



UNIVERSITÉ DE NANTES

Unité de Formation et de Recherche de Médecine et des Techniques Médicales

Année Universitaire 2018/2019

Mémoire

pour l'obtention du

Certificat de Capacité en Orthophonie

Effets de la pratique du rythme musical sur le langage des enfants porteurs de troubles spécifiques du langage oral et écrit

présenté par *Matilde FROMAGEAU*

Née le 15/03/1994

Président du Jury : Monsieur Gaboriau Régnald – Orthophoniste, chargé d'enseignement

Directrice du Mémoire : Madame Varin Carole – Orthophoniste

Co-directrice du Mémoire : Madame Desvé Mélinda – Orthophoniste, chargée d'enseignement

Membre du jury : Madame Pouteau Claire – Orthophoniste, chargée d'enseignement

Engagement de non-plagiat

« Par délibération du Conseil en date du 7 Mars 1962, la Faculté a arrêté que les opinions émises dans les dissertations qui lui seront présentées doivent être considérées comme propres à leurs auteurs et qu'elle n'entend leur donner aucune approbation ni improbation ».

Je, soussignée Matilde Fromageau déclare être pleinement consciente que le plagiat de documents ou d'une partie d'un document publiés sur toutes ses formes de support, y compris l'Internet, constitue une violation des droits d'auteur ainsi qu'une fraude caractérisée. En conséquence, je m'engage à citer toutes les sources que j'ai utilisées pour écrire ce mémoire.

Fait à Nantes, le 12 mai 2019

Signature :

Remerciements :

Je remercie chaleureusement ma directrice de mémoire Carole Varin et ma maître de stage Félicie Dumat pour leur accompagnement, leur implication et leurs conseils tout au long de ce projet. Merci de m'avoir aidée dans l'organisation des groupes, des tests et d'avoir animé les ateliers. Merci aussi pour vos relectures et vos conseils !

Merci à Mélinda Desvé, ma co-directrice, pour ses conseils avisés et ses relectures.

Evidemment merci aux enfants et à leurs parents d'avoir participé à mon étude.

Je remercie également les orthophonistes de l'URNI pour leur contribution. Merci également à l'enseignante du groupe musique pour sa collaboration.

Je tiens aussi à remercier François et ses collègues, créateurs de l'application Mila, cela a été un plaisir d'échanger et de collaborer.

Merci également à Thierry et Ariel pour leurs idées et leurs conseils lors de la préparation des ateliers de rythme.

Merci également à Salim Rivière pour ses conseils en statistiques.

Enfin, merci à mes proches pour leurs relectures.

Introduction.....	1
PARTIE 1 : MUSIQUE ET LANGAGE	3
I- Des liens entre le rythme et le langage.....	3
1. L'organisation temporelle des éléments acoustiques dans la parole et leur lien avec le traitement du langage.	3
a. Des informations acoustiques, correspondant à des unités linguistiques, sont présentes sur différentes échelles de temps dans la parole.....	3
b. L'organisation hiérarchique des variations temporelles dans la parole	5
2. Le rôle du rythme dans l'acquisition du langage	6
a. L'utilisation de la structure rythmique de la parole pour la mise en place de la segmentation du flux verbal par les nouveau-nés	6
b. Des aspects temporels accentués dans le langage adressé à l'enfant (LAE)	7
3. Les liens entre les capacités de traitement du rythme et les capacités linguistiques	7
a. La relation entre les compétences en rythme musical et certaines compétences linguistiques chez les enfants tout-venants.	7
b. Des difficultés avec le traitement du rythme chez les enfants porteurs de troubles du langage oral ou écrit.	9
II- Un rapprochement possible entre le traitement de la musique et celui du langage	9
1. Des éléments similaires à traiter dans des régions neuronales communes	10
a. Des similitudes dans le traitement de la musique et du langage.....	10
b. Des régions neuronales communes impliquées	11
2. Le phénomène de synchronisation des oscillations neuronales : mise en jeu des aspects temporels de la parole et du rythme	12
a. La théorie de l'attention dynamique et son application au traitement de la parole	12
b. Un dysfonctionnement dans le MTMR (Modèle de Résolution Multi-Temporelle) : une explication du trouble phonologique par un déficit de la synchronisation des oscillations corticales avec le rythme de la parole	13
III- Les effets de la pratique d'une activité musicale sur le langage.....	17
1. Les effets de la musique sur la phonologie	17
2. Les effets de la musique sur la lecture	18
3. Les effets de la musique sur la syntaxe.....	19
IV- Les fondements théoriques pour la mise en place d'un entraînement au rythme musical	19
1. L'importance d'un rythme régulier.....	19
2. L'hypothèse OPERA (Overlap Precision Emotion Repetition Attention)	20
3. L'hypothèse PATH (Precise auditory-timing theory).....	21
V- Les hypothèses de travail	22

PARTIE 2 : PARTIE EXPERIMENTATION	23
I- La population d'étude.....	23
1. Description de la population	23
2. Méthodes de recrutement de la population	23
II- Le recueil des données	24
1. Le choix des épreuves d'évaluation	25
2. La phase de pré-test.....	25
3. La phase de post-test	26
III- L'entraînement musical.....	26
1. Les séances d'entraînement en groupe.....	26
a. Création des entraînements	26
b. Organisation des ateliers	28
2. L'utilisation de l'application Mila (Music Interactions and Learning Activities) .	28
a. Présentation de l'application	28
b. L'utilisation de l'application par les enfants	29
IV- L'analyse des données	30
1. Résultats aux épreuves de phonologie	30
a. Résultats aux épreuves de discrimination phonologique	30
b. Résultats aux épreuves de dénomination rapide d'images.....	32
2. Résultats aux épreuves de lecture	34
a. En lecture phonologique	34
b. En lecture de mots.....	38
3. Résultats aux épreuves de morphosyntaxe.....	40
4. Recueil de l'impression des enfants sur les ateliers.....	41
PARTIE 3 : DISCUSSION DES RESULTATS	42
I- Interprétation des résultats en lien avec les hypothèses de travail	42
1. Les effets de l'entraînement musical sur les capacités phonologiques.....	42
2. Les effets de l'entraînement musical sur la lecture.....	43
3. Les effets de la pratique de la musique sur le traitement morphosyntaxique	45
II- Limites de la méthodologie et ouvertures	46
1. Limites concernant la population d'étude.....	46
2. Limites liées aux tests	46
3. Limites relatives aux entraînements musicaux	47
4. Mises en perspective	47
Conclusion :.....	50
Bibliographie.....	51

Annexe 4 : Description des séances	I
Annexe 5 : Questionnaire de fin de groupe.....	VII
Annexe 6 : Lettre d'information aux parents	VIII
Annexe 7 : Lettre de consentement éclairé	IX
Annexe 8 : Engagement éthique.....	X

Introduction

L'art, et notamment la musique, au même titre que le langage, est un moyen de communication pour l'Homme. La musique intéresse les chercheurs car sa pratique met en œuvre de nombreuses et diverses compétences cognitives.

Le terme musique est défini dans le *Dictionnaire Larousse en ligne* (2018) comme « un art qui permet à l'Homme de s'exprimer par l'intermédiaire de sons ». Il s'agirait également de « la science de sons considérés sous le rapport de la mélodie et du rythme ». Au sein de la musique le rythme peut être, lui, défini dans ce même dictionnaire comme un « élément temporel de la musique dû à la succession et la relation entre les valeurs et la durée » ou encore comme « le retour à des intervalles réguliers des temps forts et des temps faibles dans un vers ou dans une phrase musicale ». Mais la notion de rythme se définit également dans le domaine du langage. Aussi trouvons-nous dans le *Dictionnaire Larousse en ligne* (2018) la définition suivante : « Retour régulier, dans la chaîne parlée, d'impressions auditives analogues, créées par divers éléments linguistiques ».

Au vu de ces définitions, musique et langage paraissent réunis autour de la notion de rythme et c'est probablement la raison pour laquelle la musique est parfois utilisée comme média dans les rééducations orthophoniques.

Les orthophonistes chantent des comptines aux jeunes enfants présentant des retards de parole ou scandent les syllabes des mots avec les patients souffrant de déficits phonologiques. Le rythme est également un outil reconnu de démutisation pour les patients aphasiques, par exemple, grâce à l'utilisation de la thérapie mélodique et rythmée. Il s'agit de plus d'un vecteur pour stimuler l'attention auditive, la mémoire, la concentration et le langage chez les patients cérébrolésés ou présentant des troubles psychiatriques. Il semblerait ainsi que la frontière entre les fonctions cognitives, le langage et la musique soit mince et qu'il y ait des liens entre ces domaines.

Les champs d'intervention de l'orthophonie sont larges et la rééducation du langage oral et du langage écrit chez les enfants porteurs de troubles spécifiques du langage oral (TSLO) et de troubles spécifiques du langage écrit (TSLE) constitue une part importante de l'ensemble de nos compétences.

Le TSLO est « un déficit avéré du langage oral persistant au cours du temps et qui ne peut être totalement expliqué par une autre pathologie comme la surdité, un trouble autistique ou une déficience mentale » (Billard, 2016, p 214). Cette dénomination n'inclut pas forcément un trouble de la conscience phonologique mais la comorbidité entre les TSLO et le trouble phonologique est très fréquente (Pennington et Bishop, 2009). De son côté, l'appellation trouble spécifique du langage écrit (TSLE) fait référence à un trouble spécifique, sévère et durable de la lecture, ce qui correspond à la dyslexie développementale (Billard, 2016). D'après Billard, « Dyslexie développementale est synonyme de trouble spécifique de l'acquisition de la lecture » (2016, p 60).

Dans la continuité de travaux sur l'utilisation de la musique pour améliorer les capacités langagières, nous nous intéressons à l'étude des effets de la pratique de la musique sur le langage oral et le langage écrit d'enfants porteurs de troubles spécifiques du langage oral et écrit. Dans quelle mesure la pratique de la musique et principalement du rythme musical peut-elle être bénéfique aux enfants TSLO et TSLE ? Existe-il un transfert d'apprentissage et dans quels domaines ?

Nous présenterons dans ce travail les liens entre langage et musique ainsi que les précédentes études sur la pratique de la musique par des enfants porteurs de troubles spécifiques du langage oral ou écrit. Nous développerons à la suite de cette revue nos hypothèses de travail et présenterons notre étude. Pour finir, nos résultats seront décrits, analysés, discutés et mis en perspective avec la recherche et la pratique orthophonique.

PARTIE 1 : MUSIQUE ET LANGAGE

I- Des liens entre le rythme et le langage

La parole présente une organisation temporelle des éléments linguistiques. Nous retrouvons de plus des corrélations entre les habiletés langagières et les capacités de traitement du rythme et de la musique. Enfin, le rythme de la parole a un rôle reconnu dans l'acquisition du langage. Pour ces différentes raisons que nous expliciterons dans cette première partie, nous pouvons parler de liens entre rythme et langage.

1. L'organisation temporelle des éléments acoustiques dans la parole et leur lien avec le traitement du langage.

Il existe au sein de l'organisation des éléments acoustiques de la parole une certaine temporalité. Nous nous attacherons à la décrire ici.

a. Des informations acoustiques, correspondant à des unités linguistiques, sont présentes sur différentes échelles de temps dans la parole

Il existe dans la parole différents éléments acoustiques qui correspondent à des informations linguistiques. Le signal sonore de la parole est organisé sur différentes échelles de temps et, sur certaines d'entre elles se trouvent des unités perceptives correspondant à des informations linguistiques (Lehongre, Ramus, Villiermet, Schwart et Giraud, 2011). En effet, les fluctuations de l'amplitude dans la parole sont modulées sur des fréquences comprises entre 2 et 50 Hertz. Les variations de fréquences des modulations d'amplitude sont précieuses pour la transmission d'informations linguistiques sur les sons de la parole (Rosen, 1992).

❖ Des variations rapides d'énergie correspondant aux phonèmes de la parole :

Le spectrogramme du signal vocal de la parole met en avant des variations rapides d'énergie acoustique dans le temps. Ces indices temporels de courte durée ont une haute fréquence de modulation d'amplitude. Ils ont une fréquence de 30 à 50 Hertz. Ces indices sont associés à la structure fine du signal sonore de la parole. Ces variations d'énergie dans le temps correspondent aux indices acoustiques tels que le « voice onset timing » (VOT) ou la transition des formants (Lehongre et al., 2011 ; Flanagan et Goswami, 2018). Les transitions de formants

permettent de différencier les phonèmes par leur lieu d'articulation par exemple /ba/ de /da/ et la voix, grâce au VOT, permet par exemple de distinguer /ba/ et /pa/. Ainsi, sur cette échelle de temps rapide, les modulations d'amplitude donnent des informations sur le lieu d'articulation et sur le voisement (Rosen, 1992 ; Lehongre et al., 2011). Ce sont ces informations acoustiques qui permettent de différencier les sons les uns des autres afin d'en faire des phonèmes, dans les langues pour lesquelles ces différences sont pertinentes pour la phonologie. La langue française en fait partie. Cette fréquence rapide des modulations d'amplitude correspond donc à la production des phonèmes dans la parole.

❖ *Des variations d'énergie au rythme plus lent correspondant aux syllabes de la parole :*

Il existe des changements d'amplitude à la fréquence plus basse (Flanagan et al., 2018), correspondant à une fréquence de 4 à 7 Hertz (Lehongre et al., 2012). Ces modulations d'amplitude reflètent les variations d'intensité liées à la production des syllabes (Greenberg, 2006 ; Lehongre et al., 2011). Ainsi, le rythme des syllabes dans la parole correspond aux modulations d'amplitude plus lentes. Par conséquence, le « rise time » qui est lié à ces changements d'amplitude représente un indice acoustique précieux pour la segmentation de la parole en syllabes (Goswami, et al., 2002).

❖ *Un rythme encore plus lent rattaché à la prosodie :*

Un rythme encore plus lent dans les modulations d'amplitude, de 1 à 2 Hertz, correspond à la production des unités lexicales et des propositions qui sont primordiales pour l'intonation et la prosodie (Lehongre et al., 2011).

Les modulations d'amplitude qui correspondent aux différentes variations d'intensité d'énergie fluctuant entre 1 et 50 Hertz dans le signal sonore transmettent donc des informations sur le phonème, la syllabe et la prosodie dans la parole.

Bien que ces modulations soient apériodiques, elles sont assez rythmées pour nous permettre d'extraire une régularité forte.

Ainsi, les variations d'intensité d'énergie dans le signal sonore de la parole constituent des indices acoustiques importants. Selon qu'elles correspondent aux phonèmes, aux syllabes ou à la prosodie, elles s'effectuent sur des fréquences différentes. Il existe alors, à travers ces différents indices acoustiques, une régularité dans la parole.

b. L'organisation hiérarchique des variations temporelles dans la parole

Dans le langage, les phrases sont des ensembles de propositions syntaxiques, constituées elles-mêmes de mots, à leur tour formés de syllabes puis de phonèmes. Ces imbrications se retrouvent au niveau acoustique dans le signal sonore de la parole.

Il existe une imbrication hiérarchique dans le signal de la parole. Sur des échelles de temps larges se trouvent des regroupements acoustiques délimités par des pauses dans le flux d'énergie correspondant aux temps de réflexion, aux frontières entre les phrases, aux effets de rhétorique, autrement dit à la prosodie. Sur des échelles de temps plus fines, des coupures dans l'énergie acoustique correspondent à la production des syllabes puis des phonèmes et délimitent d'autres regroupements d'énergie acoustique, les clusters (Falk et Kello, 2017 ; Abney, Paxton, Dale et Kello, 2014).

Ces pauses dans l'énergie acoustique sont définies par un seuil d'énergie acoustique. Il est question de pauses lorsque la quantité d'énergie se trouve sous ce seuil (Abney et al. 2014). Abney et ses collègues ont mesuré ces clusters dans le signal de la parole en utilisant les « onsets » qui correspondent au moment où la quantité d'énergie passe le seuil qui définit les pauses dans le signal acoustique. Ces « onsets » constituent des séries d'événements traités comme des points dans le temps. Ainsi, par cette méthode, les auteurs ont pu mettre en avant une constance dans la modulation de l'énergie. Cette constance revient, à travers les différentes échelles de temps, à montrer que les différents clusters sont imbriqués sur les échelles de temps. Les événements correspondant aux phonèmes forment des clusters qui, ensemble, forment de nouveau des clusters correspondant aux syllabes qui se regroupent pour former des mots puis des phrases (Falk et Kello, 2017). C'est ainsi que l'on peut parler d'imbrication hiérarchique sur les différentes échelles de temps.

De cette façon, nous mettons en avant que la parole est composée d'événements acoustiques qui ocurrent sur différentes échelles de temps. Ces événements acoustiques correspondent à la production des différentes unités linguistiques que sont les phonèmes, les syllabes, les mots et la prosodie. Ces événements sont imbriqués hiérarchiquement sur les différentes échelles de temps.

2. Le rôle du rythme dans l'acquisition du langage

La parole a donc une structure rythmique et cette structure importe pour l'acquisition du langage par les enfants. La structure rythmique de la parole est utilisée par les nouveau-nés lors de leur développement linguistique et accentuée dans le langage adressé à l'enfant.

a. L'utilisation de la structure rythmique de la parole pour la mise en place de la segmentation du flux verbal par les nouveau-nés

Les langues parlées ont une structure rythmique qui leur est propre. Elles n'appartiennent donc pas aux mêmes classes rythmiques. Or, dès la naissance, les nourrissons sont capables de discriminer des énoncés de langues de différentes classes rythmiques (par exemple l'anglais du japonais, ou le français du japonais) (Nazzi et Ramus, 2003). Cela met en évidence que, dès la naissance, les êtres humains sont sensibles aux rythmes des langues.

Grâce à leur sensibilité précoce aux structures rythmiques des langues, les très jeunes enfants vont pouvoir spécifier les propriétés rythmiques de leur langue. Ils vont également développer une sensibilité à la prosodie de celle-ci.

A partir des propriétés rythmiques de leur langue, les nourrissons pourront ainsi développer une procédure de segmentation métrique du flux de la parole spécifique à la structure rythmique de leur langue.

En présentant une revue des études sur les procédures de segmentation de la parole dans différentes langues, Nazzi et Ramus déduisent dans leur article que les adultes segmentent le flux de la parole différemment en fonction de la structure métrique de la langue qu'ils parlent. Ils s'expriment ainsi: « These studies indicated that speech segmentation is influenced by the metrical system of the native language, such that adults speaking French, English and Japanese use different metrical segmentation procedures. » (2003, p 235). Cela conforte l'idée que la procédure de segmentation est spécifique à la structure rythmique de la langue, et donc, est mise en place à partir du rythme de la langue.

Les très jeunes enfants sont ainsi sensibles à la structure métrique de leur langue et utilisent ce rythme pour segmenter le flux de la parole. Nous pouvons alors parler de l'importance du rythme de la parole dans la segmentation de cette dernière par les jeunes enfants et, par extension, de l'importance de ce rythme pour l'acquisition et le traitement du langage.

b. Des aspects temporels accentués dans le langage adressé à l'enfant (LAE)

Le rythme de la parole étant important pour l'acquisition du langage par les jeunes enfants, nous pouvons nous attendre à ce que les aspects liés au temps dans la parole soient accentués dans le langage adressé à l'enfant.

Comme nous l'avons déjà exposé dans la partie traitant de l'organisation temporelle de la parole, il existe une structure temporelle hiérarchique dans la parole.

Des chercheurs ont comparé chez des femmes allemandes un discours adressé à leur enfant de six mois à un discours adressé à un adulte. Ils ont pu mettre en avant que cette organisation hiérarchique, qui permet de rendre le contenu linguistique plus prédictible et accessible, était plus accentuée dans le langage adressé à l'enfant (Falk et Kello, 2017).

Le LAE possède des caractéristiques importantes pour l'acquisition du langage par les enfants. Le fait que les aspects temporels de la parole soient accentués et mis en avant dans le LAE est un argument en faveur de l'importance de la temporalité dans l'acquisition de langage.

Ainsi, la rythmique de la parole est un aspect important dans la mise en place de la segmentation de la parole. Par ailleurs, les aspects temporels de la parole sont mis en valeur dans le langage adressé à l'enfant. Nous pouvons alors en conclure que les aspects temporels dans la parole constituent des phénomènes importants pour l'acquisition du langage. Il existe d'ailleurs des liens entre les capacités à traiter le rythme plus généralement et le développement du langage.

3. Les liens entre les capacités de traitement du rythme et les capacités linguistiques

Du fait des aspects temporels présents dans la parole et de leur importance dans l'acquisition du langage, il est légitime de s'intéresser aux relations entre le traitement du rythme musical et les compétences linguistiques. Certaines compétences linguistiques semblent être liées aux compétences rythmiques. Il existe également une relation entre des difficultés avec le traitement du rythme musical et les troubles du langage.

a. La relation entre les compétences en rythme musical et certaines compétences linguistiques chez les enfants tout-venants.

Plusieurs études chez des enfants tout-venants ont mis en avant que plus les enfants étaient performants dans des tâches de rythme, plus ils avaient de bonnes compétences linguistiques.

Il a notamment été démontré, chez des enfants d'âges et de nationalités différents, un lien entre les compétences phonologiques et la sensibilité au rythme musical. Ainsi, dans une étude auprès de vingt-cinq enfants de six ans au développement typique, des chercheurs (Gordon, Shivers, Wieland, Kotz et McAuley, 2015) ont observé une relation entre la conscience phonologique et les compétences en rythme. Les sujets qui discriminaient le mieux des rythmes complexes lors de tâches de jugement étaient aussi ceux qui présentaient les meilleurs résultats aux épreuves de phonologie (élisions et fusions de phonèmes, rimes). De la même manière, dans une étude auprès de cinquante-cinq enfants d'une école maternelle allemande, il a été prouvé une corrélation entre les capacités en perception et en production de la musique et le niveau de conscience phonologique. Les enfants qui réussissaient le mieux les épreuves de segmentation de mots et les épreuves de rimes étaient ceux qui percevaient le mieux les rythmes lors de tâches de jugement. Une relation entre la perception du timbre dans la musique et la réussite aux épreuves de reconnaissance de phonèmes a aussi été mise en évidence lors de cette étude. Pour finir, les enfants qui étaient les plus performants dans les épreuves de production de musique (chanter une chanson, reproduire un rythme et garder le tempo), étaient ceux qui obtenaient les meilleurs scores aux épreuves de conscience phonologique (Degé, Kubicek, et Schwarzer, 2015). Plus récemment en 2018, une autre équipe (Ozernov Palchik, Patel et Wolf, 2018) a elle aussi mis en avant une relation entre la perception du rythme et la conscience phonologique lors d'une étude auprès de plus de soixante-dix enfants d'écoles maternelles de Boston aux Etats-Unis d'Amérique. Des bons résultats aux épreuves de répétition de logatomes, de dénomination rapide automatisée, de fusions et d'élisions de syllabes ou encore de segmentation de phrases et de mots étaient corrélés avec de bons résultats aux épreuves de jugement de rythmes.

Ainsi il existerait un lien entre les capacités à traiter le rythme de la musique et le niveau de développement de la phonologie chez les enfants tout-venants.

Par ailleurs, dans leur étude de 2015, Gordon et ses collègues ont aussi mis en avant une corrélation entre la capacité à discriminer des rythmes simples et complexes lors de tâches de jugement et la capacité à produire différentes structures morphosyntaxiques, chez les mêmes enfants de six ans (Gordon et al., 2015). Ainsi il existerait un lien aussi entre la production morphosyntaxique et la capacité à discriminer des rythmes simples et complexes.

Nous pouvons de ce fait parler d'une relation entre les compétences en rythme et les compétences langagières au niveau de la phonologie et de la syntaxe chez les enfants tout-venants. Ces résultats sont très intéressants et renforcent le lien entre le rythme et le langage. Si les enfants qui ont les meilleures capacités dans le traitement du rythme sont aussi ceux qui ont

les meilleures compétences en phonologie et en syntaxe, il est logique de constater que les enfants porteurs de troubles du langage ont également des difficultés avec le traitement du rythme musical.

b. Des difficultés avec le traitement du rythme chez les enfants porteurs de troubles du langage oral ou écrit.

Les personnes souffrant de troubles du langage oral ou écrit présentent généralement de faibles compétences dans les tâches mettant en jeu le traitement du rythme. Il est ressorti d'une étude auprès d'enfants dyslexiques et d'enfants normo-lecteurs tous âgés de dix ans, que les enfants dyslexiques présentaient considérablement plus de difficultés que les enfants du groupe contrôle pour synchroniser leur motricité à un métronome lorsqu'on leur demandait de taper du doigt en suivant la métrique du métronome (Thomson, et Goswami, 2008). D'autres chercheurs ont également remarqué que les enfants dyslexiques présentaient plus de difficultés que les enfants tout-venants dans la réalisation de tâches requérant la perception de la structure métrique de la musique (Huss, Verney, Fosker, Mead et Goswami, 2011). Enfin, au cours d'une étude auprès d'enfants de cinq ans souffrant de trouble du langage oral, il a été prouvé que ces enfants éprouvaient plus de difficultés que les enfants du groupe contrôle pour percevoir des changements de hauteur et de rythme dans la musique (Sallat et Jentschke, 2015).

Ces différentes études vont dans le sens de l'existence d'un lien entre la capacité à traiter le rythme et la métrique de la musique et les compétences langagières.

Ces liens peuvent aisément laisser penser qu'il existe un rapprochement entre le traitement du langage et celui du rythme musical, que ce soit au niveau des régions neuronales engagées ou des mécanismes sous-jacents impliqués. Nous nous attacherons à décrire ces mécanismes dans la partie à venir.

II- Un rapprochement possible entre le traitement de la musique et celui du langage

Le traitement de la musique et celui du langage sont proches dans la mesure où ils impliquent des réseaux neuronaux et requièrent des mécanismes neuronaux communs. Ce sont ces phénomènes que nous décrirons au cours de cette partie.

1. Des éléments similaires à traiter dans des régions neuronales communes

Il est dans un premier temps possible d'effectuer un rapprochement entre le traitement de la musique et du langage du point de vue des éléments à traiter. La similitude des éléments à traiter dans les deux situations induit l'implication de régions neuronales identiques dans le traitement de la musique et du langage.

a. Des similitudes dans le traitement de la musique et du langage

❖ Des similitudes acoustiques entre musique et parole :

Il existe au niveau acoustique des connivences entre les sons musicaux et les sons de la parole. En effet, tout son qui arrive à l'oreille humaine, que ce soit un son musical ou un son de la parole, peut être caractérisé par trois éléments : la hauteur, la temporalité et le timbre (Kraus et Chandrasekaran, 2010).

La hauteur correspond à une perception subjective de la fréquence du son. La temporalité fait référence à des repères spécifiques de temps comme le début d'un son par exemple. Enfin, le timbre correspond à la qualité du son. Ces trois éléments qui constituent le son sont donc à traiter par le cerveau qu'il s'agisse de musique ou de la parole. De plus, il n'y a pas de différence au niveau acoustique entre le timbre d'un son musical et un phonème de la parole. Ils sont tous les deux caractérisés à la fois par l'enveloppe spectrale et par l'enveloppe d'amplitude.

L'enveloppe spectrale correspond aux variations des amplitudes des harmoniques et l'enveloppe d'amplitude comprend les variations d'intensité du signal sonore. Comme nous l'avons exposé plus tôt, les variations d'amplitude caractérisent les sons de la parole mais elles sont également importantes dans le traitement des sons de la musique. Ainsi, l'identification des phonèmes dans la parole et du timbre dans la musique sont probablement des processus similaires même si l'identification des phonèmes dans la parole requiert une résolution temporelle plus importante (Koelsch, 2011). Comme pour la musique, la segmentation du flux continu de la parole en unités linguistiques discrètes que sont les phonèmes, les syllabes et les morphèmes, requièrent un traitement temporel (Ozernov Palchik et al., 2018). Des chercheurs ont d'ailleurs mis en avant une corrélation entre le traitement des modulations d'amplitude de la parole et les compétences phonologiques (Goswami et al. 2002). Ce résultat nous conforte dans l'idée d'un traitement temporel pour le développement linguistique.

❖ *Des similitudes dans le traitement cognitif de la musique et du langage :*

Ces similitudes acoustiques entraînent nécessairement des similitudes au niveau du traitement cognitif. En effet, le décodage de la musique et de la parole nécessite une analyse fine des caractéristiques acoustiques spectrales et temporelles (Koelsch, 2011). En outre, le traitement de la musique comme de la parole nécessite de rassembler dans un ensemble cohérent des éléments distincts à partir des indices acoustiques présents dans la parole et dans la musique. (Patel, 2003). D'après cet auteur, les mots dans la parole ne sont pas tous séparés de la même manière mais sont regroupés en propositions. Cela se retrouve aussi dans la musique. Au sein d'une ligne mélodique, les notes sont également perçues comme étant regroupées dans des « phrases musicales ».

La musique et le langage partagent également la mise en jeu de capacités cognitives similaires comme l'attention ou la mémoire de travail (Kraus et Chandrasekaran, 2010). Il existe donc des points communs entre la musique et le langage au niveau sensitivo-cognitif.

Nous constatons alors que le traitement des sons de la musique et celui des sons de la parole se rejoignent au niveau des aspects temporels dans le traitement des modulations d'amplitude. Ce traitement impliquant une analyse fine des sons requiert des compétences cognitives communes. Il y a donc des liens entre le traitement des sons de la musique et celui des phonèmes. Nous pouvons alors conclure à une relation entre le traitement de la musique et celui du langage.

b. Des régions neuronales communes impliquées

Les éléments acoustiques communs à traiter dans la parole et la musique impliquent des compétences cognitives semblables. Ils impliquent également les mêmes régions neuronales. Comme l'affirme Patel (Patel, 2011), il existe dans le cerveau un chevauchement des réseaux neuronaux traitant les caractéristiques servant à la fois dans la musique et dans le langage. En effet, qu'ils s'agissent des caractéristiques acoustiques d'un son musical ou de celles d'un son de la parole, elles sont traitées dans les mêmes régions neuronales, au niveau du tronc cérébral et du cortex auditif. Avant même que le son puisse être traité, les indices acoustiques de celui-ci doivent être transformés en un code neuronal puis être transmis depuis le tronc cérébral vers le cortex auditif par les structures sous-corticales (Kraus et Chandrasekaran, 2010). Les éléments acoustiques, communs aux sons de la musique et aux sons de la parole passent donc par les mêmes structures sous-corticales pour être conduits vers le cortex auditif.

Ainsi, le traitement du signal sonore de la musique et de la parole nécessite l'identification et l'intégration d'indices acoustiques similaires. Donc, des processus cognitifs communs sont sollicités dans les deux situations. De plus, certains réseaux et circuits neuronaux sont impliqués pour intégrer et pour traiter autant les sons de la parole que ceux de la musique.

2. Le phénomène de synchronisation des oscillations neuronales : mise en jeu des aspects temporels de la parole et du rythme

Comme nous l'avons mis en avant dans les premières parties de cette production, il existe dans le signal sonore de la parole et dans celui de la musique des aspects temporels. Il s'agit d'un point commun à la parole et à la musique et il semblerait qu'un traitement efficace de ces aspects temporels soit important pour le développement de certains versants linguistiques. Nous allons ici décrire deux théories expliquant des mécanismes qui sous-tendent le développement du langage et qui impliquent les aspects temporels de la parole, mais aussi, par conséquent ceux de la musique.

a. La théorie de l'attention dynamique et son application au traitement de la parole

❖ Description de la théorie dynamique de l'attention :

La première de ces théories est celle de l'attention dynamique. Cette théorie a été mise au point afin d'expliquer comment un auditeur est capable de suivre une séquence de sons dans le temps et de créer des attentes en fonction des événements acoustiques venant de se produire. Elle vise à comprendre le traitement des sons musicaux. Un auditeur ne peut traiter toutes les informations auditives qui arrivent à lui. Il est obligé de faire une sélection sur ce qu'il va traiter. Or notre attention oscille entre des minimas et des maximas attentionnels et, logiquement, nous traitons mieux les événements qui opèrent lors des maximas attentionnels.

Ainsi, lors de l'écoute d'une séquence acoustique, l'auditeur va d'abord extraire des régularités perceptives. Pour ce faire, il dégage une pulsation régulière sous-jacente qui lui permet d'extraire une régularité et de créer des liens entre des événements acoustiques qui ne sont pas forcément adjacents. De cette façon, chaque événement peut être situé par rapport à ceux qui l'entourent dans le temps. A partir de cette régularité, l'auditeur va donc pouvoir créer des attentes sur l'événement acoustique qui va suivre. Il peut ainsi anticiper l'arrivée d'événements acoustiques saillants et synchroniser l'oscillation de son attention afin que les maximas attentionnels correspondent à l'arrivée des événements acoustiques les plus importants (Drake, 2010).

Ainsi, l'auditeur synchronise son attention sur les événements acoustiques les plus marqués en les anticipant grâce à l'extraction d'une régularité. Même si la régularité de la parole est moins prégnante que celle de la musique, ce fonctionnement peut être transposé à celui du traitement des sons de la parole.

❖ *Transposition de cette théorie à la parole :*

En effet, même si la périodicité de la parole est moins prégnante que celle de la musique, il est néanmoins possible d'en extraire une régularité fondée sur l'alternance de l'accentuation des syllabes. L'attention du locuteur va ainsi se coupler sur le modèle temporel issu de cette alternance. De la même manière que dans le traitement de la musique, il sera possible d'anticiper le moment où une information linguistique importante va se produire et ainsi de focaliser son attention sur cet instant. De cette façon, en étant anticipés, les syllabes et les mots sont mieux traités. Ainsi, la régularité temporelle de la parole et la prédictibilité de la parole permettent d'améliorer différents aspects du traitement de la parole comme la phonologie, le lexique ou la morphosyntaxe (Schön et Thilmann, 2015). De ce fait, d'aucuns pensent que le traitement et la compréhension de la parole impliquent des prédictions au niveau syntaxique, sur la catégorie du mot à venir (Morgan et Patel, 2016).

Il est alors légitime de penser que les traitements de la musique et de la parole partagent ce mécanisme de synchronisation de l'attention sur les événements prégnants du signal sonore afin de les traiter de manière efficace.

b. Un dysfonctionnement dans le MTMR (Modèle de Résolution Multi-Temporelle) : une explication du trouble phonologique par un déficit de la synchronisation des oscillations corticales avec le rythme de la parole

❖ *Description du modèle chez les sujets tout-venants :*

Comme explicité dans notre première partie, les unités linguistiques correspondent à différents rythmes de modulations d'amplitude dans le signal de la parole. Le MTMR repose sur l'hypothèse suivante : les oscillations neuronales constantes dans le cortex sont parfaitement rythmées pour se mettre en relation avec les échelles de temps porteuses des informations linguistiques dans la parole. La relation entre les différentes fréquences de modulation d'amplitude de la parole et les oscillations corticales seraient ainsi le moyen par lequel le cerveau convertit les rythmes de la parole en segments linguistiques.

Les rythmes des oscillations neuronales sont très proches des rythmes de la parole correspondant aux unités linguistiques. Les oscillations gamma ont un rythme de 25 à 35 Hertz qui peut facilement correspondre aux unités perceptives permettant de traiter les phonèmes. Les oscillations neuronales thêta ont un rythme de 4 à 8 Hertz pouvant être mis en relation avec les modulations d'amplitude correspondant aux syllabes dans la parole et les oscillations delta ont un rythme oscillatoire plus lent de 1 à 3 Hertz, ce qui est similaire aux modulations d'amplitude correspondant à la prosodie (Lehongre et al. 2011).

D'après le modèle qui est décrit ici, les oscillations du cortex auditif (gamma et thêta), se synchronisent avec le rythme des modulations d'amplitude du signal sonore de la parole correspondant aux phonèmes et aux syllabes. En effet, les modulations de la parole produisent une décharge dans les réseaux neuronaux thêta et gamma. Les phases de haute excitabilité neuronale coïncident avec les moments riches en énergie du signal sonore de la parole (Lehongre et al., 2011).

D'autre part, les réseaux neuronaux thêta et gamma semblent latéralisés. Les réseaux thêta qui repèrent et se synchronisent avec les modulations d'amplitude correspondant aux syllabes sont localisés préférentiellement à droite dans le cortex auditif. Au contraire, les réseaux gamma, qui codent les modulations d'amplitude du signal de la parole à une fréquence plus élevée et permettent une intégration du signal à l'échelle phonémique, sont présents des deux côtés du cortex auditif (Goswami, 2011).

Ainsi, les oscillations intrinsèques au cortex auditif sur les rythmes thêta et gamma, en se synchronisant sur les rythmes de modulations d'amplitude dans la parole, permettent de détecter les unités linguistiques distinctes telles que les phonèmes ou les syllabes dans le flux continu de la parole.

❖ *Dysfonctionnement dans le cas de troubles du langage :*

Or, chez les personnes porteuses de troubles du langage, la synchronisation des oscillations neuronales sur les modulations d'amplitude dans le signal de la parole est altérée. Il s'agit d'une cause possible du trouble phonologique.

L'alignement des oscillations neuronales internes sur le rythme de la parole (sur les modulations d'amplitude) ou pas aurait une conséquence sur le traitement de la parole. En effet, des chercheurs (Zoefel, Archer-Boyd et Davis, 2018) ont artificiellement et volontairement empêché cet alignement des oscillations neuronales sur le signal vocal, en utilisant des

stimulations transcrâniennes. A l'aide de techniques d'imagerie fonctionnelle, ils ont démontré que le fait que les oscillations internes s'alignent ou non sur l'enveloppe d'amplitude (dans un énoncé intelligible ou un énoncé rendu inintelligible en ajoutant du bruit) avait un impact sur l'activité neuronale dans le gyrus temporal supérieur, localisation du traitement du langage, lorsque des énoncés intelligibles étaient proposés. Ils ont de cette façon, démontré que l'alignement des phases oscillatoires sur l'enveloppe d'amplitude, dans le cas d'énoncés intelligibles, a un rôle dans le traitement de la parole.

Différentes théories ont été établies pour décrire ce processus d'alignement des phases oscillatoires à l'origine du trouble phonologique.

➤ *L'hypothèse d'un dysfonctionnement du traitement de la syllabe :*

Goswami a décrit le « temporal sampling framework » (TSF) dans lequel elle explique que les personnes ayant un trouble du langage écrit présenteraient un dysfonctionnement dans la synchronisation de leurs oscillations corticales avec les modulations d'amplitude les plus lentes dans la parole. Cela entraînerait alors une réduction de l'efficacité de la segmentation syllabique de la parole. Pour preuve, la segmentation syllabique se fait à travers la perception et le traitement du « rise time » (le moment de montée de l'amplitude) et la perception de celui-ci est altérée chez les dyslexiques dans différentes langues (Goswami, 2011). Il s'agirait ainsi d'un déficit de synchronisation des réseaux neuronaux thêta et delta avec les modulations d'amplitude les plus lentes correspondant aux syllabes et à la prosodie dans la parole. En parallèle, les réseaux neuronaux gamma se synchroniseraient correctement avec les modulations d'amplitude correspondant aux phonèmes. Le fonctionnement des réseaux gamma étant normalement lié à celui des réseaux thêta, le système phonétique des personnes avec trouble du langage serait alors alourdi par un surplus d'informations, codées par les réseaux gamma, sans le contrôle des réseaux thêta (Goswami, 2011). Cela expliquerait la construction atypique du système phonologique chez ces personnes. Elles restent sensibles à tous les contrastes phonétiques des langues ce qui empêche la formation de représentations phonologiques stables et fiables.

➤ *L'hypothèse d'un dysfonctionnement au niveau de la prosodie :*

Parallèlement, d'autres théories mettent en avant un déficit de la synchronisation des oscillations corticales à toutes les échelles de temps.

D'une part, un déficit au niveau des oscillations des réseaux thêta altère la synchronisation sur les faibles modulations d'amplitude de la parole. Or, un déficit de l'encodage de ces modulations d'amplitude de faibles fréquences suggère un déficit de la segmentation en syllabes et un déficit du traitement de la prosodie chez les dyslexiques (Power, Colling, Mead, Barnes et Goswami, 2016).

En effet, en utilisant une méthode consistant à resynthétiser le stimulus de la parole à partir des réponses de la région neuronale qui l'a encodé, il est possible, en se basant sur la précision de la reconstruction, de mesurer la qualité de l'encodage de la parole par les sujets. De cette façon, il a été possible de comparer l'encodage de l'enveloppe d'amplitude chez les dyslexiques et chez les tout-venants. Ces chercheurs ont alors mis en avant que la qualité de l'enveloppe d'amplitude sur la fréquence de 0 à 2 Hertz était beaucoup plus faible et imprécise chez les enfant dyslexiques que chez les enfants contrôle (Power et al., 2016).

➤ *L'hypothèse d'un dysfonctionnement au niveau des phonèmes :*

D'autre part, un déficit au niveau des oscillations gamma entraîne un déficit dans le codage des phonèmes. Les dyslexiques analysent la parole à une fréquence légèrement supérieure à la fréquence gamma habituelle, ils traitent alors trop de détails acoustiques par unité de temps. En effet, en comparant les réponses du cortex auditif à différentes fréquences de modulations d'amplitude de personnes dyslexiques et de personnes normo-lectrices, les chercheurs remarquent que le cortex auditif gauche des personnes dyslexiques répond moins que celui des personnes du groupe contrôle aux modulations sur des fréquences de 30 Hertz. Or, ces modulations correspondent aux fréquences optimales pour l'analyse des phonèmes.

Au contraire, le cortex auditif gauche des dyslexiques répond normalement voire mieux que celui des personnes contrôles à des modulations de fréquences plus hautes (par exemple 50 Hertz). De ce fait, leur cortex auditif extrait trop d'informations acoustiques qui ne sont pas pertinentes pour le traitement phonologique. Ainsi, cela cause un désordre dans la structure phonologique de ces personnes et une surcharge de la mémoire verbale à court terme (Lehongre et al., 2011).

Les hypothèses divergent sur la nature exacte du dysfonctionnement de la synchronisation des oscillations corticales sur les modulations d'amplitude de la parole. Néanmoins, toutes s'accordent sur le fait qu'un déficit de la synchronisation de ces oscillations sur le rythme de la parole est à l'origine d'un trouble phonologique chez les personnes présentant un trouble du langage.

Ainsi, d'une part il semblerait que le cerveau utilise la temporalité de la parole pour optimiser l'utilisation de l'attention et la porter sur les événements importants du signal sonore. D'autre part, la synchronisation des oscillations corticales internes sur le rythme des modulations d'amplitude contribuerait à la mise en place des représentations phonologiques. Or, plusieurs théories vont dans le sens d'un déficit de cette synchronisation chez les personnes porteuses d'un trouble du langage écrit. Ce dysfonctionnement pourrait être à l'origine de leur trouble phonologique.

III- Les effets de la pratique d'une activité musicale sur le langage

Considérant les liens existants entre la musique et le langage et les mécanismes communs qui sont impliqués, nous recherchons des effets d'un entraînement musical sur les capacités langagières.

1. Les effets de la musique sur la phonologie

Différentes études ont démontré l'influence de la pratique de la musique et donc du rythme sur les compétences phonologiques et sur certains processus auditifs sous-jacents. En effet, une étude datant de 2003 a montré chez des enfants dyslexiques une amélioration du traitement phonologique après quinze semaines d'un entraînement musical, principalement basé sur le rythme (Overy, 2003).

Une autre étude menée auprès de jeunes enfants allemands a mis en évidence qu'un entraînement musical avait les mêmes effets positifs sur la conscience phonologique des enfants qu'un entraînement phonologique classique, ceci en comparaison à un entraînement au sport qui constituait l'activité contrôle de l'expérience (Dégé et Schwarzer., 2011). Les différents entraînements avaient lieu tous les jours pendant dix minutes sur une période de vingt semaines.

En 2013, Habib et ses collègues mettent de leur côté en avant une amélioration des capacités de catégorisation phonémique chez des enfants dyslexiques ayant pratiqué de la musique en comparaison à des enfants dyslexiques ayant effectué une autre activité sur une période donnée (Habib et al., 2013).

Enfin, il a également été mis en avant que des personnes adultes dyslexiques musiciennes depuis leur enfance avaient des meilleures capacités phonologiques lors d'une épreuve de segmentation et d'assemblage visant à tester la représentation phonologique des mots, en

comparaison avec des adultes dyslexiques ne pratiquant pas de musique (Bishop Liebler, Welch, Huss, Thomson et Goswami, 2014).

Le voice onset timing (VOT) est un élément acoustique qui permet de différencier une consonne sourde d'une consonne sonore. Comme d'autres éléments acoustiques temporels et comme explicité dans la partie sur les aspects temporels du langage, la perception du VOT est déficitaire chez les sujets souffrants d'un trouble du langage. Il a cependant été démontré que cette perception était plus efficace chez des personnes dyslexiques pratiquant la musique que chez des dyslexiques non musiciens (Chobert, François, Habib et Besson, 2012 ; Zuk et al., 2017). D'autre part, des adultes musiciens présentent une meilleure discrimination phonémique que des non-musiciens lorsque deux phonèmes sur un continuum leur sont présentés (Zuk et al., 2013). Ces résultats peuvent être mis en lien avec la sensibilité aux aspects temporels de la parole (VOT et « rise time »), meilleure chez les musiciens que chez les non-musiciens.

2. Les effets de la musique sur la lecture

La phonologie constituant un des principaux prérequis à l'acquisition de la lecture, il n'est pas étonnant de constater qu'un impact positif de la pratique du rythme musical sur la lecture ait été recherché et mis en évidence. En effet, deux études le montrent, la première réalisée sur des enfants lusophones normo-lecteurs et la deuxième sur des enfants francophones dyslexiques.

La première est une étude longitudinale menée chez des enfants portugais de huit ans au développement typique qui a mis en avant des progrès en lecture, notamment sur la lecture des graphies complexes, après six mois d'entraînement à la musique (Moreno et al., 2009). Cette étude comparait l'évolution du niveau de lecture des enfants ayant pratiqué de la musique à celui d'enfants ayant fait de la peinture.

Cinq ans plus tard, Habib et son équipe ont obtenu les mêmes résultats auprès d'enfants dyslexiques (Habib et al. 2013). Ils ont mis en avant des progrès notables en lecture après six semaines d'entraînement musical. Ils ont de plus montré que ces progrès se sont maintenus dans le temps en repassant des tests six semaines après la fin de l'entraînement musical. Ainsi, il existe un effet de la pratique du rythme musical sur le développement et l'apprentissage de la lecture, chez des sujets normo-lecteurs et chez des sujets dyslexiques.

3. Les effets de la musique sur la syntaxe

En s'appuyant sur la théorie de l'attention dynamique explicitée plus haut, une équipe de chercheurs a fait l'hypothèse que le traitement de la syntaxe dans la parole pourrait être amélioré par l'écoute d'un rythme régulier. Une stimulation auditive par un rythme régulier permettrait d'augmenter le phénomène d'attention orientée vers les événements prégnants de la parole qui correspondent aux éléments importants pour le traitement de la syntaxe. Ainsi, en 2016, ces chercheurs ont réalisé une étude auprès d'enfants souffrant de troubles spécifiques du langage oral. Ils ont mis en évidence que la stimulation par un rythme régulier, en amont d'une tâche de jugement morphosyntaxique, permettait d'améliorer les performances des enfants (Bedoin, Brisseau, Molinier, Roch et Thilmann 2016). Il est important de noter que la régularité du rythme de la stimulation est en jeu. Ils n'obtiennent pas les mêmes résultats avec une stimulation par un rythme irrégulier.

L'expérience a ensuite été reproduite auprès de personnes au développement langagier typique (Chern, Thillmann, Vaughan et Gordon, 2018), et des résultats cohérents ont été obtenus. Les tâches de jugement morphosyntaxiques sont mieux réussies à la suite d'une stimulation auditive par un rythme régulier. Ils notent également qu'aucune amélioration n'a été remarquée après une stimulation auditive par un rythme régulier dans des tâches non linguistiques, ce qui va dans le sens de mécanismes communs spécifiquement entre le langage et le rythme.

IV- Les fondements théoriques pour la mise en place d'un entraînement au rythme musical

Au vu des études prometteuses concernant les effets du rythme musical sur les compétences langagières, il est intéressant de penser à la mise en place d'un entraînement au rythme musical destiné aux enfants souffrant de troubles du langage oral et de troubles du langage écrit. Dans cette optique, se pose la question de la manière avec laquelle les créer. Nous pouvons nous inspirer de ces différentes études et théories.

1. L'importance d'un rythme régulier

La pratique d'un entraînement sur un rythme régulier semble produire des meilleurs résultats sur les capacités linguistiques. En effet, il y aurait un lien entre le traitement d'un rythme régulier (c'est-à-dire ayant des schémas rythmiques basés sur un modèle temporel sous-jacent

périodique) et les capacités en lecture, chez les enfants dyslexiques (Ozernov Palchik et al., 2018).

Dans d'autres études, il a été démontré chez des enfants souffrant de trouble du langage oral, chez des enfants dyslexiques et chez des enfants au développement typique l'efficacité du rythme régulier. En effet, les études sur les effets du rythme sur le traitement de la syntaxe, dont certaines sont présentées dans la partie précédente, prônent l'importance de la régularité des séquences rythmiques utilisées. Elles ont prouvé qu'une stimulation par un rythme régulier permettait une plus grande amélioration des capacités dans des tâches de jugement grammatical en comparaison avec une stimulation par un rythme irrégulier (Przybylski. L. et al., 2013 ; Bedoin et al., 2016 ; Chern et al., 2018).

Ainsi, il est aisé de penser qu'un entraînement rythmique avec des séquences régulières sera plus efficace pour améliorer les compétences linguistiques des enfants porteurs de troubles du langage oral et des enfants dyslexiques. Nous pouvons espérer cette efficacité au niveau des compétences en lecture et des compétences morphosyntaxiques. Cette hypothèse est à mettre en lien avec la régularité qui peut être extraite de la parole, décrite dans notre première partie.

2. L'hypothèse OPERA (Overlap Precision Emotion Repetition Attention)

L'hypothèse OPERA a été mise au point par Patel (Patel, 2011) pour expliquer pourquoi un entraînement musical peut entraîner une plasticité cérébrale au niveau des réseaux neuronaux traitant la parole et ainsi améliorer certaines compétences linguistiques. Il décrit cinq conditions nécessaires à une activité pour que la plasticité cérébrale opère. La première est le chevauchement des régions neuronales engagées. Or, comme nous l'avons décrit précédemment, il existe un chevauchement des réseaux neuronaux impliqués dans le traitement des événements acoustiques constituant à la fois les sons de la musique et les sons de la parole. En deuxième lieu, l'exercice doit requérir une plus grande précision que celui de la parole dans l'encodage des sons. Il est plausible que ce soit le cas de la musique. En effet, il est possible de s'appuyer sur le contexte pour traiter les détails des sons de la parole alors que ce n'est pas le cas pour les sons de la musique. L'hypothèse OPERA argue d'autre part que l'activité doit produire une émotion positive, être répétée fréquemment et être associée à une attention sélective, c'est-à-dire une grande concentration sur la tâche accomplie. En effet, l'association d'une émotion positive forte avec la répétition permet que la plasticité cérébrale ait lieu dans les réseaux neuronaux impliqués. Ces cinq conditions peuvent aisément être réunies dans la pratique de la musique.

Nous retiendrons, ainsi lors de la préparation des ateliers de rythme l'importance d'induire une émotion positive liée au plaisir de jouer ensemble et de produire de la musique. Nous allons également garder à l'esprit l'importance de proposer des activités se répétant et engageant une attention soutenue.

3. L'hypothèse PATH (Precise auditory-timing theory)

L'hypothèse PATH consiste à penser qu'une synchronisation auditivo-motrice améliorerait certaines capacités linguistiques comme la conscience phonologique (Tierney et Kraus, 2014). La synchronisation auditivo-motrice correspond à la faculté de bouger de manière synchronisée à un signal auditif répété. Tierney et Kraus ont constaté que les enfants souffrant de troubles phonologiques rencontraient plus de difficultés pour synchroniser leur geste sur la métrique d'un métronome, ou encore qu'il y avait un lien chez les jeunes enfants entre leur capacité à suivre un métronome et le bon développement des pré-requis à la lecture. Ils ont de plus relevé que les sujets musiciens sont plus performants quand il s'agit de synchronisation auditivo-motrice, ce qui les autorise à penser qu'il s'agit d'une compétence entraînable. C'est dans ce cadre que s'est mise en place l'hypothèse PATH préconisant de travailler la synchronisation auditivo-motrice afin d'améliorer la phonologie chez les enfants. Afin de travailler cette synchronisation, il est recommandé de travailler en groupe plutôt qu'en individuel.

En s'appuyant sur ce cadre nous incluons le travail de la synchronisation auditivo-motrice dans les ateliers destinés à l'entraînement rythmique des enfants.

Ainsi, dans le but de mettre en place des ateliers d'entraînement au rythme musical auprès d'enfants souffrant de troubles du langage oral et écrit pour tenter d'améliorer leurs compétences linguistiques, nous prendrons en compte différents éléments issus de ces théories. En effet, nous veillerons à travailler avec des séquences rythmiques régulières dans la mesure du possible. Nous porterons aussi attention à l'aspect motivationnel et émotionnel associé à ces ateliers et nous les organiserons fréquemment pour répondre à la condition de la répétition. Enfin, nous incluons le phénomène de synchronisation auditivo-motrice dans les exercices proposés.

V- Les hypothèses de travail

Notre hypothèse de départ est la suivante : la pratique de la musique aura un effet bénéfique sur les capacités langagières des enfants porteurs de troubles du langage oral et écrit. Nous espérons une plus forte amélioration des compétences phonologiques, des capacités en lecture et du traitement morphosyntaxique chez les enfants ayant pratiqué la musique que chez ceux pour qui cela n'a pas été le cas. Notre idée est qu'en améliorant la synchronisation des oscillations corticales avec les rythmes de variation d'amplitude du signal sonore de la parole, la pratique de la musique améliore les compétences phonologiques et par conséquent les compétences en lecture des enfants.

En lien avec la théorie de l'attention dynamique, nous pensons en outre que la pratique de la musique va améliorer le traitement attentionnel de la parole. De ce fait, nous espérons un effet positif de la pratique de la musique sur le traitement morphosyntaxique chez les enfants de l'étude ayant pratiqué la musique.

PARTIE 2 : PARTIE EXPERIMENTATION

I- La population d'étude

1. Description de la population

Notre étude a été menée auprès de quatorze enfants de l'unité de rééducation neuro-infantile (URNI) de l'hôpital de Bicêtre au Kremlin-Bicêtre. Les sujets sont nés entre 2007 et 2009. Parmi ces enfants, douze sont porteurs de troubles spécifiques du langage oral (TSLO) avec des troubles du langage écrit associés. Les deux autres sont porteurs de troubles spécifiques du langage écrit (TSLE). Les quatorze enfants présentent un trouble phonologique. Chaque enfant de l'étude a été diagnostiqué par une équipe pluridisciplinaire au sein du centre de référence des troubles des apprentissages de Bicêtre. Au vu de leur âge et de la date de leur diagnostic, les enfants sont considérés comme TSLO. Pour autant nous sommes conscients que considérant les nouvelles dénominations, les enfants seraient probablement diagnostiqués comme TDL (trouble développemental du langage) aujourd'hui. Les enfants ont un suivi orthophonique intensif au sein de l'URNI à raison de quatre séances de quarante-cinq minutes par semaine. Ils sont scolarisés dans l'hôpital dans des classes de sept. Leurs enseignants sont des enseignants spécialisés.

2. Méthodes de recrutement de la population

Nous avons recruté les sujets de l'étude en fonction de leur classe. Les sept enfants d'une même classe ont constitué le groupe que l'on appellera EM pour « enfants musiciens ». Ce groupe est constitué de six enfants souffrant de TSLO avec un TSLE associé et d'un enfant diagnostiqué TSLE. Nous nous sommes appuyés sur le bilan réalisé au sein de l'unité pour considérer ces diagnostics.

Pour constituer le groupe d'enfants non musiciens (NM) nous avons sélectionné les enfants parmi les autres patients de l'unité. Nous avons pour chaque sujet du groupe EM choisi un enfant ayant la même pathologie (trouble du langage oral expressif (TSLO+), trouble du langage oral mixte (TSLO++) ou trouble spécifique du langage écrit (TSLE)) et le même âge lexique. Nous nous sommes appuyés sur le test de leximétrie l'Alouette-R (Lefavrais, 2005) pour déterminer l'âge lexique des enfants. En effet, chacun des quatorze enfants a passé le test de l'Alouette-R avec son orthophoniste lors du mois de septembre 2018.

De cette façon, le groupe NM est constitué de sept enfants du service ayant les mêmes pathologies et les mêmes âges lexiques à l'Alouette que le groupe EM.

Les possibilités étant limitées pour la sélection des sujets, nous n'avons pas pu prendre en compte ni l'année de naissance des enfants, ni leur genre pour la création du groupe NM. Nous aurions souhaité pouvoir recruter des enfants du même âge.

D'autre part, les parents des enfants ont reçu une lettre expliquant le cadre et les enjeux de l'étude (Annexe 6) et ont signé un consentement éclairé de participation de leur enfant à l'étude (Annexe 7).

Groupe EM				
Numéros d'anonymat	Années de naissance	Âges lexiques*	Pathologies	Genres
1	2008	83	TSLE	M
2	2009	76	TSLO+ et TSLE	M
3	2009	79	TSLO+ et TSLE	M
4	2008	80	TSLO+ et TSLE	F
5	2009	81	TSLO+ et TSLE	F
6	2009	78	TSLO++et TSLE	M
7	2009	81	TSLO+ et TSLE	F

Description de la population du groupe EM

*âge lexique en mois calculé à partir du test de lecture L'Alouette-R

Groupe NM				
Numéros d'anonymat	Années de naissance	Âges lexiques*	Pathologies	Genres
8	2007	82	TSLE	M
9	2010	76	TSLO+ et TSLE	F
10	2010	78	TSLO+ et TSLE	F
11	2008	81	TSLO+ et TSLE	M
12	2007	82	TSLO+ et TSLE	M
13	2008	78	TSLO++et TSLE	M
14	2007	80	TSLO+ et TSLE	M

Description de la population du groupe NM

*âge lexique en mois calculé à partir du test de lecture L'Alouette-R

II- Le recueil des données

Dans le but de pouvoir mesurer les effets de la pratique musicale sur le langage des enfants de notre étude, nous avons procédé à l'évaluation de leurs habiletés langagières en amont et en aval de la période de pratique musicale. Nous avons ainsi choisi des épreuves parmi les tests d'orthophonie existants afin de mesurer certaines compétences linguistiques et nous avons organisé des sessions d'évaluation.

1. Le choix des épreuves d'évaluation

En lien avec la théorie et nos hypothèses de travail, nous avons souhaité évaluer chez les enfants la phonologie, la lecture et les compétences morphosyntaxiques. Afin d'évaluer la phonologie, des épreuves de la Batterie Analytique du Langage Ecrit (B.A.L.E) (Jacquier-Roux, Lequette, Pouget, Valdois et Zorman, 2010) ont été utilisées. L'épreuve de discrimination phonologique a permis de tester la perception des sons de la langue et la capacité des enfants à les différencier et à les catégoriser. Pour tester l'évocation lexicale phonologique, l'épreuve de dénomination rapide d'images a été utilisée.

Nous devons également mesurer les capacités en lecture des enfants. Afin d'analyser les habiletés des enfants en lecture phonologique, nous leur avons fait passer les Fiches de Bicêtre. Il s'agit d'un test de lecture évaluant la reconnaissance des lettres et de leur phonème correspondant, la lecture de syllabes simples, de syllabes complexes (consonne-voyelle-consonne), de digrammes vocaliques, de syllabes avec digrammes vocaliques, de syllabes avec digraphes consonantiques, de trigrammes, de syllabes avec trigrammes consonantiques, de logatomes, de mots réguliers et de phrases dans des sous-tests différents à chaque fois. Nous nous sommes servis seulement de certains sous-tests de ces fiches dans l'optique d'analyser le type d'erreurs des enfants. Dans une visée plus fonctionnelle, nous avons également testé la lecture de mots grâce à l'épreuve de lecture de mots de l'Exalang 8-11 (Helloin, Lenfant et Thibault, 2012). Au cours de cette épreuve, les enfants doivent lire le plus vite possible les mots réguliers et irréguliers qui s'affichent à l'écran. L'épreuve est arrêtée au bout de trois minutes. Enfin, pour mesurer les compétences morphosyntaxiques, nous avons utilisé l'épreuve de jugement grammatical de l'Exalang 8-11 (Helloin et al., 2012). Ici, des phrases comprenant une erreur grammaticale sont produites par des locuteurs français. L'enfant doit identifier cette erreur puis la corriger. La phrase peut être réécoutée.

L'Exalang 8-11 est une batterie informatisée et les passations ont été réalisées sur des ordinateurs de l'URNI.

2. La phase de pré-test

Les enfants ont passé le test Les Fiches de Bicêtre en septembre 2018 à l'occasion de leur évaluation de début d'année menée par leur orthophoniste. Nous avons donc utilisé ces résultats dans notre étude. Les autres passations d'épreuves ont été réalisées avant le début des ateliers de rythme musical, les 27 et 28 septembre et le 5 octobre 2018, sur le temps de présence des enfants à l'hôpital. Les enfants ont été reçus un par un. Il a été expliqué aux enfants que ces

épreuves avaient pour finalité de « regarder comment les enfants qui ont des difficultés avec le langage et la lecture entendent les sons, comprennent les phrases et lisent les mots, dans le cadre d'un travail pour l'école d'orthophonie ». Il leur a été explicité que les résultats seraient anonymisés, qu'il ne s'agissait pas de les juger et qu'ils devaient simplement faire de leur mieux.

3. La phase de post-test

A la suite des ateliers de rythme, nous avons réévalué les compétences linguistiques des sujets de l'étude. Cette session d'évaluations a eu lieu le jeudi 20 et le vendredi 21 décembre 2018, pendant le temps de présence des enfants à l'hôpital. Les enfants ont cette fois aussi été reçus un par un et nous leur avons reformulé qu'il s'agissait de tests dans le cadre d'un travail étudiant orthophonique, que nous ne jugions pas leurs compétences individuelles et que les résultats seraient anonymisés.

Lors de ces passations, un questionnaire sur leur ressenti par rapport aux ateliers de rythme musical a été distribué aux enfants du groupe EM (Annexe 5).

Durant cette session, tous les enfants de l'étude (groupe EM et groupe NM) ont repassé les épreuves de phonologie de la B.A.L.E (Jacquier-Roux et al, 2010). Ils ont également tous repassé les Fiches de Bicêtre et l'épreuve de lecture de mots de l'Exalang 8-11 (Helloin et al., 2012). Pour des raisons de temps et de moyens, seuls les enfants du groupe EM ont repassé l'épreuve de jugement grammatical de l'Exalang 8-11.

III- L'entraînement musical

Le but de notre étude étant de mesurer les effets de la pratique de la musique et du rythme musical sur le langage des enfants porteurs de troubles du langage oral et écrit, les enfants ont été exposés à une stimulation musicale à travers deux médias. Leur participation à des ateliers en groupe, de pratique du rythme musical a constitué le premier. Le deuxième consistait en des sessions individuelles d'entraînement musical sur une application.

1. Les séances d'entraînement en groupe

a. Création des entraînements

Les séances ont été pensées par deux orthophonistes musiciennes, une étudiante orthophoniste, un professeur de musique et un musicien professionnel, en lien avec la théorie, dans le but de

faire pratiquer, principalement, le rythme musical aux enfants. Nous avons divisé le programme de l'entraînement en trois séquences : la première était consacrée à l'approche du tempo dans la musique, la deuxième a eu pour but de sensibiliser les enfants au rythme et enfin la troisième fut destinée à la préparation d'un morceau de percussions dans le but d'une représentation devant le service. La description des séances réalisées se trouve en annexe 4 de ce mémoire.

Nous avons souhaité mettre un cadre dans nos ateliers afin de favoriser une cohésion de groupe. Il s'agissait d'un groupe fermé composé de sept enfants. Pour ouvrir et clore chaque séance, un adulte faisait sonner le gong sur un bol tibétain. Il résonnait une fois pour marquer le début de la séance et trois fois pour en annoncer la fin. En plus de son rôle cadrant, le gong permettait de stimuler l'attention auditive des enfants.

Pour la création de ces ateliers, nous nous sommes inspirés de la théorie exposée dans la première partie de ce travail.

En lien avec l'hypothèse OPERA (Patel, 2011), nous avons voulu intégrer la notion de répétition dans nos ateliers. Les ateliers avaient lieu deux fois par semaine afin que l'entraînement soit répété le plus souvent possible. Au sein des ateliers, les mêmes exercices ont été proposés plusieurs fois ou bien, nous avons proposé des variantes travaillant les mêmes notions. Toujours dans le but d'être en accord avec l'hypothèse OPERA, nous avons fait en sorte que les enfants soient motivés par ces ateliers et que leur participation leur procure une émotion positive. Pour cela nous avons utilisé de vrais instruments de percussions afin de susciter leur intérêt à travers le plaisir de les découvrir et de les essayer. Enfin, dans l'idée de susciter motivation et émotions positives, nous avons suggéré aux enfants du groupe de préparer une représentation pour les autres enfants du service ainsi que pour le personnel soignant et éducatif. Ce projet a motivé les enfants et les a rendus fiers.

L'hypothèse PATH prône un entraînement auditivo-moteur, c'est-à-dire une synchronisation du mouvement sur un tempo entendu. Nous avons intégré cela à nos ateliers à travers différents exercices. Par exemple, il a été proposé aux enfants de marcher sur le tempo d'une musique, de taper des pieds sur le tempo de cette musique ou encore de suivre le tempo donné par un adulte ou un autre enfant du groupe. Dans l'hypothèse PATH, il est préconisé de travailler en groupe afin de favoriser le travail de synchronisation entre les différents membres du groupe, ce qui était le cas lors de nos ateliers.

Nous avons également intégré à nos séances la notion de code. Lors de la séquence sur le travail du rythme, nous avons proposé aux enfants un exercice dans lequel une séquence rythmique en

particulier signifiait un mot. Il était intéressant d'amener cette notion avec des enfants en difficulté avec le langage écrit. Le rythme était ici, comme l'écrit, un code pour le mot oral.

b. Organisation des ateliers

Nous avons mis en place des ateliers d'entraînement au rythme musical auprès des enfants du groupe EM de l'étude. Sept enfants ont donc participé à un groupe d'entraînement au rythme musical tout au long du premier trimestre de l'année scolaire 2018-2019. Les ateliers ont débuté le 4 octobre 2018 et ont pris fin le 21 décembre 2018. Nous avons proposé deux séances par semaine, une de trente minutes le jeudi après-midi et une de quarante-cinq minutes le vendredi matin. Ainsi, les enfants ont assisté à dix-huit séances de rythme musical sur cette période de trois mois.

Les entraînements ont pris place dans une salle attenante à la classe des enfants. Ils étaient animés par deux orthophonistes de l'URNI. Leur enseignante était présente et participait parfois.

Nous disposions pour ces ateliers, d'un bol tibétain et de différents instruments à percussion comme des tambours basques, des claves, des cymbales, des djembés, des triangles, des maracas et des grelots qui nous ont été prêtés par une enseignante de musique. Nous avons également utilisé une enceinte portable pour diffuser des morceaux de musique.

2. L'utilisation de l'application Mila (Music Interactions and Learning Activities)

a. Présentation de l'application

Mila est une application créée par Kenneth Burns, François Vonthron et Antoine Yuen, dans le cadre de leur projet de fin d'étude d'ingénieur. Elle est destinée aux enfants ayant des troubles du langage et des apprentissages. Cette application est conçue autour d'activités musicales rythmiques et gestuelles.

Mila offre un programme complet d'entraînement musical aux enfants à travers le travail de la perception du tempo et de la différenciation des sons. Le contenu de ce programme s'adapte au niveau de l'enfant afin de lui permettre de progresser tout en maintenant sa motivation. Toujours dans le but de motiver l'enfant, il gagne des points Mila à chaque fin d'exercice.

L'application offre différents types d'exercices. Nous y trouvons des jeux impliquant la voix, des exercices de mémorisation et de reproduction de séquences rythmiques, un travail de discernement de la hauteur des notes et un entraînement moteur et gestuel à travers des

instruments interactifs. Au total, cinq exercices différents sont proposés. Le premier exercice, *Joue en rythme* est un exercice de coordination auditivo-motrice, il consiste à effectuer un mouvement en suivant le tempo d'une musique. Le deuxième est nommé *Batterie à tout va !* et demande de répéter des séquences rythmiques après les avoir mémorisées. *Vitamines rythmiques* est un exercice de production de syllabes selon un rythme et une prosodie donnés, *Suis le groove* nécessite de reconnaître et de reproduire différentes structures rythmiques. Il est, dans cet exercice, demandé aux enfants de marquer les temps forts d'une séquence rythmique grâce à la touche espace du clavier. Enfin, dans l'exercice *Hauteur musicale*, les enfants doivent déterminer si la production graphique représentant la hauteur des sons qui leur est présentée correspond aux sons qu'ils entendent. Il s'agit donc d'un exercice de jugement de hauteur.

b. L'utilisation de l'application par les enfants

Cette application a été conçue pour permettre un entraînement musical aux enfants. En complément des ateliers en groupe sur le rythme musical, les enfants du groupe EM ont utilisé l'application Mila. Chaque session du programme Mila est composée de trois exercices parmi les cinq proposés par l'application. L'enfant choisit trois exercices parmi les cinq qui lui sont proposés à chaque utilisation. Une session dure entre dix et quinze minutes. Les enfants du groupe rythme ont réalisé des sessions trois fois par semaine, lors de leur séance d'orthophonie pendant le premier trimestre de l'année scolaire 2018-2019.

L'utilisation de l'application Mila en parallèle des entraînements de groupe a permis de rendre la pratique de la musique plus régulière chez les enfants de l'étude. Nous répondons ainsi mieux au critère de répétition de l'hypothèse OPERA de Patel (Patel, 2011). De plus l'exercice *Joue en rythme* reprend le principe de synchronisation auditivo-motrice de l'hypothèse PATH (Tierney et Kraus, 2014).

Le groupe et l'application présentent des intérêts différents. Bien que les deux modalités aient le but commun d'entraîner les enfants à la pratique de la musique, ils ont permis de travailler sous des aspects différents. Lors des ateliers en groupe nous avons proposé des activités demandant une plus grande implication motrice et davantage de manipulations. Nous avons de plus travaillé à partir de différents styles de musique et d'instruments d'origines variées, ce qui a permis une certaine ouverture culturelle. Enfin, ces ateliers ont suscité les aspects affectifs et motivationnels liés aux groupes, au fait d'être ensemble. D'un autre côté, les entraînements sur l'application ont amené les enfants à travailler de manière systématique et répétitive des compétences musicales précises, ciblées pour leurs effets. Le groupe était principalement

focalisé sur la pratique du tempo et du rythme alors que l'application offrait aussi un travail du timbre et de la hauteur. Pour ces différentes raisons, il était enrichissant que les enfants du groupe EM soient exposés à l'application en plus de nos groupes d'entraînement rythmique.

Ainsi, les enfants du groupe EM ont été entraînés à la musique sous deux modalités différentes. Ils ont participé à la fois à des groupes d'entraînement deux fois par semaine et se sont entraînés individuellement trois fois par semaine à l'aide de l'application Mila. De cette façon, lors du premier trimestre de l'année scolaire 2018-2019, leur entraînement musical peut être qualifié d'intensif et de diversifié.

IV- L'analyse des données

Le but de notre travail étant de mesurer les effets de la pratique musicale sur le langage d'enfants TSLO et TSLE, nous avons comparé les données obtenues aux tests effectués avant et après la phase d'entraînement musical. En fonction des données que nous avons pu recueillir nous avons effectué soit une comparaison entre les deux groupes EM et NM, soit une simple observation de l'évolution des enfants ayant pratiqué la musique. Toutes nos données sont présentées de manière descriptive et certaines sont traitées à l'aide de tests statistiques.

1. Résultats aux épreuves de phonologie

a. Résultats aux épreuves de discrimination phonologique

❖ Description générale des résultats :

Les sujets de l'étude ont passé l'épreuve de discrimination phonologique de la Batterie d'Analyse du Langage Ecrit (B.A.L.E) (Jacquier-Roux et al., 2010). Nous cherchons à savoir si l'entraînement musical a eu un effet sur cette compétence chez les enfants. Pour cela, nous analysons l'évolution entre la période de pré-test et la période de post-test chez les enfants ayant pratiqué la musique et chez les enfants n'ayant pas reçu d'entraînement musical. Les résultats ont été reportés dans le tableau page 37.

Nous constatons de prime abord que cinq enfants du groupe EM ont progressé, un n'a pas évolué et l'enfant numéro 1 n'a pas pu évoluer car il plafonnait déjà en pré-test. Chez les enfants du groupe NM, cinq ont progressé mais deux ont régressé. Ainsi, la moyenne des réponses

correctes du groupe EM est passée de 12 à 13,43 et celle du groupe NM est passée de 11,71 à 13.

❖ *Analyse statistique pour le groupe des enfants musiciens (EM) :*

Dans le but de mesurer les évolutions des résultats des deux groupes nous procédons à des tests statistiques à l'aide du logiciel JASP.

Pour les résultats du groupe d'enfants musiciens (EM) nous utilisons la variable EMDPhono correspondant à la différence entre les résultats au test de discrimination phonologique à la période de post-test (EMPostPhono) et ceux de la période de pré-test (EMPrePhono).

Nous appliquons un test de Shapiro-Wilk à la variable EMDPhono afin de tester sa normalité. Notre hypothèse nulle est que la variable est gaussienne. La valeur de p de 0,027, inférieure à 0,05, ne nous permet pas d'accepter notre hypothèse nulle. Nous choisissons alors d'appliquer un test de Wilcoxon à la différence EMDPhono. L'hypothèse nulle de ce test est que l'espérance de la variable EMDPhono est répartie symétriquement par rapport à 0. C'est-à-dire que $E(\text{EMPostPhono}) = E(\text{EMPrePhono})$, autrement dit qu'il n'y a pas eu d'évolution entre les deux périodes. Sous cette hypothèse, le logiciel JASP nous donne une valeur de p à 0,05 ce qui nous amène à refuser l'hypothèse nulle au risque de 5%. Ainsi, il y a eu une évolution significative des résultats à l'épreuve de discrimination phonologique entre les périodes de pré-test et de post-test.

❖ *Analyse statistique pour le groupe non musicien (NM) :*

Pour traiter les résultats des enfants du groupe non musicien (NM), nous avons procédé de la même façon et avons analysé la variable NMDPhono correspondant à la différence entre les résultats des enfants non musiciens (NM) en pré-test (NMPrePhono) et en post-test (NMPostPhono). Avec un test de Shapiro-Wilk appliqué à la différence NMPostPhono-NMprePhono, nous trouvons que celle-ci est gaussienne (La valeur de p à 0,499 valide l'hypothèse nulle d'un variable gaussienne). Nous utilisons alors un test de Student pour échantillons appariés afin de comparer les résultats en pré et en post-test et ainsi mesurer l'évolution sur cette période. L'hypothèse nulle de notre test est qu'il n'y a pas de différence entre les résultats en pré-test et ceux en post-test. Dans le logiciel JASP nous obtenons une valeur de p de 0,233. Avec cette valeur, supérieure à 0,05, nous acceptons l'hypothèse nulle.

Nous pouvons alors affirmer qu'il n'y a pas d'évolution significative des résultats sur la période donnée chez les enfants non musiciens.

❖ *Conclusion de l'analyse statistique :*

Ainsi nous avons mis en avant une évolution significative des résultats à l'épreuve de discrimination phonologique, chez les enfants entraînés à la musique, sur la période des entraînements musicaux. Au contraire, nous ne notons pas d'évolution significative chez le groupe des enfants non-musiciens. **Les enfants entraînés à la musique ont amélioré de manière significative leur capacité de discrimination phonologique contrairement aux enfants non entraînés qui, eux, n'ont pas progressé de manière significative.**

	EMPrePhono	EMPostPhono	EMDPhono	Valeur p	NMPrePhono	NMPostPhono	NMDPhono	Valeur p
	14	14	0		13	14	1	
	9	14	5		13	12	-1	
	13	14	1		13	14	1	
	12	13	1	0,05*	9	11	2	0,233
	12	13	1		12	14	2	
	12	14	2		14	12	-2	
	12	12	0		8	14	6	
Moyennes	12	13,43			11,71	13		

Evolution du nombre de réponses correctes à l'épreuve de discrimination phonologique de la B.A.L.E entre les pré-tests et les post-tests chez les enfants des groupes EM et NM

b. Résultats aux épreuves de dénomination rapide d'images

❖ *Description générale des résultats :*

Afin de mesurer l'accès au lexique phonologique, nous avons fait passer l'épreuve de dénomination rapide d'image de la B.A.L.E (Jacquier-Roux et al., 2010) aux enfants en pré-test et en post-test. Nous avons ainsi relevé leur temps de dénomination d'images reportés dans le tableau page 39. Pour déterminer si l'entraînement musical a eu un impact sur cette habileté, nous nous sommes intéressés à l'évolution des résultats à cette épreuve entre les périodes de pré-test et de post-test chez les deux groupes d'enfants

Nous constatons que six enfants sur sept ont réduit leur temps de dénomination d'images dans le groupe EM. La moyenne des temps de dénomination d'images en secondes est passé de 26 à 22 secondes pour ce groupe entre les deux périodes de test. Parmi les enfants du groupe NM certains enfants ont mis plus de temps et d'autres moins. La moyenne en secondes des temps

de dénomination d'images reste donc similaire entre les deux périodes de test pour ce groupe. En comparaison, six enfants sur sept ont amélioré leur temps dans le groupe des enfants musiciens alors que seuls trois enfants sur sept se sont améliorés dans le groupe des enfants non-musiciens.

❖ *Analyse statistique pour le groupe des enfants musiciens (EM) :*

A l'aide de tests statistiques nous mesurons l'évolution des résultats des enfants du groupe EM. Nous nous intéressons à la différence entre les résultats en post-test (EMPostDeno) et les résultats en pré-test (EMPreDeno), la variable EMDDeno. Nous appliquons dans le logiciel JASP un test de Shapiro-Wilk à cette variable afin d'en tester la normalité. L'hypothèse nulle que la variable est gaussienne est validée par la valeur de p de 0,627. Nous utilisons ainsi un test paramétrique de Student pour échantillons appariés afin de comparer les résultats en pré-test et en post-test. Nous posons l'hypothèse nulle H_0 qu'il n'y a pas de différence significative entre les résultats en pré-test et en post-test, soit que $E(EMDDeno) = 0$, c'est-à-dire $E(EMPostDeno) = E(EMPreDeno)$. Dans le logiciel JASP, nous obtenons une valeur de p de 0,05, ainsi nous refusons H_0 au risque de 5%. Il y a donc une différence significative entre EMPreDeno et EMPostDeno. Nous pouvons ainsi affirmer que les temps de dénomination rapide d'images du groupe des enfants musiciens ont significativement évolué sur la période des entraînements musicaux.

❖ *Analyse statistique pour le groupe non musicien (NM) :*

De la même manière, nous avons voulu mesurer l'évolution des temps des enfants du groupe NM en dénomination rapide sur la période des entraînements. Pour ce faire nous avons premièrement appliqué un test de Shapiro-Wilk à la différence NMDDeno correspondant à la différence entre les résultats des enfants du groupe NM en post-test (NMPostDeno) et ceux en pré-test (NMPreDeno). L'hypothèse nulle est que cette variable est gaussienne. Dans le logiciel JASP nous obtenons une valeur de p à 0,537. La variable est alors gaussienne et nous pouvons appliquer un test de Student pour échantillons appariés afin d'analyser l'évolution des résultats sur la période donnée. L'hypothèse nulle de notre test est la suivante : il n'y a pas de différence entre NMPostDeno et NMPreDeno, c'est-à-dire $E(NMDDeno) = 0$ ou encore $E(NMPostDeno) = E(NMPreDeno)$. Dans le logiciel Jasp, nous obtenons $p = 0,813$. Nous acceptons ainsi notre hypothèse nulle et mettons en évidence qu'il n'y a pas eu d'évolution significative du temps de

dénomination d'images sur la période des entraînements chez les enfants du groupe n'ayant pas pratiqué de musique.

❖ *Conclusion de l'analyse statistique :*

Donc, la moyenne des temps de dénomination des enfants ayant reçu un entraînement musical a évolué de manière significative sur la période des entraînements musicaux. Pour les enfants du groupe n'ayant pas reçu d'entraînement à la musique, ce n'est pas le cas.

	EMPreDeno	EMPostDeno	EMDDeno	Valeur p	NMPreDenoR	NMPostDeno	NMDDeno	Valeur p
	22	17	-5		21	23		
	29	26	-3		40	49		
	28	32	4		27	25		
	26	24	-2	0,05*	26	21		0,813
	30	21	-9		23	20		
	28	20	-8		28	28		
	23	19	-4		26	28		
Moyennes	26,57	22,71			27,29	27,71		

Evolution des temps en secondes de dénomination rapide à l'épreuve de dénomination rapide d'images de la B.A.L.E entre les pré-tests et les post-tests chez les enfants des groupes EM et NM.

2. Résultats aux épreuves de lecture

a. En lecture phonologique

Nous nous sommes intéressés aux types d'erreurs de lecture des enfants lors de la passation de certains sous-tests des Fiches de Bicêtre. Nous avons répertorié les différentes erreurs des enfants dans un tableau afin d'observer si les entraînements musicaux avaient eu des effets sur un type d'erreur en particulier.

❖ *Création du tableau d'analyse des erreurs :*

Les Fiches de Bicêtre sont composées de différents sous-tests. Nous nous sommes focalisés sur les sous-tests de lecture de syllabes simples et complexes, de logatomes, de mots et de phrases. A partir de ces quatre sous-épreuves nous avons constitué une grille d'analyse permettant de classer les erreurs des enfants. Pour créer celle-ci, nous nous sommes inspirés d'un tableau fourni par Laurence Launay lors de l'une de ses interventions au centre de formation universitaire en orthophonie de Nantes. Certains types d'erreur en lecture sont révélateurs d'un

trouble phonologique alors que d'autres sont des erreurs attendues lors de l'apprentissage de la lecture ou sont des erreurs liées à une voix d'adressage encore fragile.

Nous avons séparé les erreurs de type « orthographe lexicale » liées à un lexique orthographique trop fragile des « paralexies phonémiques » et des « substitutions acoustiques » relevant, elles, d'un trouble phonologique. La catégorie « orthographe lexicale » est composée des erreurs de confusions visuelles, de graphies contextuelles, de régularisations de mots irréguliers et de paralexies visuelles (lire un mot pour un autre). Les paralexies visuelles révèlent une instabilité de la forme des mots dans le lexique orthographique. Dans la catégorie « paralexies phonémiques » nous retrouvons les substitutions de phonèmes, les inversions ou les omissions ainsi que les ajouts de phonèmes. Ces erreurs sont en faveur d'un déficit phonologique. Dans la catégorie des « substitutions acoustiques » nous avons répertorié les confusions sur le lieu d'articulation, le mode d'articulation ou le voisement. Ces erreurs peuvent être le signe d'un déficit de la catégorisation phonémique.

❖ *Observation des erreurs des enfants du groupe EM :*

Au regard de ce tableau (tableau page 42), nous constatons une progression en lecture chez tous les enfants du groupe. Nous notons une diminution du nombre total d'erreurs chez chaque enfant.

L'enfant numéro 1 n'avait pas fait beaucoup d'erreurs lors de la phase de pré-test. Il ne fait que trois erreurs de moins lors des post-tests, une erreur de moins dans chaque catégorie. On ne peut alors pas dégager de tendance particulière chez cet enfant car sa progression n'est pas très importante.

Concernant l'enfant 2, les erreurs de types paralexies phonémiques constituaient une part importante de ses erreurs (38% du nombre total d'erreurs) en pré-test. Nous remarquons chez lui une diminution conséquente du nombre d'erreurs de ce type. Il passe de vingt-deux à sept paralexies phonémiques, ce qui constitue une forte diminution. Avec le nombre d'absences de réponse qui passent de vingt à zéro, les erreurs de types phonologiques constituent sa plus grande progression. Après la pratique de la musique, l'enfant 2 lit tous les items et commet beaucoup moins d'erreurs de type phonologique. De façon similaire, les paralexies phonémiques constituaient la majeure partie des erreurs en pré-test chez l'enfant 3 (46% des erreurs réalisées). Après la pratique de la musique, le sujet 3 fait six erreurs de moins de ce type.

Il progresse également considérablement au niveau des erreurs d'orthographe lexicale car leur nombre passe de huit à trois.

Les enfants 4 et 5 ne font pratiquement plus d'erreurs en phase de post-test. Chez l'enfant 4, la plupart de ses erreurs de lecture étaient de type phonologique, les paralexies phonémiques constituaient 34 % de ses erreurs lors de la phase de pré-test et les substitutions acoustiques 41%. Entre la phase de pré-test et celle de post-test il effectue dix-sept erreurs de moins dans les catégories des erreurs de type de phonologique. Nous pouvons alors parler d'une forte diminution des erreurs phonologiques mais dans le cadre d'une diminution globale de ses erreurs. L'enfant 5, lui progresse dans toutes les catégories. Son nombre total d'erreurs a diminué de 71 %. Il commet huit erreurs de type phonologique et quatre erreurs d'orthographe lexicale de moins entre les deux périodes de tests.

Concernant l'enfant 6, les paralexies phonémiques représentaient presque la moitié de ses erreurs en phase de pré-test (47 %). On constate chez lui une forte diminution de ces erreurs (-neuf erreurs de ce type) entre les deux sessions de test. Il réalise également cinq erreurs de moins dans la catégorie des substitutions acoustiques. Nous remarquons chez cet enfant une bonne progression en lecture phonologique.

L'enfant 7 lui n'a pas progressé dans la catégorie des paralexies phonémiques. Il en commet quinze en pré-test et en post-test. Néanmoins, il a réduit de sept le nombre de substitutions acoustiques en passant de treize à six erreurs de ce type entre les deux passations.

❖ *Tendance générale à la suite de ces observations :*

Il ressort de cette analyse une nette diminution (diminution de plus de cinq) des paralexies phonémiques chez les enfants 2, 3, 4, 5 et 6 soit chez cinq enfants sur sept. Les enfants 4, 6 et 7 ont considérablement diminué leur nombre d'erreurs de type substitutions acoustiques. Nous observons par ailleurs une forte diminution des erreurs de type orthographe lexicale chez les enfants 3, 4 et 5.

Il n'y a pas de tendance nette qui ressort de ce tableau, les progrès des enfants sont hétérogènes. **Nous retenons que tous les enfants ont progressé en lecture de syllabes, de mots, de logatomes et de phrases et que cinq enfants sur sept présentent des progrès considérables dans la catégorie des erreurs de types paralexies phonémiques.** Il s'agit des erreurs de types, substitutions, inversions, omissions ou ajouts de phonèmes, erreurs caractéristiques des troubles phonologiques.

Numéros d'anonymat				Numéros d'anonymat			
1				2			
Périodes de test	T0	T1	↗↘	Périodes de test	T0	T1	↗↘
Orthographe lexicale	3	2	-1	Orthographe lexicale	7	6	-1
Paralexies phonémiques	6	5	-1	Paralexies phonémiques	22	7	-15
Substitutions acoustiques	2	1	-1	Substitutions acoustiques	9	10	1
Total d'erreurs de type phonologique	8	6	-2	Total d'erreurs de type phonologique	31	17	-14
Absences de réponse/erreurs inclassables	0	0	0	Absences de réponse/erreurs inclassables	20	0	-20
Nombre total d'items	106	106		Nombre total d'items	106	106	
Nombre total d'erreurs	11	8	-27%	Nombre total d'erreurs	58	23	-60%
Nombre de réponses correctes	95	98	3%	Nombre de réponses correctes	48	83	73%

Numéros d'anonymat				Numéros d'anonymat			
3				4			
Périodes de test	T0	T1	↗↘	Périodes de test	T0	T1	↗↘
Orthographe lexicale	8	3	-5	Orthographe lexicale	7	1	-6
Paralexies phonémiques	18	12	-6	Paralexies phonémiques	10	2	-8
Substitutions acoustiques	10	12	2	Substitutions acoustiques	12	3	-9
Total d'erreurs de type phonologique	28	24	-4	Total d'erreurs de type phonologique	22	5	-17
Absences de réponse/erreurs inclassables	3	2	-1	Absences de réponse/erreurs inclassables	0	0	0
Nombre total d'items	106	106		Nombre total d'items	106	106	
Nombre total d'erreurs	39	29	-26%	Nombre total d'erreurs	29	6	-79%
Nombre de réponses correctes	67	77	15%	Nombre de réponses correctes	77	100	30%

Numéros d'anonymat				Numéros d'anonymat			
5				6			
Périodes de test	T0	T1	↗↘	Périodes de test	T0	T1	↗↘
Orthographe lexicale	4	0	-4	Orthographe lexicale	3	2	-1
Paralexies phonémiques	6	1	-5	Paralexies phonémiques	18	9	-9
Substitutions acoustiques	7	4	-3	Substitutions acoustiques	9	4	-5
Total d'erreurs de type phonologique	13	5	-8	Total d'erreurs de type phonologique	27	13	-14
Absences de réponse/erreurs inclassables	0	0	0	Absences de réponse/erreurs inclassables	8	1	-7
Nombre total d'items	106	106		Nombre total d'items	106	106	
Nombre total d'erreurs	17	5	-71%	Nombre total d'erreurs	38	16	-58%
Nombre de réponses correctes	89	101	13%	Nombre de réponses correctes	68	90	32%

Numéros d'anonymat			
7			
Périodes de test	T0	T1	↗↘
Orthographe lexicale	1	1	0
Paralexies phonémiques	15	15	0
Substitutions acoustiques	13	6	-7
Total d'erreurs de type phonologique	28	21	-7
Absences de réponse/erreurs inclassables	1	0	-1
Nombre total d'items	106	106	
Nombre total d'erreurs	30	22	-27%
Nombre de réponses correctes	76	84	11%

Description et évolution des types d'erreurs effectuées par les enfants du groupe EM aux Fiches de Bicêtre entre les pré-tests (T0) et les post-tests (T1).

b. En lecture de mots

❖ Description générale des résultats :

Les enfants des deux groupes (EM et NM) ont passé l'épreuve de lecture de mots de l'Exalang 8-11 avant et après la période des entraînements musicaux. Le nombre de mots correctement lus en pré-test et en post-test par les enfants du groupe musicien et les enfants du groupe non-musicien ont été répertoriés dans le tableau page 44. Nous constatons que tous les enfants ont progressé entre la période des pré-tests et la période des post-tests à l'exception d'un enfant du groupe NM qui a lu trois mots de moins entre les deux sessions de test. La progression semble être plus forte au sein du groupe EM qu'au sein du groupe NM. La moyenne des mots lus correctement chez le groupe des enfants musiciens passe de 11,7 mots à 24 mots. Pour le groupe des enfants non musiciens, elle évolue seulement de 18 à 24 mots.

❖ Analyse statistique pour le groupe enfants musiciens (EM) :

Afin de mesurer l'évolution de scores en lecture de mots des deux groupes nous nous sommes intéressés à la différence entre les résultats en pré-test et ceux en post-test. Nous avons utilisé des tests statistiques afin de mettre en avant une évolution significative ou non du nombre de mots lus.

Pour les enfants du groupe EM, nous analysons la différence EMDLM correspondant à $EM_{PostLM} - EM_{PreLM}$. Nous utilisons un test de Shapiro-Wilk pour tester la normalité de la variable EMDLM avec l'hypothèse nulle que la variable est gaussienne. Le logiciel JASP donne une valeur de p à 0,192. Nous acceptons l'hypothèse nulle et choisissons d'utiliser un test de Student pour échantillons appariés afin de comparer les résultats des enfants avant l'entraînement (EM_{PreLM}) et les résultats de ces enfants après l'entraînement (EM_{PostLM}). Nous posons alors l'hypothèse nulle que l'espérance de la variable EMDLM est nulle, donc, qu'il n'y a pas de différence significative entre EM_{PreLM} et EM_{PostLM} . Dans JASP, la valeur de p est de 0,008, soit très inférieure à 0,05. Nous refusons donc l'hypothèse nulle. Le test met en avant une différence significative entre les résultats en pré-test et en post-test. Nous pouvons alors affirmer que les résultats des enfants EM en lecture de mots ont significativement évolué pendant la période des entraînements musicaux.

❖ *Analyse statistique pour le groupe non musicien (NM) :*

Pour analyser les résultats des enfants non musiciens, nous procédons de façon similaire en nous intéressant à la variable NMDLM correspondant à la différence entre les résultats en post-test (NMPostLM) et ceux en pré-test (NMPreLM) en lecture de mots. Pour tester la normalité de notre variable nous utilisons le test de Shapiro-Wilk sous l'hypothèse nulle que la variable est gaussienne. Dans JASP nous obtenons une valeur de p 0,552. Nous acceptons donc l'hypothèse nulle et optons pour un test de Student pour échantillons appariés pour comparer les résultats en pré-test et en post-test des enfants du groupe non musicien (NM). L'hypothèse nulle du test de Student est la suivante : l'espérance de la variable NMDLM est nulle, ce qui signifie qu'il n'y a pas de différence significative entre $E(NMPostLM)$ et $E(NMPreLM)$. Dans JASP nous obtenons une valeur de p de 0,060 ce qui nous conduit à accepter notre hypothèse nulle. L'évolution du nombre de mots lus entre la période de pré-test et celle de post-test au sein du groupe non-musicien n'est pas significative.

❖ *Conclusion de l'analyse statistique :*

Notre analyse statistique de l'évolution du nombre de mots correctement lus entre la période précédant les entraînements musicaux et la période suivant ces entraînements nous amène à la conclusion suivante : **les résultats en lecture de mots chez les enfants ayant pratiqué la musique ont significativement augmenté sur la période des entraînements musicaux ce qui n'est pas le cas des résultats des enfants n'ayant pas pratiqué de musique.**

	EMPreLM	EMPostLM	EMDLM	Valeur p	NMPreLM	NMPostLM	NMDLM	Valeur p
	24	46	22		19	20	1	
	1	4	3		7	4	-3	
	6	12	6		11	19	8	
	17	37	20	0,008 *	33	39	6	0,06
	16	32	16		29	48	19	
	2	4	2		6	10	4	
	16	33	17		22	29	7	
Moyennes	11,71	24			18,14	24,14		

Evolution du nombre de mots lus correctement à l'épreuve de lecture de mots de l'Exalang 8-11 entre les pré-tests et les post-tests chez les groupes EM et NM.

3. Résultats aux épreuves de morphosyntaxe

❖ *Description générale des résultats :*

Concernant la syntaxe nous avons seulement pu recueillir les résultats en pré-test et en post-test des enfants du groupe musicien (EM). Nous avons utilisé le test de jugement grammatical de l'Exalang 8-11 et reporté les résultats dans un tableau page 46.

Nous constatons ici que cinq enfants sur sept ont augmenté leur nombre de réponses correctes. Un enfant n'a pas évolué et un autre a réalisé plus d'erreurs après la période de pratique de musical qu'avant.

❖ *Analyse statistique des résultats :*

Nous avons analysé l'évolution des résultats à cette épreuve des enfants EM entre avant et après les entraînements musicaux en nous intéressant à la différence entre les résultats en post-test (EMPostJG) et les résultats en pré-test (EMPreJG). Pour cela nous avons d'abord vérifié la normalité de la variable par un test de Shapiro-Wilk. L'hypothèse nulle posée pour ce test est que la variable est gaussienne et la valeur p de 0,256 nous autorise à l'accepter. Nous considérons ainsi notre variable comme gaussienne. Nous pouvons donc utiliser un test paramétrique de Student pour échantillons appariés afin de comparer la moyenne des résultats des pré-tests et des post-tests. Nous supposons donc l'hypothèse nulle qu'il n'y a pas de différence entre $E(\text{EMPostJG})$ et $E(\text{EMPreJG})$. Dans le logiciel JASP nous obtenons une valeur de p de 0,376. Nous devons ainsi accepter notre hypothèse nulle.

❖ *Conclusion de l'analyse statistique :*

Il n'y a pas de différence significative entre les moyennes de nos résultats de pré-test et de ceux de post-test. Les enfants ayant pratiqué de la musique n'ont pas significativement progressé à l'épreuve de jugement grammatical entre les deux périodes.

	EMPreJG	EMPostJG	EMDJG	Valeur p
	13	6	-7	0,376
	3	4	1	
	10	14	4	
	8	10	2	
	3	8	5	
	4	10	6	
	4	4	0	
Moyennes	6,43	8		

Evolution du nombre de réponses correctes à l'épreuve de jugement grammatical de l'Exalang 8-11 entre les pré-tests et les post-tests chez les enfants du groupe EM.

4. Recueil de l'impression des enfants sur les ateliers

Nous avons distribué un bref questionnaire à choix multiples (Annexe 5) aux enfants du groupe musique lors de la session de post-test afin de recueillir leurs impressions et leurs ressentis sur l'atelier qui leur avait été proposé. Pour chacun des quatre items les enfants pouvaient choisir entre les réponses *Oui*, *Un peu* ou *Non*. Nous les avons interrogés sur leur sentiment de plaisir à venir au groupe par la question : « *J'étais content d'avoir groupe rythme : Oui / Un peu / Non* ». Cette question avait pour but d'évaluer la motivation des sujets relative à ces ateliers. Sur les six réponses que nous avons obtenues, cinq enfants semblent motivés, et disent avoir été contents de participer. Nous estimons ainsi que nous avons répondu de façon positive au critère de motivation et d'émotion positive. Tous les enfants interrogés trouvent que ces ateliers leur ont été utiles et pensent avoir progressé en rythme. En effet, quatre enfants sur six ont répondu *Oui* et deux sur six ont répondu *Un peu* à la question : « *Je trouve que j'ai progressé en rythme* ». Cependant, d'après les questionnaires, les enfants n'ont pas l'impression de mieux se concentrer. Seul un enfant exprime clairement avoir l'impression de mieux se concentrer.

Numéros d'anonymat	Sentiment de plaisir	Sentiment d'avoir progressé	Sentiment d'utilité	Sentiment de mieux se concentrer
1	Oui	Oui	Oui	Un peu
2	NR*	NR*	NR*	NR*
3	Un peu	Un peu	Oui	Non
4	Oui	Oui	Oui	Non
5	Oui	Un peu	Oui	Un peu
6	Oui	Oui	Oui	Oui
7	Oui	Oui	Oui	Non

*Réponses des enfants du groupe EM au questionnaire de fin de groupe. *NR : non répondu*

PARTIE 3 : DISCUSSION DES RESULTATS

I- Interprétation des résultats en lien avec les hypothèses de travail

Après avoir analysé nos données, nous faisons le constat suivant : certains de nos résultats sont en accord avec la littérature et nos hypothèses, d'autres ne le sont pas. Dans cette partie nous interprétons nos résultats et les mettons en lien avec nos attentes.

1. Les effets de l'entraînement musical sur les capacités phonologiques

❖ Interprétation des résultats :

Les tests statistiques mettent en avant une évolution significative des résultats à l'épreuve de discrimination phonologique de la B.A.L.E (Jacquier-Roux et al., 2010) entre les pré-tests et les post-tests chez les enfants ayant pratiqué la musique. Au contraire, il n'y a pas d'évolution significative sur cette période chez les enfants n'ayant pas pratiqué la musique. L'épreuve de discrimination phonologique qui consiste à juger si les phonèmes entendus sont les mêmes ou pas permet de tester la catégorisation phonémique. Ainsi nos résultats laissent à penser que la pratique de la musique a fait progresser les enfants en catégorisation phonémique et donc que leurs représentations phonologiques sont plus précises.

Les résultats obtenus mettent également en avant une diminution significative du temps de dénomination rapide d'images à l'épreuve du même nom de la B.A.L.E (Jacquier-Roux et al., 2010) chez les enfants ayant pratiqué la musique entre les deux sessions de test. Nous ne notons pas une telle diminution chez les enfants qui n'ont pas pratiqué la musique. Nous pouvons interpréter ceci comme la démonstration d'un effet de l'entraînement musical sur le temps de dénomination rapide d'images et donc sur les capacités d'accès au lexique phonologique. Ainsi, sur les deux aspects de la phonologie que nous avons mesurés, nous obtenons une progression significative entre avant et après l'entraînement musical des résultats des enfants musiciens aux épreuves. Nos résultats mettent donc en avant un effet de la pratique musicale sur les capacités en phonologie des enfants de notre étude.

❖ *Discussion des résultats :*

Ces résultats peuvent être mis en relation avec les résultats de Jenifer Zuk et son équipe (Zuk et al., 2013) qui décrivaient une meilleure discrimination phonémique chez des adultes dyslexiques musiciens que chez des adultes dyslexiques non musiciens. Ceux-là semblent également en cohérence avec les recherches qui mettent en avant une perception du voice onset timing plus efficiente chez les dyslexiques musiciens que chez les dyslexiques non musiciens (Chobert et al., 2012, Zuk et al., 2017). De plus, la meilleure discrimination phonologique notée chez nos sujets est cohérente avec les travaux de Goswami sur le « *temporal sampling framework* ». Si les personnes souffrant de troubles du langage écrit ont des difficultés pour segmenter le flux de la parole et mettre en place des représentations phonologiques stables, il semblerait que la pratique de la musique renforce ces représentations. Nous notons également une facilitation de l'accès aux représentations phonologiques chez nos sujets. La dénomination rapide automatisée n'étant pas travaillée directement lors des séances de rééducation, il s'agit très probablement d'un véritable effet de la pratique du rythme musical. En effet, tous les enfants musiciens ont progressé alors que l'évolution du groupe non musicien a été très hétérogène. Nous pouvons aisément mettre en lien ces résultats avec ceux de Ozernov Palchik, Wolf et Patel dans leur étude de 2018 (Ozernov Palchik et al., 2018) qui trouvent une corrélation entre les temps de dénomination rapide d'images et les compétences en jugement de rythme.

Aussi, nos résultats, en lien avec la littérature, viennent confirmer nos hypothèses. La pratique de la musique semble avoir eu un effet sur la catégorisation phonémique des enfants porteurs de troubles du langage oral et écrit ainsi que sur leurs représentations phonologiques.

2. Les effets de l'entraînement musical sur la lecture

❖ *Interprétation des résultats :*

L'analyse des Fiches de Bicêtre des enfants du groupe ayant pratiqué la musique ne permet pas de mettre en avant une tendance particulière concernant le type d'erreurs affecté par l'entraînement musical. Cependant, nous constatons que tous les enfants de ce groupe ont vu diminuer leur nombre total d'erreurs sur les fiches de lecture. En outre, pour cinq enfants sur sept, le nombre d'erreurs relevant de la voie de lecture phonologique (paralexies phonémiques) a considérablement diminué.

Concernant la lecture de mots, nous constatons une augmentation du nombre de mots lus correctement plus importante chez les enfants ayant pratiqué la musique que chez les autres enfants. En effet, la moyenne du nombre de mots dans le groupe des enfants musiciens est passée de 12 à 24 alors que celle du groupe des enfants non-musiciens ne passe que de 18 à 24. Les enfants du premier groupe partent avec un moins bon niveau mais progressent davantage. De ce fait, les tests statistiques effectués sur ces moyennes mettent en avant une progression significative entre les deux sessions de tests pour le groupe des enfants musiciens, ce qui n'est pas le cas pour le groupe des enfants non musiciens.

Ainsi, en s'appuyant sur ces résultats, l'entraînement musical a eu un effet sur les capacités en lecture des enfants, notamment sur le nombre de mots lus correctement.

❖ *Discussion des résultats :*

Nous avons espéré des résultats sur les capacités en lecture des enfants notamment à la suite des études de Moreno (Moreno et al., 2009) et de Michel Habib (Habib et al., 2013) qui mettent en avant des progrès en lecture chez des enfants au développement typique et chez des enfants dyslexiques après avoir pratiqué la musique. Nos résultats vont également dans le sens de ceux mis en avant dans d'autres mémoires de fin d'étude, auprès d'enfants tout-venants ou dyslexiques (Garbar et Thouvenin, 2016 ; Sappey-Marinier, 2016).

Néanmoins, nos hypothèses portaient sur le fait que les capacités en lecture des enfants s'amélioreraient du fait de leurs progrès sur les compétences phonologiques. Nous pensions ainsi observer une progression sur le mécanisme de la lecture par la voie d'assemblage. Nous avons pu mettre en avant une augmentation des capacités en phonologie et une amélioration en lecture mais nos résultats ne nous permettent ni d'infirmer, ni d'affirmer que ces progrès sont bien liés aux progrès dans les compétences phonologiques.

Les enfants ont, simultanément à l'entraînement musical, suivi une rééducation orthophonique intensive axée sur le langage écrit. Leurs progrès sont en partie liés à celle-ci. Cependant, les enfants n'ayant pas pratiqué la musique (groupe NM) ont également suivi cette rééducation et ont présenté de moins grands progrès en lecture de mots.

De ce fait, nos résultats mettent bien en évidence un effet de la pratique de la musique sur les compétences en lecture des enfants.

3. Les effets de la pratique de la musique sur le traitement morphosyntaxique

❖ Interprétation des résultats :

Concernant le traitement de la morphosyntaxe nous avons constaté une évolution du nombre de bonnes réponses à l'épreuve de jugement morphosyntaxique chez cinq enfants sur sept mais un enfant a obtenu des résultats considérablement plus faibles en post-test qu'en pré-test. De ce fait, la moyenne des scores obtenus lors de l'épreuve de jugement grammatical du groupe progresse seulement de 6 et 8. Les tests statistiques ne mettent donc pas en avant d'augmentation significative du nombre de bonnes réponses entre la période précédant les entraînements musicaux et la période les suivant. De plus, nous n'avons pas pu recueillir de données en traitement morphosyntaxique pour les enfants du groupe non musicien. Aussi, nous ne pouvons pas comparer les résultats que nous avons obtenus à la situation où les enfants ne reçoivent pas d'entraînement musical. Par conséquent, il est difficile de tirer une conclusion de nos résultats concernant les effets d'un entraînement musical sur les compétences en traitement morphosyntaxique des phrases.

❖ Discussion des résultats :

Ces observations ne nous permettent pas de valider notre hypothèse concernant le traitement morphosyntaxique. En lien avec la théorie de l'attention dynamique (Drake, 2010) et les résultats des études des équipes de Nathalie Bedoin et de Barbara Thilmann (Bedoin et al., 2016 ; Chern et al., 2018), nous espérons un effet de la pratique de la musique sur le traitement morphosyntaxique. Malheureusement nos résultats ne sont pas concluants. Néanmoins, ces résultats sont à mettre au parallèle avec le fait qu'un enfant obtient un moins grand nombre de réponses correctes en post-test qu'en pré-test. Sur un échantillon de sept sujets, la chute des performances d'un enfant a beaucoup de poids. Sa performance est cependant à prendre en considération et nous ne pouvons donc pas dire qu'il y a eu une progression significative des enfants à cette épreuve. Nous avons souhaité expérimenter des conditions différentes de celles des études précédentes (Bedoin et al., 2016 ; Chern et al., 2018) dans lesquelles les enfants écoutaient des rythmes réguliers en amont des tâches de jugement grammatical. Nous avons voulu tester si les effets pouvaient être maintenus à distance de la stimulation. Pour le moment rien ne peut être prouvé sur ce sujet. Il serait alors intéressant de rechercher des effets de la

pratique de la musique sur le traitement morphosyntaxique auprès d'un plus grand nombre de sujets et en ayant un groupe contrôle.

II- Limites de la méthodologie et ouvertures

Même si nous avons fait de notre mieux pour que notre étude soit la plus valide, nous n'avons pas pu contrôler tous les paramètres et ainsi notre travail présente des limites dont nous avons conscience. Nous les décrivons dans cette partie.

1. Limites concernant la population d'étude

Nous avons recruté notre population au sein d'un service de l'hôpital ainsi nous avons été limités pour la sélection des sujets. Pour des raisons d'organisation, les ateliers de musique ne pouvaient avoir lieu qu'auprès des élèves d'une seule classe de l'école du service. Ainsi notre nombre de sujets a été limité à sept enfants dans chaque groupe. Notre échantillon est assez faible et cela représente une des limites de notre étude. Cependant, il aurait été difficile voire impossible de concevoir des ateliers d'entraînement au rythme pour un grand nombre d'enfants.

Etant donné le nombre réduit d'individus par échantillon nous avons tenté de sélectionner les enfants du groupe non musicien afin d'obtenir deux groupes homogènes. Nous avons fait le choix de sélectionner pour le groupe non musicien des enfants ayant la même pathologie du langage et le même âge lexique que ceux du groupe musicien (en faisant des paires). Seulement, à la suite de la phase de pré-tests nous avons été confrontés à l'hétérogénéité des groupes. Même si les enfants avaient le même âge lexique à l'Alouette (Lefavrais, 2005), ils n'obtenaient pas les mêmes résultats aux autres épreuves de lecture et de phonologie. Ce phénomène nous a gêné dans l'analyse statistique des résultats. Sur un échantillon si petit il ne serait pas sensé de comparer ces deux échantillons qui ne sont pas homogènes. Nous avons alors simplement constaté ou non des évolutions des résultats sur le même échantillon à deux moments différents. De plus, il n'a pas été possible de prendre en considération l'âge réel des enfants. Certains enfants du groupe non musicien sont plus âgés que ceux du groupe d'enfants musiciens.

2. Limites liées aux tests

Nous avons utilisé des tests d'orthophonie existants pour tester certains aspects du langage chez les enfants. En phonologie nous nous sommes servis du test de discrimination phonologique de la B.A.L.E (Jacquier-Roux et al., 2010) car il est pertinent pour tester spécifiquement la

catégorisation phonémique. Il nous a semblé plus adapté que d'autres tests de phonologie pour évaluer cette fonction. Cependant, le test ne contient que quatorze items et certains enfants n'avaient donc pas beaucoup ou même pas de marge d'évolution entre la phase de pré-tests et celle de post-tests. Nous avons rencontré le même inconvénient pour les Fiches de Bicêtre chez certains enfants. Cette difficulté est liée à l'hétérogénéité du groupe de sept enfants au début. Nous avons fait le maximum pour trouver des tests adaptés à chacun.

Il est de plus reconnu que les résultats des enfants aux tests dépendent de facteurs personnels et environnementaux. De ce fait, certains enfants obtiennent de moins bons résultats en post-test qu'en pré-test ce qui est tout-à-fait inattendu. Bien que les tests statistiques soient supposés effacer ces facteurs, il est difficile d'écarter cette constatation au vu de nos résultats.

3. Limites relatives aux entraînements musicaux

Les ateliers musicaux ont eu lieu deux fois par semaine et les enfants se sont également exercés sur l'application Mila. La pratique de la musique peut de ce fait être qualifiée de relativement intensive. Cependant il aurait été préférable que la période d'entraînement soit plus longue. Cela aurait pu nous permettre d'obtenir des résultats plus importants.

De plus, il n'a pas été possible de proposer des ateliers de contrôle pour les enfants du groupe non musicien car ils ne sont pas tous dans la même classe. Ces enfants ont néanmoins participé à différents groupes thérapeutiques avec leur classe respective.

Les ateliers ont été imaginés par des orthophonistes musiciennes avec l'aide d'un professeur de musique et d'un musicien professionnel et animé par les orthophonistes. La complémentarité des connaissances et des compétences des différentes professions est très riche et cela a été une réelle valeur ajoutée aux ateliers. Cependant, les ateliers n'ont pas été animés par des professeurs de musique. D'autre part, Mila est une application issue d'un projet étudiant de fin d'étude en passe d'être développée dans le cadre d'un projet de recherche. Même si cela n'enlève rien à la qualité de l'application, nous nous devons de le signaler.

4. Mises en perspective

❖ Perspectives de recherche :

Nous avons montré dans notre travail des effets positifs de la pratique du rythme musical sur les habiletés langagières des enfants. Notre travail s'est concentré sur la lecture et sur le traitement morphosyntaxique. Cependant, comme la musique met en jeu de nombreux

processus cognitifs, il serait intéressant d'étudier les effets de sa pratique sur d'autres aspects langagiers tels que l'orthographe ou le lexique ou sur des aspects cognitifs plus larges comme l'attention et en particulier l'attention auditive.

D'autre part, les études sur le rythme et la syntaxe ont mis en avant un effet bénéfique de la stimulation par un rythme régulier en amont de la tâche de traitement morphosyntaxique sur les performances. Nous n'avons pas exploité cette méthode dans notre travail, cependant il serait désirable d'étudier l'effet de l'écoute d'un rythme régulier en début de séance sur la progression des enfants.

❖ *Mise en perspective avec la pratique orthophonique :*

Nos ateliers ont été préparés avec le concours d'orthophonistes et de musiciens, puis animés par les deux orthophonistes. Cette collaboration s'est révélée très riche car elle a permis une complémentarité entre l'expertise de la musique et celle du langage. Potentiellement, certains orthophonistes ou enseignants de musique pourraient se spécialiser et se former pour proposer la pratique de la musique auprès d'enfants porteurs de troubles du langage oral ou écrit.

Ce mémoire met également en avant l'importance de diversifier les approches et les médias dans la rééducation des troubles du langage et de la lecture. D'après Habib, (Habib et al., 2013), pratiquer la musique est une activité intermodalitaire car elle fait intervenir à la fois les aspects auditifs mais également visuels ou moteurs. Ce phénomène pourrait avoir sa part d'importance dans les bénéfices de la pratique de la musique sur les compétences langagières. Cela pointe l'importance des stimulations multisensorielles dans les apprentissages et vient renforcer la pertinence de proposer des approches à la fois visuelles, kinesthésiques, auditives et motrices dans les prises en charge orthophoniques et pour l'apprentissage de la lecture de manière générale.

Notre travail montre de surplus toute la puissance de l'aspect motivationnel, un facteur pour favoriser la plasticité cérébrale. Avoir proposé une activité différente, en groupe ou sur une application numérique a stimulé la motivation des enfants. Nous avons étudié les effets de la musique mais il existe possiblement d'autres activités permettant de développer et stimuler les fonctions cognitives tout en suscitant la motivation des enfants.

En outre, il semble tout-à-fait bénéfique de mettre en place des ateliers musicaux dans les structures accueillant des enfants porteurs de troubles langagiers sévères. Dans le cadre de troubles sévères du langage comme c'est le cas des sujets de l'étude, la prise en charge

pluridisciplinaire étant déjà intensive, des ateliers d'entraînement musical peuvent constituer une activité motivante et ludique tout en étant bénéfique pour les enfants.

Conclusion :

Ce mémoire s'inscrit dans le cadre de nombreux travaux montrant des liens entre les domaines de la musique et du langage. Des oscillations corticales se synchronisent sur le rythme de la parole et permettent de la segmenter et de se créer des représentations phonologiques stables. La pratique de la musique semble améliorer cette synchronisation, déficitaire chez les personnes dyslexiques. De plus, s'entraîner au rythme musical permet potentiellement de mieux utiliser les capacités attentionnelles afin de traiter plus efficacement la parole. Partant de ces constatations, un entraînement musical, en groupe et individuel, a été conçu à destination d'enfants TSLO et TSLE. Cet entraînement s'est avéré efficace pour améliorer la conscience phonologique et la lecture des enfants.

Nos recherches et nos résultats confortent l'idée que la pratique de la musique aide les patients atteints de troubles du développement du langage, notamment sur le versant écrit du langage.

Notre travail montre qu'il est à la fois possible et enrichissant de mettre en place un groupe musical auprès d'enfants souffrant de troubles du langage oral et écrit. Il fournit de plus des idées d'exercices qu'il est possible de proposer, en lien avec différentes théories. D'autre part, nous mettons en exergue dans ce mémoire la possibilité d'utiliser des technologies numériques afin d'intensifier et de diversifier la pratique musicale des enfants.

Même si la pratique de la musique ne remplace en rien une rééducation orthophonique classique, elle semble bénéfique pour les enfants souffrant de troubles du langage oral et écrit. Nous ne pouvons donc qu'inviter les orthophonistes à conseiller la pratique de la musique à leurs patients dans leur vie quotidienne et à utiliser la musique comme média au cours des séances d'orthophonie.

Bibliographie

1. Abney, D. H., Paxton, A., Dale, R., et Kello, C. T. (2014). Complexity matching in dyadic conversation. *Journal of Experimental Psychology: General*, 143(6), 2304–2315. doi.org/10.1037/xge0000021.
2. Bedoin, N., Brisseau, L., Molinier, P., Roch, D., et Tillmann, B. (2016). Temporally Regular Musical Primes Facilitate Subsequent Syntax Processing in Children with Specific Language Impairment. *Frontiers in neuroscience*, 10, 245. doi:10.3389/fnins.2016.00245
3. Billard, C. (2016). *Dyslexie et troubles associés, on s'en sort !*. Paris : TomPousse
4. Bishop Liebler, P., Welch, G., Huss, M., Thomson, J.M. et Goswami, U. (2014). Auditory temporal processing skills in musicians with dyslexia. *Dyslexia*, 20(3), 261-279. doi:10.1002/dys.1479.
5. Chern, A., Thillmann, B., Vaughan, C. et Gordon, R.L. (2018) New evidence of a rhythmic priming effect that enhances grammaticality judgments in children. *Journal of Experimental Child Psychology*, 173, 371-379. doi: 10.1016/j.jecp.2018.04.007
6. Chobert, J., François, C., Habib, M. et Besson, M. (2012). Deficit in the preattentive processing of syllables in children with dyslexia. *Neuropsychologia*, 50(8), 2044-2055. doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2012.05.004
7. Degé, F., et Schwarzer, G. (2011). The effect of a music program on phonological awareness in preschoolers. *Frontiers in psychology*, 2, 124. doi:10.3389/fpsyg.2011.00124.
8. Degé, F., Kubicek, C., et Schwarzer, G. (2015). Associations between musical abilities and precursors of reading in preschool aged children. *Frontiers in psychology*, 6, 1220. doi:10.3389/fpsyg.2015.01220
9. Drake, C. (2010). 8. Écouter et jouer la musique : une fenêtre sur les processus d'organisation temporelle: Lecture dédiée à la mémoire de Marie-Claire Botte. Dans : Bernard Lechevalier éd., *Le cerveau musicien: Neuropsychologie et psychologie cognitive de la perception musicale* (147-195). Louvain-la-Neuve, Belgique: De Boeck Supérieur. doi:10.3917/dbu.leche.2006.01.0147.
10. Falk, S. et Kello, C T. (2017). Hierarchical organization in the temporal structure of infant-direct speech and song. *Cognition*, 163: 80-86. doi: 10.1016/j.cognition.2017.02.017
11. Flanagan, S. et Goswami, U. (2018). The role of phase synchronisation between low frequency amplitude modulations in child phonology and morphology speech tasks. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 143(3), 1366. doi:10.1121/1.5026239
12. Garbar, A P. et Thouvenin, M. (2016) *Effets d'un entraînement rythmique sur les habiletés en lecture d'enfants dyslexiques* (Mémoire de certificat de capacité d'orthophonie, université Claude Bernard, Lyon 1).

13. Greenberg, S. (2006). "A multi-tier framework for understanding spoken language," in *Understanding Speech: An Auditory Perspective*, edited by S. Greenberg et W. Ainsworth, 411–434.
14. Gordon, R L, Shivers, C M, Wieland, E A., Kotz, P J. et McAuley, J D. (2015) Musical rhythm discrimination explains individual differences in grammar skills in children. *Developmental science*, 18: 4, 635-644.doi: 10.1111/desc.12230
15. Goswami, U. (2011) A temporal sampling framework for developmental dyslexia. *Trends in cognitive sciences*, 15(1), 3-10. doi: 10.1016/j.tics.2010.10.001
16. Goswami, U., Thomson, J., Richardson, U., Stainthorp, R., Hughes, D., Rosen, S., et Scott, S. K. (2002). Amplitude envelope onsets and developmental dyslexia: A new hypothesis. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 99(16), 10911–10916. doi:10.1073/pnas.122368599
17. Habib, M., Lardy, C., Desiles, T., Commeiras, C., Chobert, J. & Besson, M. (2013). Musique et dyslexie: vers une rééducation cognitivo-musicale intermodale des «troubles dys». *Développements*, 16-17,(3), 36-60. doi:10.3917/devel.016.0036.
18. Helloin, M C., Lenfant, M. et Thibault, M P. EXALANG 8-11: Batterie informatisée d'examen du langage oral, écrit, des compétences transversales chez les enfants de 8 à 11 ans. Grenade : Orthomotus ; 2012.
19. Huss, M., J.P. Verney, T. Fosker, Mead, N. et Goswami, U. (2011). Music, rhythm, rise time perception and developmental dyslexia: perception of musical meter predicts reading and phonology. *Cortex* 47, 674-689. doi.org/10.1016/j.cortex.2010.07.010
20. Jacquier-Roux M., Lequette C., Pouget G., Valdois S. et Zorman M. BALE: Batterie Analytique du Langage Ecrit. Grenoble: Laboratoire des Sciences de l'Education, groupe Cogni-Sciences, et Laboratoire de Psychologie et NeuroCognition, CNRS/Université Pierre Mendès France; 2010.
21. Koelsch S. (2011). Toward a neural basis of music perception - a review and updated model. *Frontiers in psychology*, 2, 110. doi:10.3389/fpsyg.2011.00110
22. Kraus, N. et Chandrasekaran, B. (2010). Music training for the development of auditory skills. *Nature Reviews Neuroscience*, 11, 599–605. doi : 10.1038/nrn2882.
23. Lefavrais, P., (2005) *Test de l'Alouette-R*, Éditions du Centre de Psychologie Appliquée : Paris
24. Lehongre, K., Ramus. F., Villiermet, N., Schwartz, D. et Giraud, A L. (2011) Altered Low-Gamma Sampling in Auditory Cortex Accounts for the Three Main Facets of Dyslexia. *Neuron* 72(6), 11080-1090. doi: 10.1016/j.neuron.2011.11.002
25. Moreno. S., Marques. C., Santos. A., Santos. M., Castro. SL. et Besson. M. (2009) Musical training influences linguistic abilities in 8-year-old children: More evidence for brain plasticity. *Cerebral Cortex*, 19(3): 712-723. doi:10.1093/cercor/bhn120.

26. Morgan. E. et Patel., AD. (2016) Exploring Cognitive Relations Between Prediction in Language and Music. *Cognitive Science*, 41, 303-320. doi: 10.1111/cogs.12411
27. Nazzi, T., et Ramus, F. (2003). Perception and acquisition of linguistic rhythm by infants. *Speech Commun.*41, 233–243. doi: 10.1016/S0167-6393(02)00106-
28. Overy, K. (2003) Dyslexia and music. From timing deficits to musical intervention. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 999, 497-505.
29. Ozernov Palchik, O., Patel, AD., Wolf, M. (2018). Relationships between early literacy and non linguistic rhythmic processes in kindergarteners. *Journal of Experimental Child Psychology*,167, doi: 10.1016/j.jecp.2017.11.009.
30. Patel, A D. (2003) Rhythm in language and music, parallels and differences. *Annals of New-York academy of sciences*, 999, 140-143. doi:10.1196/annals.1284.015
31. Patel, A D. (2011). Why would musical training benefit the neural encoding of speech? The OPERA Hypothesis. *Frontiers in Psychology*, 2,142. doi: 10.3389/fpsyg.2011.00142
32. Pennington B. F., et Bishop D. V. M. (2009). Relations among speech, language, and reading disorders. *Annual Review of Psychology*, 60, 283–306. doi.org/10.1146/annurev.psych.60.110707.163548
33. Power, A. J., Colling, L. J., Mead, N., Barnes, L., et Goswami, U. (2016). Neural encoding of the speech envelope by children with developmental dyslexia. *Brain and language*, 160, 1–10. doi:10.1016/j.bandl.2016.06.006
34. Przybylski, L., Bedoin, N., Herbillon, V., Roch, D., Léculier, L., Kotz, SA. et Thillmann, B. (2013) Rhythmic auditory stimulation influences syntactic processing in children with developmental language disorders. *Neuropsychology* 27(1): 121-31 doi:10.1037/a0031277.
35. Rosen, S. (1992) Temporal information in speech: acoustic, auditory and linguistic aspects. *Philosophical transactions of the royal society of London, Biological sciences*, 336, 367-373. doi: 10.1098/rstb.1992.0070
36. Sallat, S. et Jentschke, S. (2015). Music Perception Influences Language Acquisition: Melodic and Rhythmic-Melodic Perception in Children with Specific Language Impairment. *Behavioural neurology*, 2015, 606 - 470. doi:10.1155/2015/606470
37. Sappey-Marinier, A. (2016) *Entrainement musical et lecture à haute voix : la musique au secours des apprentissages* (Mémoire de MEEF, Université Paris-est Créteil Val de Marne).
38. Schön, D. et Thillmann, B. (2015) Short-and long-term rhythmic interventions: perspectives for language rehabilitation. *Annals of New-York academy of sciences* 1337(1),32-39. doi: 10.1111/nyas.12635

39. Thomson, J M. et Goswami, U. (2008). Rhythmic processing in children with developmental dyslexia: auditory and motor rhythms link to reading and spelling. *Journal of Physiology*. 102, 120–129. doi: 10.1016/j.jphysparis.2008.03.007.
40. Tierney, A. et Kraus, N. (2014) Auditory-motor entrainment and phonological skills: precise auditory timing hypothesis (PATH). *Frontiers in human neurosciences*, 27(8), 949. doi:10.3389/fnhum.2014.00949
41. Zoefel, B., Archer-Boyd, A. et Davis, M. H. (2018). Phase Entrainment of Brain Oscillations Causally Modulates Neural Responses to Intelligible Speech. *Current biology*, 28(3), 401–408. doi:10.1016/j.cub.2017.11.071
42. Zuk, J., Ozernov-Palchik, O., Kim, H., Lakshminarayanan, K., Gabrieli, J. D., Tallal, P. et Gaab, N. (2013). Enhanced syllable discrimination thresholds in musicians. *PloS one*, 8(12), e80546. doi:10.1371/journal.pone.0080546.
43. Zuk, J., Bishop-Liebler, P., Ozernov-Palchik, O., Moore, E., Overy, K., Welch, G. et Gaab, N. (2017). Revisiting the "enigma" of musicians with dyslexia: Auditory sequencing and speech abilities. *Journal of experimental psychology. General*, 146(4), 495–511. doi:10.1037/xge0000281
44. Musique. Dans *Dictionnaire Larousse en ligne*. Repéré à <https://www.larousse.fr/dictionnaires/francais/musique/53415>
45. Rythme. Dans *Dictionnaire Larousse en ligne*. Repéré à <https://www.larousse.fr/dictionnaires/francais/rythme/70326>

ANNEXE 4 : DESCRIPTION DES SEANCES

PARTIE 1 : TRAVAIL DU TEMPO

- **Première séance**

Jeudi 4 octobre 2018

La séance commence par une présentation de ce qu'est le rythme aux enfants. Nous leur parlons du rythme dans la nature, dans le corps humain, et dans la musique.

- Gong de début de séance
- Première activité : Ecouter le morceau *Hey Jude !* des Beatles (75 BPM) et être attentif au tempo.
- Deuxième activité : Marcher sur le tempo de la musique
- Troisième activité : Un adulte donne un tempo avec les claves. Les enfants doivent le suivre en tapant dans leurs mains
- Quatrième activité : Tour à tour, chaque enfant donne un tempo aux claves et les autres le suivent. Afin de faire varier les tempos, nous donnons aux enfants l'image des animaux, certains sont rapides et d'autres lents.
- Gong de fin de séance

Remarques : Les enfants ont tapé le tempo dans leurs mains lorsqu'ils devaient marcher sur la musique, cela les aidait. Cet exercice a été difficile pour eux. Les troisième et quatrième activités ont été mieux réussies. Il semble que la mélodie et le chant aient rendu plus compliqué le repérage du tempo lors des premières activités. Cependant, faire écouter des morceaux de musique aux enfants ajoute les notions de plaisir et de motivation aux ateliers.

- **Deuxième séance :**

Vendredi 5 octobre 2018

- Gong de début de séance
- Première activité : Taper dans les mains en se synchronisant au tempo donné aux claves par l'adulte.
- Deuxième activité : Taper des pieds et des mains en alternant pied droit et pied gauche. Cet exercice requiert une synchronisation auditive, visuelle et motrice
- Troisième activité : Réécoute de *Hey Jude!* (75 BP). Pendant qu'un adulte donne le tempo aux claves, les enfants tapent des mains et des pieds.
- Quatrième activité : Ecoute de *Billie Jean* de Mickael Jackson (117 BPM). Nous proposons ce morceau plus rapide pour que les enfants perçoivent la différence de tempo entre les deux.
- Cinquième activité : Sur *Billie Jean* de Mickeal Jackson, un adulte donne le tempo aux claves et les enfants doivent suivre le tempo chacun leur tour.
- Gong de fin de séance

Remarques : La première activité est très bien réussie. Pour la deuxième activité, les enfants disent qu'en plus d'écouter, ils regardent les autres et les claves pour s'aider. Plusieurs enfants ont bien repéré la différence de tempo entre les deux morceaux (« Ca va plus vite ! »).

- **Troisième séance :**

Jeudi 11 octobre 2018

- Gong de début de séance

- Première activité : Ecoute d'une musique militaire (70 BPM) avec un adulte qui bat les temps. Les enfants défilent comme des militaires à travers la pièce en battant les temps avec leurs pieds et leurs bras tous ensembles puis chacun leur tour.
- Deuxième activité : Nous utilisons les percussions. Chaque enfant a un instrument. Les enfants reproduisent le tempo modèle tous ensemble puis chacun leur tour.
- Troisième activité : Un enfant donne un tempo et les autres le suivent.
- Gong de fin de séance

Remarques : Les enfants sont en progrès pour reproduire les tempos.

- **Quatrième Séance :**

Vendredi 12 octobre 2018

- Gong de début de séance
- Première activité : Écoute de la musique *Cecilia* de Simon et Garfunkel (103 BPM).
- Deuxième activité : Nous écoutons le tempo de cette musique puis nous tapons dans les mains tous ensemble.
- Troisième activité : Les enfants sont en cercle. Un seul enfant tape le tempo dans ses mains en faisant un pas à l'intérieur du cercle. Il s'arrête et désigne un de ses camarades qui le fait à son tour.
- Quatrième activité : « *Jeu du chef d'orchestre* » : les enfants prennent une baguette et font le geste du chef d'orchestre. Ils battent les temps de la musique.
- Gong de fin de séance

Remarques : Très bonne séance, tous les enfants participent avec enthousiasme à l'exception d'un enfant qui n'a pas très envie. Les enfants semblent progresser.

- **Cinquième séance :**

Jeudi 18 octobre 2018

- Gong de début de séance
- Première activité : Écoute de la musique *Chiri Bim, Chiri Bom*, The Barry Sisters (120 BPM). Nous écoutons le tempo et tapons dans nos mains tous ensemble.
- Deuxième activité : Chaque enfant frappe seul le tempo. Lors de cette séance, nous proposons des percussions corporelles (main/poitrine, main/cuisse).
- Troisième activité : Nous faisons deux équipes. Elles se placent face à face :
 - Une équipe fait les « *Poum !* » (En claquant des doigts)
 - L'autre équipe fait les « *Tchak !* » (En tapant sur les cuisses)
 Ainsi, chaque équipe ne tape qu'un temps sur deux.
- Quatrième activité : En cercle, un enfant tape un temps puis son voisin tape celui d'après et ainsi de suite. Nous appelons cela « *Se faire passer les temps* ».
- Gong de fin de séance

- **Sixième séance :**

Vendredi 19 octobre 2018

- Gong de début de séance
- Première activité : Ecoute de la musique *Heart of Gold*, de Neil Young (171 BPM). Ecoute du tempo
- Deuxième activité : Taper tous ensemble le tempo, puis chacun son tour avec les percussions.
- Troisième activité : Nous arrêtons et remettons la musique. Les enfants doivent tenter de garder le tempo.

- Quatrième activité : « Sauter les syllabes » : Chacun son tour les enfants choisissent un mot. L'enfant compte le nombre de syllabes, il indique sur laquelle sauter puis montre l'exemple. Les autres le font ensuite.
- Gong de fin de séance

- **Septième séance** :

Jeudi 8 novembre 2018

- Gong de début de séance
- Première activité : « Sauter des temps ». Cela signifie de taper un temps sur deux. Les enfants sont debout en cercle.
 - Un adulte donne un tempo avec le tambour basque et tous les enfants tapent dans leurs mains en même temps.
 - Un adulte donne un tempo et les enfants tapent un temps sur deux
 - Même exercice avec l'aide du mouvement : nous levons les bras sur le temps que nous ne frappons pas
 - Un enfant donne le tempo au tambour puis les autres enfants tapent un temps sur deux dans leurs mains.
- Deuxième activité : « Sauter les temps » mais cette fois avec des syllabes. Nous utilisons des mots comme les prénoms des enfants. Si un enfant s'appelle par exemple Hugo nous découpons ce prénom en deux. Une équipe dit les « Hu » et une autre dit les « Go ». Ainsi, les enfants ne disent leur syllabe qu'un temps sur deux. Nous le faisons avec différents prénoms. Comme certains prénoms comportent trois syllabes, nous arrivons à un rythme ternaire dans lequel la dernière syllabe du prénom marque le temps fort.
- Troisième activité : Nous le faisons ensuite sur la musique *Banana Boat* de Harry Belafonte (32 BPM). Une équipe chante tous les temps en disant "Boum, Tchac" et l'autre ne chante que les "Tchac". Puis nous tapons des pieds le tempo de cette même musique et certains enfants se mettent à danser. Nous écoutons alors la musique jusqu'au bout.
- Gong de fin de séance

Remarques : Les enfants ont progressé mais cela reste difficile pour certains de garder le tempo, ils accélèrent.

- **Huitième séance** :

Vendredi 9 novembre 2018

- Gong de début de séance
- Première activité : « Se passer les temps » avec les mains
- Deuxième activité : « Se passer les temps » avec les percussions
- Troisième activité : « Se passer les temps » avec les syllabes
- Quatrième activité : « Sauter des temps »
- Cinquième activité : « Jeu du chef d'orchestre » sur le morceau *La danse des chevaliers*, de Roméo et Juliette
- Gong de fin de séance

PARTIE 2 : TRAVAIL DU RYTHME

- **Neuvième séance** :

Jeudi 15 novembre 2018

- Gong de début de séance
- Introduction du rythme à travers le récit d'une histoire :

« Lors d'un voyage dans la forêt nous rencontrons une personne. Elle nous apprend trois mots: Bonjour, Ami et Eléphant (Choix des enfants). Chaque mot correspond à un rythme. Notre nouvel ami nous apprend à dire ces mots en rythme. »

Ainsi nous travaillons tous ensemble avec des percussions corporelles pour apprendre à “dire” ces mots.

bonjour : --- --- --- / ami : -- --- -- / éléphant : - - - - -

- Gong de fin de séance

- **Dixième séance :**

Vendredi 16 novembre 2018

- Gong de début de séance
- Première activité : Rappel de l’histoire et révision des trois mots appris la veille.
- Deuxième activité : Les enfants inventent chacun un mot et l’apprennent aux autres.
- Gong de fin de séance

Remarques : Il est difficile pour les enfants de trouver des rythmes différents pour inventer leurs mots.

- **Onzième séance**

Vendredi 16 novembre 2018

- Gong de début de séance
- Nous racontons aux enfants que notre nouvel ami nous a invité à une fête dans son village. Tout le monde parle. Ainsi les enfants produisent des rythmes avec les percussions. Chacun prend un instrument et nous reproduisons un rythme tous ensemble.
- Gong de fin de séance

- **Douzième séance :**

Vendredi 23 novembre 2018

- Gong de début de séance

[La séance a lieu dehors pour permettre une plus grande implication motrice. Il faut sauter par-dessus des rivières, faire des pas, faire des pas chassés et cætera...]

- Première activité : Les enfants évoluent en synchronisation avec la voix de l’adulte qui leur donne des indications. L’adulte dit par exemple : « marche, marche, marche, saute, marche, marche, marche, saute, marche... » ou encore : « marche, stop, marche, stop... ».
- Deuxième activité : Les enfants courent. Nous frappons le tempo et les enfants doivent s’arrêter net sur un temps (par exemple le huitième, ou le onzième).
- Gong de fin de séance

- **Treizième séance**

Jeudi 29 novembre 2018

- Gong de début de séance
- Première activité : Nous symbolisons différents animaux par une séquence rythmique produite par différentes parties du corps.
- Deuxième activité : Nous refaisons tous ensemble les bruits des animaux
- Troisième activité : Nous écoutons d’une histoire et à chaque fois qu’un animal est nommé les enfants doivent produire la séquence rythmique qui lui correspond.
- Quatrième activité : Combat entre animaux : les enfants sont en équipe et doivent se répondre en produisant les rythmes des animaux.
- Gong de fin de séance

- **Quatorzième séance :**

Vendredi 30 novembre

- Gong de début de séance
- *Première activité :* Nous reprenons deux rythmes des animaux. Nous les reproduisons par des percussions corporelles tous ensemble
- *Deuxième activité :* En frappant dans les mains, tous les enfants produisent un rythme pendant que l'adulte fait l'autre, puis on inverse
- *Troisième activité :* En utilisant les percussions, en binôme : un enfant fait un rythme pendant que l'autre réalise l'autre rythme
- *Quatrième activité :* Orchestre : le groupe est divisé en deux et chaque groupe produit un rythme, puis nous inversons.
- Gong de fin de séance

PARTIE 3 : PREPARATION D'UN MORCEAU DE PERCUSSIONS

- **Quinzième séance :**

Jeudi 6 décembre 2018

- Gong de début de séance
- Présentation aux enfants du morceau de la représentation et explication de ce que nous allons proposer.
- Ecoute du morceau *Don't worry, be happy* de Bobby Mc Ferrin que les enfants vont jouer.
- Gong de fin de séance

- **Seizième séance :**

Vendredi 7 décembre 2018

- Gong de début de séance
- Préparation, répétition avec les percussions
- Gong de fin de séance

- **Dix-septième séance :**

Jeudi 13 décembre 2018

- Gong de début de séance
- Préparation, répétition avec les percussions
- Gong de fin de séance

- **Dix-huitième séance :**

Vendredi 14 décembre 2018

- Gong de début de séance
- Préparation, répétition avec les percussions
- Gong de fin de séance

- **Dix-neuvième séance :**

Jeudi 20 décembre 2018

- Gong de début de séance
- Préparation, répétition avec les percussions
- Gong de fin de séance

- **Vingtième séance**

Vendredi 21 décembre 2018

- Présentation du morceau devant les autres enfants et le personnel du service pour la fête de Noël.

Morceau de percussion présenté par les enfants :

Sur le morceau *Don't Worry, Be Happy!* de Bobby Mc Ferrin, les enfants ont maintenu une séquence rythmique durant tout le morceau pendant que les orthophonistes les accompagnaient au chant, à la flûte et au ukulélé pour la mélodie.

Deux enfants jouaient du djembé, un enfant du tambour basque et trois enfants des maracas.

- ⇒ Djembés : - - -
- ⇒ Maracas : 0 - -
- ⇒ Tambour basque : - 00

ANNEXE 5 : QUESTIONNAIRE DE FIN DE GROUPE

Ton avis sur le groupe rythme :

Nom :

Prénom :

- J'étais content d'avoir groupe rythme :



Oui Un peu Non

- Je trouve que j'ai progressé en rythme :



Oui Un peu Non

- Le groupe rythme m'a été utile :



Oui Un peu Non

- Je trouve que j'arrive mieux à me concentrer :



Oui Un peu Non

ANNEXE 6 : LETTRE D'INFORMATION AUX PARENTS

Madame, Monsieur,

Je suis étudiante en dernière année d'orthophonie à l'Université de Nantes. Je réalise mon mémoire sur les effets de la musique sur le langage des enfants porteurs de troubles spécifiques du langage oral et écrit (aussi appelés dysphasie et dyslexie). Ce mémoire est motivé par de nombreuses études ayant prouvé des effets positifs du rythme sur le langage. Il est encadré par Carole Varin, orthophoniste à l'hôpital de Bicêtre et Mélinda Desvé, orthophoniste libérale à Nantes.

Dans le cadre des groupes organisés au sein de l'unité de rééducation neurologique infantile certains enfants seront amenés à participer à des ateliers de rythme musical. J'aimerais pour mon mémoire pouvoir utiliser les résultats de votre enfant aux tests de langage et de lecture effectués par les orthophonistes lors de leur bilan. J'aurais également besoin de leur refaire certaines épreuves en début d'année 2019. Ces données me permettront d'analyser les effets du groupe de rythme musical en comparant les résultats des enfants participant au groupe de rythme avec ceux des enfants assistant à d'autres groupes. Les données seront totalement anonymisées et à aucun moment des informations personnelles sur votre enfant n'apparaîtront dans mon mémoire.

Si vous êtes d'accord avec cette démarche, merci de me retourner le formulaire de consentement éclairé joint à ce courrier.

Pour toute information relative à cette étude vous pouvez me contacter par mail à l'adresse matilde.fromageau@etu.univ-nantes.fr ou par téléphone au 06 75 01 85 42.

Je vous remercie pour votre participation et reste à votre disposition.

Cordialement,

Matilde FROMAGEAU
Centre de Formation Universitaire en Orthophonie de
Nantes
Matilde.fromageau@etu.univ-nantes.fr
06 75 01 85 42



ANNEXE 7 : LETTRE DE CONSENTEMENT ECLAIRE

Titre de l'étude : Effets d'un entraînement au rythme musical sur le langage oral et la lecture d'enfants porteurs de troubles spécifiques du langage.

Consentement de participation de :

Nom : Prénom :

Date de naissance : Lieu de naissance :

Adresse :

Dans le cadre de la réalisation d'une recherche portant sur l'évaluation des pratiques et des conséquences des pratiques orthophoniques, Mme Fromageau Matilde étudiante en orthophonie m'a proposé de participer à une investigation organisée par le Centre de Formation Universitaire en Orthophonie (CFUO) de Nantes. Matilde Fromageau m'a clairement présenté les objectifs de l'étude, m'indiquant que je suis libre d'accepter ou de refuser de participer à cette recherche. Afin d'éclairer ma décision, il m'a été communiquée une information précisant clairement les implications d'un tel protocole, à savoir : le but de la recherche, sa méthodologie, sa durée, les bénéfices attendus, ses éventuelles contraintes, les risques prévisibles, y compris en cas d'arrêt de la recherche avant son terme. J'ai pu poser toutes les questions nécessaires, notamment sur l'ensemble des éléments déjà cités, afin d'avoir une compréhension réelle de l'information transmise. J'ai obtenu des réponses claires et adaptées, afin que je puisse me faire mon propre jugement.

Toutes les données et informations me concernant resteront strictement confidentielles. Seules Matilde Fromageau, Carole Varin, Félicie Dumat et Mélinda Desvé y auront accès.

J'ai pris connaissance de mon droit d'accès et de rectification des informations nominatives me concernant et qui sont traitées de manière automatisées, selon les termes de la loi.

J'ai connaissance du fait que je peux retirer mon consentement à tout moment du déroulement du protocole et donc cesser ma participation, sans encourir aucune responsabilité. Je pourrai à tout moment demander des informations complémentaires concernant cette étude.

Ayant disposé d'un temps de réflexion suffisant avant de prendre ma décision, et compte tenu de l'ensemble de ces éléments, j'accepte librement et volontairement de participer à cette étude dans les conditions établies par la loi.

Fait à :, le

Signature du participant

Signature de l'étudiant



ANNEXE 8 : ENGAGEMENT ETHIQUE

Je soussignée Matilde Fromageau, dans le cadre de la rédaction de mon mémoire de fin d'études orthophoniques à l'Université de Nantes, m'engage à respecter les principes de la déclaration d'Helsinki concernant la recherche impliquant la personne humaine.

L'étude proposée vise à évaluer les effets de la pratique du rythme musical sur les capacités langagières des enfants

Conformément à la déclaration d'Helsinki, je m'engage à :

- informer tout participant sur les buts recherchés par cette étude et les méthodes mises en œuvre pour les atteindre,
- obtenir le consentement libre et éclairé de chaque participant à cette étude
- préserver l'intégrité physique et psychologique de tout participant à cette étude,
- informer tout participant à une étude sur les risques éventuels encourus par la participation à cette étude,
- respecter le droit à la vie privée des participants en garantissant l'anonymisation des données recueillies les concernant, à moins que l'information ne soit essentielle à des fins scientifiques et que le participant (ou ses parents ou son tuteur) ne donne son consentement éclairé par écrit pour la publication,
- préserver la confidentialité des données recueillies en réservant leur utilisation au cadre de cette étude.

Fait à Nantes, le 14 mai 2019,

Signature :

Effets de la pratique du rythme musical sur le langage des enfants porteurs de troubles spécifiques du langage oral et écrit

RESUME

Des corrélations entre les habiletés en rythme musical et les compétences langagières ont été démontrées, notamment au niveau de la conscience phonologique, de la lecture et de la syntaxe, chez des enfants au développement typique et chez des enfants TSLO et TSLE. Le but de notre travail a été de chercher si la pratique du rythme musical a un effet sur les habiletés langagières des enfants TSLO et TSLE. Ainsi, sept enfants âgés de 9 à 11 ans (six TSLO et TSLE et un TSLE) ont pratiqué la musique en groupe deux fois par semaine pendant dix semaines et se sont entraînés individuellement sur une application trois fois par semaine lors de leurs séances d'orthophonie. En utilisant des tests de langage, nous avons mesuré la conscience phonologique, les habiletés en lecture et le niveau de traitement morphosyntaxique avant et après la période de pratique musicale. Nous avons ensuite comparé les résultats à ceux d'enfants TSLO et TSLE qui n'ont pas pratiqué la musique. Notre étude met en évidence des effets bénéfiques de la pratique du rythme musical sur la conscience phonologique et sur les habiletés en lecture des enfants TSLO et TSLE.

MOTS-CLES

Conscience phonologique, lecture, morphosyntaxe, musique, rythme, TSLE, TSLO

ABSTRACT

It has been shown in children with typical development and in children with dyslexia and SLI that there were correlations between the abilities in musical rhythm and language skills, notably phonological awareness, reading and syntax. The aim of our work was to find out if the practice of musical rhythm had an impact on the language abilities in children with SLI and with dyslexia. Hence, seven children aged from 9 to 11 years (six SLI and dyslexia and one dyslexia) have practiced music in group twice a week for ten weeks and trained individually on an app three times a week during their speech therapy session. Using language tests, phonological awareness, reading abilities and syntax processing were measured before and after the practicing period. Then, the results were compared with children with SLI and dyslexia who did not have practiced music. Our study highlights positive effects of practicing musical rhythm on phonological awareness and reading abilities in children with SLI and dyslexia.

KEY WORDS

Dyslexia, music, phonological awareness, reading, rhythm, SLI, syntax