décisionnel*. 22.
- Lecoq, A., & Suchaut, B.(2012). *L'influence de la musique sur les capacités et les apprentissages des élèves en maternelle et en cours préparatoire.pdf*.
- Lessard, A., & Bolduc, J. (2001). Links between Musical Learning and Reading for First to Third Grade Students : A Literature Review. *International Journal of Humanities and Social Science*, 1(7), 10.
- Lin, C. Y., Wang, M., Newman, R. S., & Li, C. (2016). The development of stress sensitivity and its contribution to word reading in school-aged children : Stress Sensitivity and Reading. *Journal of Research in Reading*, 41(2), 259-277. <https://doi.org/10.1111/1467-9817.12094>
- 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>
- Moreau, A. (2016). *Éducation musicale et conscience phonologique : Effet d'un programme d'exercices de conscience phonologique en musique en maternelle* (Mémoire). <https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-01395216/document>
- Moreno, S., Marques, C., Santos, A., Santos, M., Castro, S. L., & Besson, M. (2009). Musical Training Influences Linguistic Abilities in 8-Year-Old Children : More Evidence for Brain Plasticity. *Cerebral Cortex (New York, N.Y. 1991)*, 19(3), 712-723.
- Moritz, C., Yampolsky, S., Yampolsky, S., Papadelis, G., Papadelis, G., Thomson, J., Thomson, J., Wolf, M., & Wolf, M. (2013). Links between early rhythm skills, musical training, and phonological awareness. *Reading & Writing*, 26(5), 739-769.

- Nicolson, R., Fawcett, A. J., & Dean, P. (2001). Dyslexia, development and the cerebellum. *Trends in Neurosciences*, 24(9), 515-516. [https://doi.org/10.1016/S0166-2236\(00\)01923-8](https://doi.org/10.1016/S0166-2236(00)01923-8)
- Overy, K. (2000). Dyslexia, Temporal Processing and Music : The Potential of Music as an Early Learning Aid for Dyslexic Children. *Psychology of Music*, 28(2), 218-229. <https://doi.org/10.1177/0305735600282010>
- Overy, K. (2003). Dyslexia and Music. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 999(1), 497-505. <https://doi.org/10.1196/annals.1284.060>
- Ozernov-Palchik, O., & Patel, A. D. (2018). Musical rhythm and reading development : Does beat processing matter?: Rhythm and reading development. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1423(1), 166-175. <https://doi.org/10.1111/nyas.13853>
- Planton, S., & Démonet, J.-F. (2012). Neurophysiologie du langage : Apports de la neuro-imagerie et état des connaissances. *Revue de neuropsychologie*, 4(4), 255. <https://doi.org/10.3917/rne.044.0255>
- Provasi, J., Anderson, D. I., & Barbu-Roth, M. (2014). Rhythm perception, production, and synchronization during the perinatal period. *Frontiers in Psychology*, 5. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2014.01048>
- Provasi, J. (2015). Comment le rythme vient aux bébés ? *Spirale*, N° 76(4), 50. <https://doi.org/10.3917/spi.076.0050>
- Ravignani, A., Honing, H., & Kotz, S. A. (2017). Editorial : The Evolution of Rhythm Cognition: Timing in Music and Speech. *Frontiers in Human Neuroscience*, 11, 303. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2017.00303>
- Richardson, U., Thomson, J. M., Scott, S. K., & Goswami, U. (2004). Auditory processing skills and phonological representation in Dyslexic children. *Dyslexia (Chichester, England)*, 10(3), 215-233
- Sauvanet, P. (2000). *Le rythme et la raison (Vol. 1)*. Kimé.
- Schön, D., & Tillmann, B. (2015). Short- and long-term rhythmic interventions : Perspectives for language rehabilitation. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1337, 32-39. <https://doi.org/10.1111/nyas.12635>

- Slater, J., Tierney, A., & Kraus, N. (2013). At-risk elementary school children with one year of classroom music instruction are better at keeping a beat. *PloS One*, *8*(10), e77250. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0077250>
- Snowling, M. J. (2013). Early identification and interventions for dyslexia : A contemporary view: Early identification and interventions for dyslexia: a contemporary view. *Journal of Research in Special Educational Needs*, *13*(1), 7-14. <https://doi.org/10.1111/j.1471-3802.2012.01262.x>
- Snowling, M. J., & Hulme, C. (2011). Annual Research Review : The nature and classification of reading disorders : A commentary on proposals for DSM5. *J Child Psychol Psychiatry*, *15*.
- Stambak, M. (1951). Le problème du rythme dans le développement de l'enfant et dans les dyslexies d'évolution. *Enfance*, *4*(5), 480-502. <https://doi.org/10.3406/enfan.1951.1202>
- Tartas, V. (2010). Le développement de notions temporelles par l'enfant. *Développements*, *4*(1), 17. <https://doi.org/10.3917/devel.004.0017>
- Thomson, J. M., Leong, V., & Goswami, U. (2012). Auditory processing interventions and developmental dyslexia : A comparison of phonemic and rhythmic approaches. *Reading and Writing*, *26*(2), 139-161. <https://doi.org/10.1007/s11145-012-9359-6>
- Tierney, A., & Kraus, N. (2014). Auditory-motor entrainment and phonological skills : Precise auditory timing hypothesis (PATH). *Frontiers in Human Neuroscience*, *8*. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2014.00949>
- Tillmann, B. (2012). Music and Language Perception : Expectations, Structural Integration, and Cognitive Sequencing. *Topics in Cognitive Science*, *4*(4), 568-584. <https://doi.org/10.1111/j.1756-8765.2012.01209.x>
- Valdois, S. (2008). *Dyslexies développementales : Théorie de l'empan visuo-attentionnel*. 17.
- Wigley, C., Fletcher, J., & Davidson, J. (2009). Motor Timing and Precursor Literacy Skills in Very Young Children. *Annals of the New York Academy of Sciences*, *1169*(1), 512-515.
- Wolff, P. H. (2002). *Timing precision and rhythm in developmental dyslexia*. 28.
- Wood, C., & Terrell, C. (1998). Poor readers' ability to detect speech rhythm and perceive rapid speech. *British Journal of Developmental Psychology*, *16*(3), 397-413.

ANNEXES

ANNEXE 1 – PRISMA Flow Diagram de la revue actuelle



RÉSUMÉ

Titre : Éclairage théorique et méthodologique sur le rythme et la prise en charge de la dyslexie par le rythme.

Résumé : De nombreuses études scientifiques traitent des causes et notamment des déficits temporels présents dans la dyslexie. D'autres encore stipulent l'intérêt de la musique pour améliorer la conscience phonologique et la lecture de manière générale. Néanmoins, le rôle du rythme dans les exercices étudiés et proposés est sous-évalué et minimisé. Il n'est pas suffisamment considéré comme base pour rééduquer les enfants dyslexiques.

Nous nous demandons alors quels protocoles rythmiques sont mis en place actuellement à destination des enfants dyslexiques et nous faisons l'hypothèse que l'application de telles remédiations permettrait d'améliorer les compétences phonologiques et la lecture dans cette population ainsi que pour les mauvais lecteurs.

Cette revue de la littérature a ainsi pour objectif de faire le point sur les données déjà existantes sur le domaine du rythme et du langage écrit et plus particulièrement sur les protocoles ou entraînements déjà créés ainsi que de condenser les résultats de méthodes appliquées dans ceux-ci.

Ce mémoire a de ce fait pour vocation d'être poursuivi, dans l'objectif d'aboutir à la création d'un protocole à destination des orthophonistes afin de prendre en charge la multitude de déficits dans la dyslexie par le rythme.

Mots clés : dyslexie, rythme, musique, conscience phonologique, langage, déficit temporel

ABSTRACT :

Title: Theoretical and methodological light on the rhythm and the support of dyslexia by the rhythm.

Abstract: Numerous scientific studies deal with the causes and in particular the temporal deficits present in dyslexia. Still others state the value of music for improving phonological awareness and reading in general. Nevertheless, the role of rhythm in the exercises studied and proposed is underestimated and minimized. It is not widely regarded as a basis for re-educating children with dyslexia.

We ask ourselves what rhythmic protocols are currently in place for dyslexic children and we hypothesize that the application of such remediations would improve phonological and reading skills in this population as well as for poor readers.

Therefore, the aim of this review of the literature is to take stock of the existing data in the field of rhythm and written language, and more particularly of the protocols or training already created, as well as to summarize the results of the methods applied in them.

This memoir is consequently intended to be continued, with the objective of creating a protocol for speech therapists in order to deal with the multitude of deficits in dyslexia by rhythm.

Keywords: dyslexia, rhythm, music, phonological awareness, language, time deficit

Le 28/05/2021



Corine Astésano
Laboratoire Octogone-Lordat

Mélanie Jucla
Laboratoire Octogone-Lordat.

