



HAL
open science

Remédiation phonologique et morphosyntaxique par la musique : enfants avec Trouble Développemental du Langage (TDL)

Sophie Dunand-Cheraba, Nathalie Moles-Roulet

► To cite this version:

Sophie Dunand-Cheraba, Nathalie Moles-Roulet. Remédiation phonologique et morphosyntaxique par la musique : enfants avec Trouble Développemental du Langage (TDL). Sciences cognitives. 2021. dumas-03342693

HAL Id: dumas-03342693

<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-03342693>

Submitted on 13 Sep 2021

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



ACADÉMIE DE PARIS

FACULTÉ SORBONNE UNIVERSITÉ

MÉMOIRE POUR LE CERTIFICAT DE CAPACITÉ D'ORTHOPHONISTE

**Remédiation phonologique et morphosyntaxique par la musique : enfants
avec Trouble Développementale du Langage (TDL)**

Mémoire dirigé par Nathalie BEDOIN et Didier ROCH

Année universitaire 2020-2021

DUNAND-CHERABA Sophie

MOLES-ROULET Nathalie

REMERCIEMENTS

Tout d'abord, nous tenons à remercier nos co-directeurs de mémoire Nathalie Bedoin et Didier Roch de nous avoir accompagnées dans la réalisation de cette étude. Nous les remercions de nous avoir encadrées avec autant de bienveillance et d'avoir su nous guider tout au long du protocole. Enfin nous les remercions pour leur disponibilité durant ces deux années.

Nous remercions également Valérie Lartot-Pierquin qui a accepté d'être notre rapporteure.

Nos remerciements vont à tous les enfants qui ont participé à notre protocole et qui nous ont transmis leur énergie et leur enthousiasme au cours des ateliers musicaux. Un grand merci à leurs parents qui ont accepté que leurs enfants soient inclus dans notre étude.

Nous remercions chaleureusement tous les membres du personnel du Centre Franchemont Val de Marne qui ont accepté de modifier leurs emplois du temps et ainsi permettre le bon déroulement de notre étude.

Je soussignée DUNAND Sophie déclare être pleinement consciente que le plagiat de documents ou d'une partie d'un document publiés sur toutes 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.

Signature :

Je soussignée MOLES Nathalie déclare être pleinement consciente que le plagiat de documents ou d'une partie d'un document publiés sur toutes 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.

Signature :

LISTE DES TABLEAUX, FIGURES, ANNEXES ET ABRÉVIATIONS UTILISÉES

Liste des figures, tableaux et annexes

Figure 1. Procédure avec, de gauche à droite, le groupe Ateliers Rythme puis Hauteur (RH) et le groupe Ateliers Hauteur puis Rythme (HR), en ordre contrebalancé, avec trois étapes d'évaluation (Tests avant le 1^{er} atelier, après le 1^{er} et après le 2^{ème}).

Figure 2. Score de réussite en répétition de pseudo-mots (PSM) et de phrases, avant et après les ateliers R et H (** $p < .05$).

Figure 3. Score de réussite en lecture de mots : nombre de mots correctement lus et pourcentage de mots corrects avant et après les ateliers H et R (** $p < .05$).

Figure 4. Pourcentage d'erreurs lors de l'épreuve du d2, en fonction du tiers concerné, avant et après les ateliers H et R (** $p < .05$).

Tableau 1. Synthèse des résultats des analyses statistiques non-paramétriques (valeurs de p et taille d'effet r) pour tous les tests, pour évaluer l'influence de la prise en charge complète (atelier Musique) et de chaque type d'atelier séparément (Rythme et Hauteur).

Annexe A. Tableau récapitulatif des épreuves de test utilisées.

Annexe B. Descriptif des ateliers musicaux.

Liste des abréviations utilisées

CV : consonne/voyelle

H : hauteur

PSM : pseudo-mot

R : rythme

TDL : trouble développemental du langage

TABLE DES MATIERES

I	Introduction.....	1
II	Méthode.....	2
	2.1 Participants.....	2
	2.2 Schéma expérimental et procédure.....	2
	2.3 Matériel de l'évaluation.....	3
	2.3.1 Épreuves de phonologie.....	3
	2.3.2 Épreuves de morphosyntaxe.....	4
	2.3.3 Épreuve de lecture.....	4
	2.3.4 Épreuve de perception musicale.....	5
	2.3.5 Épreuve d'attention visuelle.....	5
	2.4 Procédure de l'évaluation.....	5
	2.5 Matériel pour les entraînements musicaux.....	6
	2.6 Procédure pour les entraînements musicaux.....	6
	2.7 Analyse des données.....	7
III	Résultats.....	7
IV	Discussion.....	11
	4.1 Effets d'un entraînement musical sur les compétences langagières.....	11
	4.2 Effets spécifiques des dimensions rythmique et mélodique des ateliers musicaux.....	12
	4.2.1 Ateliers Rythme.....	12
	4.2.2 Ateliers Hauteur.....	13
	4.3 Extension des bénéfices à des traitements attentionnels non linguistiques.....	14
	4.4 Effets modérés des entraînements sur les compétences musicales.....	15
	4.5 Limites et perspectives.....	15
	Conclusion.....	16
	Références bibliographiques.....	17
	Annexes.....	19

RÉSUMÉ

Objectif : Le Trouble Développementale du Langage (TDL) frappe précocement le développement du langage oral et perturbe la compréhension et/ou l'expression orale. Des déficits du traitement du rythme sont aussi observés et pourraient contribuer à l'origine de ce trouble. Des expériences montrent qu'un préajustement du rythme attentionnel au moyen d'amorces musicales permet d'améliorer les analyses phonologique et morphosyntaxique. Notre étude cherche à valider l'hypothèse selon laquelle une remédiation basée sur l'éveil au rythme et à la mélodie (variations de hauteur) en musique améliore les compétences langagières d'enfants de 7 à 12 ans avec TDL, et à comparer l'effet spécifique de l'éveil à ces dimensions à travers deux ateliers (rythme vs. hauteur).

Méthode : L'expérience, conduite en *cross-over*, consistait pour chaque groupe de six patients, à suivre un entraînement de 12 séances de 45 minutes basé sur le rythme et la hauteur, en ordre contrebalancé. Ce format a permis une évaluation intra-individuelle des compétences phonologiques, morphosyntaxiques, attentionnelles et en lecture.

Résultats et Discussion : L'analyse des données confirme l'hypothèse postulant qu'un entraînement strictement musical améliorerait les compétences langagières des enfants avec TDL. Des progrès en conscience phonologique et en morphosyntaxe sont relevés, ainsi qu'un transfert vers des compétences en lecture de mots et en maintien de l'attention. De plus, les résultats montrent des effets spécifiques liés aux ateliers centrés sur le rythme ou sur la hauteur. Enfin, les effets significatifs des ateliers rythme sur les compétences attentionnelles confirment l'extension des bénéfices attendus aux traitements attentionnels non linguistiques et en modalité visuelle.

Mots-clés : Trouble Développementale du Langage (TDL) - Entraînement musical - Phonologie - Morphosyntaxe – Orthophonie

ABSTRACT

Objective: Developmental Language Disorder (DLD) affects the development of speech and disrupts oral understanding and/or expression at an early stage. Deficiencies in the treatment of rhythm are also observed and could contribute to the source of this disorder. Experiments show that a pre-adjustment of the attentional rhythm by means of musical triggers allows the improvement of phonological and morphosyntactic analyses. Our study intends to validate the hypothesis that a remediation based on an introduction to musical rhythm and melody (pitch variations) improves the linguistic skills of children between 7 and 12 years of age with DLD, and to compare the specific effect of the introduction to these dimensions through two workshops (rhythm vs. pitch).

Method: The experiment lead in cross-over, for each group of six patients, consisted in following a program of 12 sessions of 45 minutes based on the rhythm and the pitch, in counterbalanced order. This format allowed an intra-individual evaluation of phonological, morphosyntactic, attentional and reading skills.

Results and Discussion: The analysis of the data confirmed the hypothesis that a strictly musical program would improve the linguistic skills of children with DLD. Progresses in phonological awareness and in morphosyntax are noticed, as well as a transfer towards the skills in reading words and in maintaining attention. Furthermore, results show specific effects linked to the workshops focused on rhythm or on pitch. Finally, the significant effects of the rhythm workshops on attentional skills confirm the extension of expected benefits onto non-linguistic attentional treatments and onto visual modalities.

Key words: Developmental Language Disorder (DLD) – Musical Program – Phonology – Morphosyntax – Speech Therapy

I INTRODUCTION

Le Trouble Développemental du Langage (TDL) compromet l'acquisition du langage et la communication en réduisant les compétences phonologiques et morphosyntaxiques (Bishop et al., 2017). Sa prise en charge orthophonique est déterminante pour le devenir scolaire, social et psychologique de l'enfant.

Les enfants avec TDL synchroniseraient peu leur attention au rythme de la parole, ce qui les empêcherait d'extraire les unités linguistiques et d'anticiper l'instant où surviendra une prochaine information. D'après la théorie de l'Attention Dynamique (Jones, 1976), l'attention se déploierait de manière cyclique, selon un rythme déterminé par les oscillations cérébrales endogènes, qui tendrait à se synchroniser au rythme du signal. Cela permettrait de le segmenter (séquenciation), de prédire l'instant où devrait survenir une information importante et de diffuser alors suffisamment de ressources pour un traitement approfondi. L'une des hypothèses explicatives du TDL évoque une altération du traitement temporel du signal de parole, attribuée à une faible perception du rythme (Corriveau et Goswami, 2009). Le fait que le rythme du signal de parole ne soit que partiellement régulier accentue vraisemblablement la difficulté de ces enfants à ajuster leurs oscillations cérébrales et leur attention au langage, ce que soutient le *Modèle Temporal Sampling Framework* de Goswami (2011).

C'est pourquoi l'utilisation de la musique, dont le rythme est régulier, souvent saillant et facile à extraire, est une piste pour tenter de remédier aux difficultés de langage des enfants atteints de TDL. Des données récentes montrent que des amorces musicales rythmiques ont un impact positif sur le traitement grammatical de phrases entendues immédiatement après, alors qu'elles n'ont pas d'effet sur la richesse de l'évocation lexicale ; des amorces musicales (sans rythme) favorisent quant à elles l'évocation lexicale mais pas le traitement grammatical (Canette et al., 2019).

Nous chercherons donc au travers d'une étude en *cross-over*, à tester l'hypothèse selon laquelle une remédiation basée sur l'éveil au rythme et à la mélodie (variations de hauteur) en musique améliorerait, à plus long terme que dans un contexte d'amorçage, les compétences langagières d'enfants de 7 à 12 ans avec TDL, et à comparer l'effet spécifique de l'éveil à ces dimensions à travers deux ateliers (rythme *vs.* hauteur).

II MÉTHODE

2.1 Participants

Douze enfants atteints de TDL ont participé (deux filles, dix garçons). Ils avaient entre 8 ans 10 mois (*106 mois*) et 11 ans 4 mois (*136 mois*) ($M = 10$ ans 1 mois), critère d'âge permettant d'utiliser des tests de même niveau de difficulté pour tous. Tous les enfants ont été recrutés au Centre Franchemont de Champigny (Val-de-Marne). Le diagnostic de TDL avait été posé par des orthophonistes et l'inclusion dans l'étude ne tenait pas compte du degré de sévérité. Un déficit en morphosyntaxe les plaçant au-dessous de -1.65 écart-type de la norme était un critère d'inclusion, ainsi que le français pour langue maternelle. L'échantillon était construit en respectant les critères d'exclusion suivants : handicap auditif associé diagnostiqué, déficit visuel non corrigé, Trouble Déficitaire de l'Attention, Trouble Oppositionnel avec Provocation, activité musicale ou danse extra-scolaire. Les parents avaient lu une note d'information sur l'étude et signé un formulaire de consentement. Les données identifiantes ont été anonymisées par un code alphanumérique.

2.2 Schéma expérimental et procédure

Cette étude expérimentale et prospective, portait sur deux groupes d'un même nombre d'enfants porteurs de TDL répartis de sorte à les équilibrer pour le sexe (une fille par groupe), l'âge, le niveau scolaire et le niveau en morphosyntaxe. La procédure en *cross-over* (Figure 1) a permis à chaque groupe de suivre les deux sessions du programme, dans des ordres différents pour contrebalancer l'effet d'ordre : le groupe RH suivait les ateliers Rythme puis les ateliers Hauteur ; le groupe HR suivait les mêmes ateliers en ordre inverse. Cette procédure a permis de comparer l'effet des deux types d'ateliers de façon intra-individuelle à partir de l'effectif total de douze patients.

Le programme comportait deux sessions de six ateliers musicaux répartis sur trois semaines, séparées par une période de repos (*wash-out*) de deux semaines. Les ateliers ont été proposés à raison de deux séances de 45 minutes par semaine, animés conjointement par les deux expérimentatrices.

Trois évaluations d'1h30 ont permis de tester les capacités musicales, phonologiques et morphosyntaxiques en réception et en production, ainsi que les compétences en lecture et en attention. Chaque évaluation a été réalisée en deux séances de 35 à 45 minutes pour respecter la fatigabilité des enfants. Elles étaient menées avant le début de l'entraînement (T1), dans la semaine suivant la première session (T2) et la semaine suivant la deuxième session (T3). Aucun retour n'était donné à l'enfant sur ses performances ni sur le contenu

des bonnes réponses pour limiter les effets test-retest. Tous les tests étaient effectués par l'une ou l'autre des examinatrices selon une répartition aléatoire.

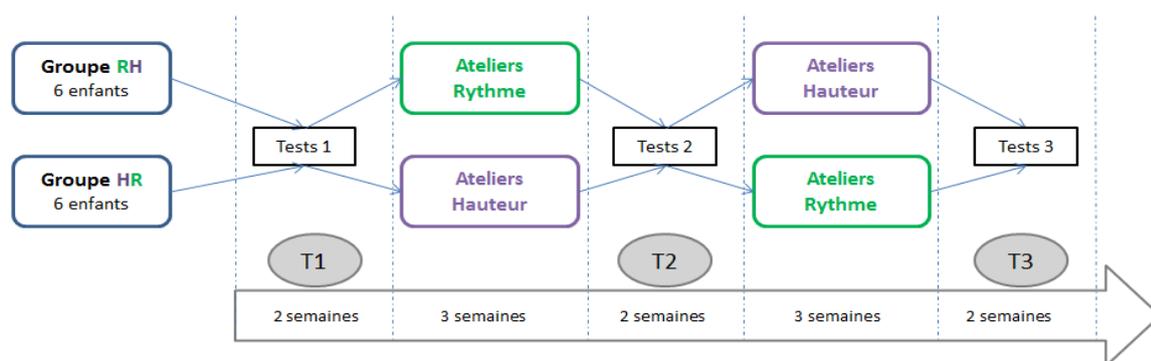


Figure 1. Procédure avec, de gauche à droite, le groupe Ateliers Rythme puis Hauteur (RH) et le groupe Ateliers Hauteur puis Rythme (HR), en ordre contrebalancé, avec trois étapes d'évaluation (Tests avant le 1^{er} atelier, après le 1^{er} et après le 2^{ème}).

2.3 Matériel de l'évaluation

Un tableau des tests utilisés est présenté en Annexe A.

2.3.1 Épreuves de phonologie

En perception

La discrimination de phonèmes est évaluée avec l'Épreuve Lilloise de Discrimination Phonologique (ELDP ; Macchi et al., 2013). L'enfant entend en champ libre deux logatomes et juge s'ils sont identiques ou différents (réponse donnée à l'oral). Les 36 couples de logatomes sont produits à débit rapide, contiennent 3 à 4 syllabes et un seul phonème diffère pour les couples différents. Le score est la réussite sur 36 items.

De plus, une épreuve d'épiphonologie extraite de la batterie d'évaluation du langage écrit et du langage oral 6-15 ans (EVALEO 6-15) (Launay et al., 2018) teste la détection de phonèmes dans un mot. L'enfant, après avoir entendu un phonème cible, indique s'il l'entend dans au moins un des trois mots diffusés ensuite. Le score est le nombre de phonèmes cibles correctement détectés et la durée de réalisation du test est mesurée.

En production

Pour les épreuves de phonologie en production, l'examinatrice produit le modèle et l'enfant réalise la tâche immédiatement.

Trois épreuves de la batterie Nouvelles Épreuves pour l'Examen du Langage (N-EEL ; Chevrie-Muller, 2001) ont été choisies : l'inversion syllabique (épiphonologie), l'élision de

phonème initial et l'élision de phonème final (métaphonologie). Elles permettent d'évaluer la perception par les enfants des logatomes, mais aussi de plus petites unités (syllabes, phonèmes). Dix logatomes dissyllabiques (9 de type Consonne/Voyelle/Consonne/Voyelle (CV.CV) et 1 CCV.CV) sont proposés pour la tâche d'inversion syllabique. Les tâches d'élision de phonème initial et final portent chacune sur 12 logatomes d'une à deux syllabes avec un cluster consonantique par liste.

Pour compléter ces épreuves, une tâche de répétition de pseudo-mots (PSM), extraite de la batterie EVALEO 6-15 est proposée. Chacun des 20 pseudo-mots pré-enregistrés est écouté, l'enfant doit immédiatement le répéter à haute voix. Cette fois, les pseudo-mots sont plus longs – jusqu'à cinq syllabes – et de formes plus ou moins complexes.

Un score de réussite est calculé pour chaque épreuve, sans mesure de vitesse.

2.3.2 Épreuves de morphosyntaxe

En perception

La morphosyntaxe en perception est évaluée grâce à l'épreuve de jugement de grammaticalité de la batterie EVALEO 6-15. Une série de 16 phrases pré-enregistrées est diffusée à l'enfant. Pour chacune, ils doivent tout d'abord dire s'ils estiment qu'elle est correcte ou non, puis la corriger si nécessaire. Les phrases sont de difficulté croissante et comportent des erreurs sur les flexions verbales, les formes passives, les pronoms relatifs, la concordance des temps ou les pronoms personnels compléments.

En production

La morphosyntaxe en production est évaluée avec la répétition de phrases complexes de la batterie EVALEO 6-15. Les 15 phrases cibles de longueur croissante sont proposées et l'enfant les répète à haute voix au fur et à mesure. La cotation porte sur des éléments précis de morphosyntaxe (pronoms personnels sujets ou compléments, pronoms relatifs, adjectifs possessifs ou démonstratifs, verbes pronominaux, tournures négatives, flexions nominales ou verbales, prépositions, locutions suivies du subjonctif) et permet également de comptabiliser les erreurs produites.

2.3.3 Épreuve de lecture

Les compétences en traitement de l'écrit (vitesse et précision) sont évaluées grâce à l'épreuve de lecture d'une liste de mots fréquents en deux minutes (EVALEO 6-15) qui mesure le nombre de mots lus, oubliés, ou avec une erreur, en vue de calculer la vitesse de lecture, l'exactitude et un pourcentage de précision de lecture (nombre de mots

correctement lus / nombre total de mots lus \times 100). Compte tenu de leur niveau en lecture, cette épreuve était la plus adaptée La présentation informatisée des tests de la batterie EVALEO 6-15 a permis d'homogénéiser les conditions de recueil des données quels que soient l'examinatrice et le lieu.

2.3.4 Épreuve de perception musicale

Deux aspects des compétences musicales sont testés à l'aide de la version abrégée de la *Montreal Battery of Evaluation of Musical Abilities* (MBEMA) adaptée aux enfants (Peretz et al., 2013). Celle-ci évalue les compétences en traitement du rythme et de la mélodie en réception, en champ libre et à partir d'enregistrements calibrés diffusés par un ordinateur.

Le volet mélodique contient 20 items précédés de deux items de pratique. La tâche consiste à juger si deux courtes mélodies (3 à 4 secondes entrecoupées d'un silence de 1500 ms) sont similaires ou différentes. La réponse est donnée à l'oral.

Le volet rythmique présente lui aussi deux essais de pratique suivis de 20 couples de courtes séquences musicales (3 à 4 secondes entrecoupées d'un silence de 1500 ms), la tâche étant de juger si elles sont identiques ou différentes.

2.3.5 Épreuve d'attention visuelle

Le test de barrage d2 d'attention visuelle (Brickenkamp, 1969) évalue le maintien de l'attention dans une tâche complexe (concentration) où la séquenciation du matériel visuel est nécessaire pour analyser chaque caractère de la ligne et détecter les d associés à deux apostrophes, parmi des distracteurs (*e.g.*, p et deux apostrophes, d et une apostrophe...). L'épreuve comporte 14 lignes et ne laisse que 20 secondes à l'enfant par ligne, ce qui demande d'être rapide. Les mesures sont la vitesse de traitement (CCT), les omissions (F1), les fausses alarmes (F2), et l'indice de concentration calculé comme suit : CCT-F1-F2. Le pourcentage d'erreurs est aussi relevé pour chaque tiers du test, et pour sa totalité.

2.4 Procédure de l'évaluation

L'ordre de passation des épreuves d'évaluation était le suivant :

Séance 1 :

- perception musicale (MBEMA),
- discrimination phonologique (ELDP),
- répétition de pseudo-mots (EVALEO 6-15),
- épiphonologie (EVALEO 6-15),
- attention visuelle (d2).

Séance 2 :

- inversion syllabique (N-EEL),
- répétition de phrases complexes (EVALEO 6-15),
- élision du phonème initial (N-EEL),
- élision du phonème final (N-EEL),
- jugement de grammaticalité (EVALEO 6-15),
- lecture de mots en deux minutes (EVALEO 6-15).

2.5 Matériel pour les entraînements musicaux

Le matériel suivant a été utilisé lors des séances d'entraînement :

- un piano électronique (Keyword KD 1000),
- une guitare $\frac{3}{4}$ classique avec 6 cordes en nylon (Forest Student),
- un djembé (14 cm de diamètre),
- 7 tambourins sans cymbalettes (15 cm de diamètre) avec mailloche,
- 8 clochettes musicales, chacune de couleur différente (gamme de do majeur),
- plusieurs morceaux de musique choisis par les encadrants pour leur qualité rythmique et la facilité à trouver la pulsation.

La musique était diffusée par l'amplificateur du PC portable (ASUS, X751S).

2.6 Procédure pour les entraînements musicaux

Tout d'abord, dans le contexte sanitaire actuel (pandémie covid-19), la mise en place des ateliers au Centre Franchemont s'est faite dans le respect strict des précautions générales citées dans l'Annexe B.

Les deux séries d'ateliers ont été construites en se basant sur l'article de Overy (2003), et sur les résultats d'études pilotes réalisées à Lyon (N. Bedoin et ses étudiants). Les séances ont été pensées pour être ludiques, adaptées aux spécificités des enfants avec TDL, et de niveaux de difficulté progressifs.

Chaque séance commence par un rituel pour permettre aux six enfants du groupe de se centrer sur les activités. Les deux séries d'ateliers respectent une même progression : d'abord la découverte de la notion de rythme ou de hauteur, puis la production et la discrimination de rythmes ou de hauteurs différents, et pour finir la création de variations de rythmes ou de hauteurs (pour une présentation détaillée, voir Annexe B).

A chaque séance, les expérimentatrices veillent à faire varier les situations d'écoute, de production, les instruments proposés, les déplacements corporels en musique et les jeux pour que les enfants éprouvent de la satisfaction et restent motivés par les ateliers.

2.7 Analyse des données

Les analyses statistiques ont été effectuées avec R-Studio. Étant donné la petite taille de l'échantillon, l'absence de différence entre les groupes avant l'entraînement (T1) a été confirmée avec le test non-paramétrique U de Mann-Whitney (toutes les valeurs de p étaient supérieures à .09). Le test non-paramétrique de Wilcoxon, a été utilisé pour comparer les performances moyennes des douze enfants de façon intra-individuelle avant et après les ateliers musicaux (comparaison T1 vs T3), et pour évaluer de façon intra-individuelle les effets de chaque session séparément (rythme, R ; hauteur, H) sur les performances des douze enfants. Le seuil de significativité était placé à $p \leq .05$. Une attention particulière a été portée aux tailles d'effets, permettant de comparer leur intensité. Cela suivait les recommandations de Ioannidis (2018) sur la prudence dans l'interprétation des valeurs de p , d'autant que la présence d'*ex aequo* et de valeurs nulles rendaient moins précis le calcul de ces valeurs. La taille d'effet était évaluée avec l'indice r (z -score de Wilcoxon / racine carrée de l'échantillon) et interprétée comme de petite taille de .10 à .30, de taille modérée de .30 à .50 et de grande taille au-dessus de .50 .

III RÉSULTATS

Les résultats sont synthétisés dans le Tableau 1. En **discrimination phonologique**, les performances ne s'améliorent pas significativement entre T1 et T3 ($V = 28.5$, $p = .430$, $r = .27$), que ce soit après l'atelier Rythme ($V = 17$, $p = .301$, $r = .31$) ou l'atelier Hauteur ($V = 25$, $p = .837$, $r = .06$). Il en est de même pour le test d'**épiphonologie** ($V = 41$, $p = .181$, $r = .32$), après l'atelier Rythme ($V = 36.5$, $p = .787$, $r = .18$) ou Hauteur ($V = 30.5$, $p = .371$, $r = .18$).

Par contre, une amélioration significative en conscience phonologique s'est produite après la prise en charge pour deux des trois tests. Ainsi, l'**inversion syllabique** est mieux réussie à T3 qu'à T1 ($V = 53.5$, $p < .009$, $r = .64$), effet de grande taille davantage expliqué par l'influence de taille modérée de l'atelier Hauteur ($V = 38$, $p = .066$, $r = .44$), que par celle de l'atelier Rythme, de petite taille ($V = 38.5$, $p = .278$, $r = .21$). L'**élision du phonème initial** est aussi mieux réalisée après la prise en charge ($V = 36$, $p < .014$, $r = .59$), effet de grande taille reposant plus sur l'effet de taille modérée de l'atelier Rythme ($V = 53$, $p = .080$, $r = .39$) que sur l'effet de petite taille de l'atelier Hauteur ($V = 53$, $p = .079$, $r = .27$). En revanche, l'**élision du phonème final** n'est pas significativement sensible à la prise en charge ($V = 44$, $p = .100$, $r = .23$), ni à aucun des deux ateliers.

La **répétition de pseudo-mots** est significativement mieux réussie à T3 qu'à T1 ($V = 66, p < .004, r = .83$), ce qui représente un effet de grande taille, peu expliqué par l'influence de l'atelier Rythme ($V = 28, p = .999, r = .02$), mais essentiellement par l'effet significatif et de grande taille de l'atelier Hauteur ($V = 64.5, p < .006, r = .86$) (Figure 2).

Quant aux épreuves évaluant la morphosyntaxe, le progrès n'atteint pas le seuil de significativité pour le **jugement de grammaticalité** après la prise en charge ($V = 52, p = .093, r = .36$), que ce soit après l'atelier Rythme ($V = 34.5, p = .159, r = .25$) ou l'atelier Hauteur ($V = 22, p = .608, r = .11$).

En revanche, une amélioration significative en **répétition de phrases complexes** est observée après la prise en charge ($V = 66, p < .004, r = .56$). Cet effet de grande taille s'explique davantage par l'influence de taille modérée de l'atelier Rythme ($V = 58.5, p < .024, r = .31$), que par celle de l'atelier Hauteur, de petite taille ($V = 36.5, p = .103, r = .20$) (Figure 2).

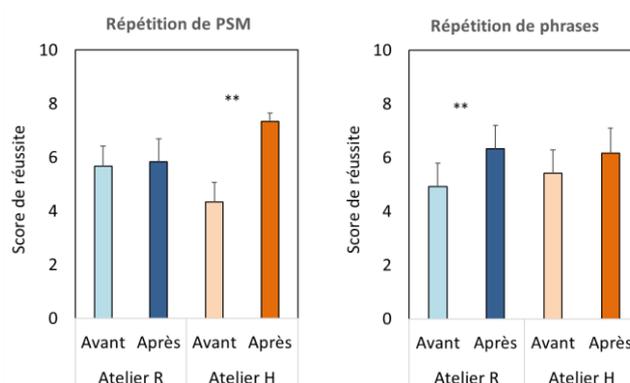


Figure 2. Score de réussite en répétition de pseudo-mots (PSM) et de phrases, avant et après les ateliers R et H (** $p < .05$).

En lecture, le **nombre de mots correctement lus** est significativement plus élevé après la prise en charge ($V = 60.5, p < .017, r = .09$). Cette amélioration est davantage due à l'atelier Hauteur, avec un effet significatif ($V = 73, p < .009, r = .13$), qu'à l'atelier Rythme ($V = 36.5, p = .875, r = 0$). La précision en lecture, évaluée par le **pourcentage de mots correctement lus**, ne s'améliore pas après la prise en charge ($V = 50, p = .142, r = .27$). Par contre, le progrès est significatif là aussi après l'atelier Hauteur ($V = 71, p < .010, r = .26$) mais pas après l'atelier Rythme ($V = 40, p = .970, r = .02$) (Figure 3).

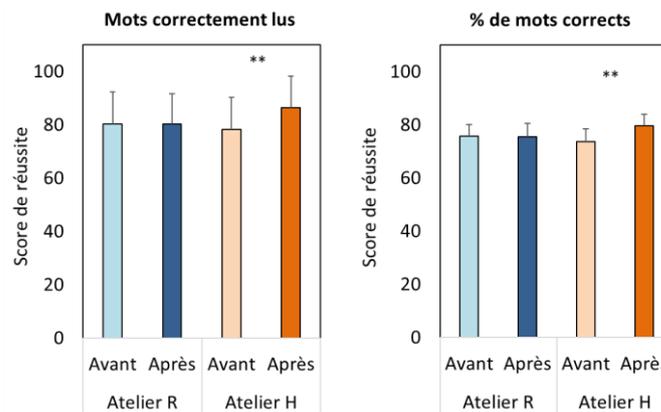


Figure 3. Score de réussite en lecture de mots : nombre de mots correctement lus et pourcentage de mots corrects avant et après les ateliers H et R (** $p < .05$).

Concernant les compétences musicales, les résultats en **mélodie** après la prise en charge montrent une tendance à l'amélioration ($V = 46.5$, $p = .056$, $r = .40$). Cet effet de taille modérée s'explique plus par l'influence de taille modérée de l'atelier Rythme ($V = 34$, $p = .191$, $r = .34$), que par celle de l'atelier Hauteur ($V = 41$, $p = .905$, $r = .02$). Les performances en **rythme** ne sont pas sensibles à la prise en charge ($V = 30$, $p = .401$, $r = .11$), que ce soit après l'atelier Hauteur ou l'atelier Rythme.

Enfin, l'**épreuve attentionnelle du d2** montre une augmentation significative de la **vitesse de traitement** après la prise en charge ($V = 63$, $p < .009$, $r = .57$). Cet effet de grande taille s'explique surtout par l'influence de taille modérée de l'atelier Hauteur ($V = 75$, $p < .003$, $r = .48$), et non par celle de l'atelier Rythme, de petite taille ($V = 45$, $p = .665$, $r = .17$).

Les **omissions** et **fausses alarmes** diminuent significativement après l'atelier Rythme, respectivement ($V = 0$, $p < .006$, $r = .53$) et ($V = 8$, $p < .029$, $r = .42$), mais pas après l'atelier Hauteur ($V = 31.5$, $p = .313$, $r = .23$) et ($V = 7$, $p = .263$, $r = .17$).

L'**indice de concentration** s'améliore significativement après la prise en charge ($V = 74$, $p < .004$, $r = .54$), effet de grande taille expliqué par l'influence de taille modérée des ateliers Rythme ($V = 70.5$, $p < .015$, $r = .36$) et Hauteur ($V = 60$, $p < .019$, $r = .31$).

Le **pourcentage d'erreurs** diminue significativement après la prise en charge, à la fois pour l'épreuve complète ($V = 9$, $p < .017$, $r = .48$) et pour chacun des trois tiers du d2, avec une taille d'effet particulièrement élevée pour le troisième tiers. L'effet global s'explique quasi-exclusivement par l'influence de taille modérée de l'atelier Rythme ($V = 3$, $p < .003$, $r = .44$) et non par celui de l'atelier Hauteur, de petite taille ($V = 30$, $p = .505$, $r = .20$). Comme l'illustre la Figure 4, la configuration des résultats montre aussi que l'exactitude se dégrade de manière générale entre les deuxième et troisième tiers du test, sauf pour les

mesures faites après l'atelier Rythme, où il n'y a pas de chute des performances au troisième tiers.

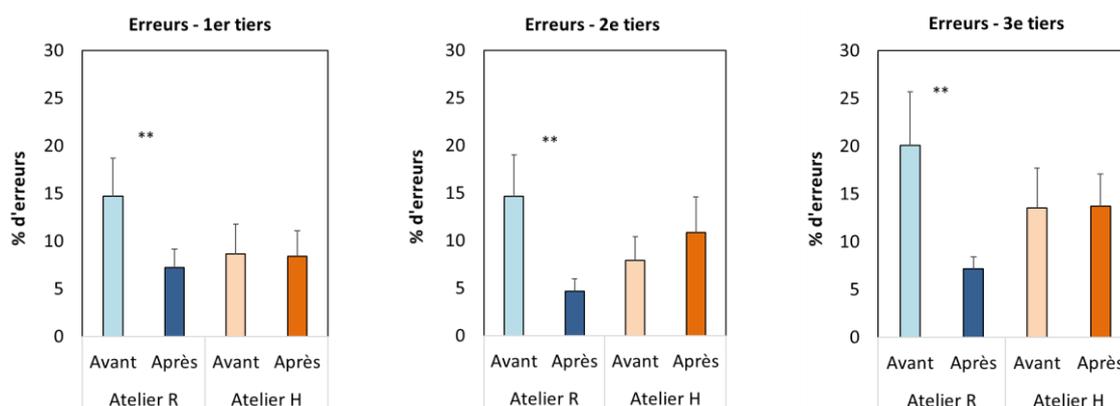


Figure 4. Pourcentage d'erreurs lors de l'épreuve du d2, en fonction du tiers concerné, avant et après les ateliers H et R (** $p < .05$).

Pour toutes les variables dépendantes mesurées, l'effet d'ordre des ateliers Hauteur-Rythme ou Rythme-Hauteur est évalué avec un test U de Mann-Whitney, qui ne montre pas d'effet significatif sur les résultats, toutes les valeurs de p étant supérieures à .09.

Tableau 1. Synthèse des résultats des analyses statistiques non-paramétriques (valeurs de p et taille d'effet r) pour tous les tests, pour évaluer l'influence de la prise en charge complète (atelier Musique) et de chaque type d'atelier séparément (Rythme et Hauteur).

Compétence évaluée	Modalité	Test	Influence de l'atelier MUSIQUE		Influence de l'atelier RYTHME		Influence de l'atelier HAUTEUR	
			p	r	p	r	p	r
Phonologie	Perception	Discrimination phonologique	.430	.27	.301	.31	.837	.06
		Epiphonologie	.181	.32	.787	.18	.371	.18
Phonologie	Production	Inversion syllabique	< .009	.64	.278	.21	.066	.44
		Elision phonème initial	< .014	.59	.080	.39	.079	.27
		Elision phonème final	.100	.23	.832	.05	.416	.19
		Répétition de PSM	< .004	.83	.999	.02	.006	.86
Morphosyntaxe	Perception	Jugement de grammaticalité	.093	.36	.159	.25	.608	.11
Morphosyntaxe	Production	Répétition de phrases	< .004	.56	< .024	.31	.103	.20
Lecture	Production	Mots correctement lus	< .017	.09	.875	.00	< .009	.13
		% de mots corrects	.142	.27	.970	.02	< .010	.26
Perception musicale	Perception	Mélodie	.056	.40	.191	.34	.905	.02
		Rythme	.401	.11	.166	.18	.644	.08
Attention - concentration	d2	Vitesse de traitement	< .009	.57	.665	.17	< .003	.48
		Omissions	.721	.24	< .006	.53	.313	.23
		Fausses alarmes	.052	.51	< .029	.42	.263	.17
		Indice de concentration	< .004	.54	< .015	.36	< .019	.31
		%erreurs - 1er tiers	< .018	.46	< .007	.36	.791	.06
		%erreurs - 2e tiers	.068	.45	< .009	.55	.894	.02
		%erreurs - 3e tiers	< .010	.51	< .010	.52	.999	.03
		%erreurs - Total	< .017	.48	< .003	.44	.505	.20

IV DISCUSSION

Cette expérience consiste à évaluer l'efficacité d'une prise en charge basée sur la musique chez des enfants avec TDL, en s'interrogeant sur la part plus spécifique des aspects rythmiques et mélodiques dans leurs progrès éventuels. Malgré la brièveté des ateliers (deux séances de 45 minutes par semaine pendant six semaines), l'analyse des données confirme l'hypothèse selon laquelle un entraînement strictement musical peut améliorer les compétences langagières des enfants avec TDL. Des progrès en phonologie et en morphosyntaxe sont relevés, mais également un transfert vers des compétences en lecture et en maintien de l'attention, avec des effets spécifiques liés aux ateliers Rythme ou Hauteur. Enfin, les effets significatifs des ateliers rythmiques sur les compétences attentionnelles confirment l'extension des bénéfices aux traitements attentionnels non linguistiques en modalité visuelle.

4.1 Effets d'un entraînement musical sur les compétences langagières

Le TDL entraîne un déficit de traitement phonologique, en perception et en production. Il impacte également d'autres traitements linguistiques : morphosyntaxiques, lexico-sémantiques, discursifs et pragmatiques.

Les améliorations observées à la suite de l'entraînement musical sont encourageantes et montrent des effets significatifs sur des compétences d'ordre phonologique, morphosyntaxiques, et également un transfert des bénéfices vers les capacités en lecture.

Sur le plan phonologique, le bilan indique une amélioration en conscience phonologique, notamment en inversion syllabique et en élision de phonème initial, mais pas en détection de phonèmes et en discrimination phonologique, deux épreuves ciblant pourtant elles aussi le traitement de phonèmes. La configuration des résultats suggère que l'entraînement musical n'a pas amélioré directement la perception de phonèmes, mais a accru l'habileté à découper, extraire et manipuler mentalement les unités infra-lexicales de la parole (syllabes et phonèmes). Cette manipulation délibérée des unités sonores s'est étendue automatiquement au traitement de la parole, avec des progrès en répétition de pseudo-mots et en lecture de mots.

Sur le plan morphosyntaxique, l'entraînement a été suivi de progrès en production (répétition de phrases complexes). L'absence de progrès dans l'épreuve de jugement de grammaticalité évaluant la perception de la morphosyntaxe peut surprendre. Le choix de l'épreuve n'est cependant pas bien adapté au niveau des enfants ; nous reviendrons ultérieurement sur ce point.

Ces résultats sont cohérents avec l'essai randomisé contrôlé de 2015 dans lequel Flaunacco et al. montrent qu'un entraînement musical beaucoup plus long et intensif (une heure, deux fois par semaine, pendant 30 semaines) peut améliorer des compétences linguistiques spécifiques par le biais de progrès en capacités rythmiques. De même, Thomson et al. (2013) se sont intéressées aux effets de deux types d'interventions (l'une basée sur le rythme, l'autre sur un entraînement phonétique) sur les processus auditifs de 33 enfants dyslexiques. Les résultats montrent qu'un entraînement musical peut contribuer à améliorer les compétences phonologiques, levier déterminant pour un bon développement du langage.

Comme ces deux études, l'entraînement réalisé ici a une composante rythmique ce qui peut rendre compte de la similarité des effets. L'introduction d'ateliers centrés sur la hauteur a aussi certainement joué un rôle dans notre entraînement, et la méthodologie en *cross-over* a permis de dégager les effets spécifiques du rythme par rapport à la hauteur.

4.2 Effets spécifiques des dimensions rythmique et mélodique des ateliers musicaux

Les résultats de l'étude confirment que l'entraînement musical apporte des effets distincts selon l'accent mis sur le rythme ou sur la hauteur et valident l'hypothèse selon laquelle un entraînement basé sur le rythme améliorerait davantage les compétences langagières liées aux grandes unités de langage (morphosyntaxe), alors qu'un entraînement centré sur la hauteur favoriserait le traitement de plus petites unités (phonèmes).

4.2.1 Ateliers Rythme

Le format des ateliers, par groupe de six enfants encadrés par les deux expérimentatrices, a facilité à la fois la pratique et l'écoute des enfants. L'effet des exercices n'était pas évalué immédiatement après, comme dans des expériences d'amorçage, mais à la fin de la série d'ateliers rythmiques. Cette nuance amène à distinguer plusieurs types d'entraînements rythmiques.

Tout d'abord, certaines études montrent qu'un amorçage direct permet d'améliorer la vitesse de détection de phonèmes dans des pseudo-mots (Cason et Schön, 2012) ou dans des phrases chez des adultes tout-venants (Cason et al., 2015). Un autre type d'amorçage plus global améliore le traitement grammatical des phrases chez des enfants dyslexiques (Przybylski et al., 2013), avec TDL (Bedoin et al., 2016), ou sans particularité (Chern et al., 2018). Mais ces deux types d'amorçage n'ont que des effets ponctuels. Pour tenter d'exercer un effet à plus long terme, et se rapprocher de situations applicables en clinique, une autre expérience propose une alternance entre des phases d'écoute musicale rythmée et

des exercices de grammaire (Bedoin et al., 2018). Les enfants sourds porteurs d'implants cochléaires progressent en grammaire seulement si les exercices sont combinés à l'écoute d'amorces rythmiques. L'effet est à plus long terme puisque les règles de grammaire sont ensuite mieux connues et appliquées.

Inscrite dans la continuité de ces recherches sur les liens entre rythme et langage, la présente étude teste les effets du traitement actif de rythmes musicaux à encore plus long terme. Les bénéfices attendus relèvent des mêmes domaines que dans les expériences précédentes (traitements phonologiques et grammaticaux) et nos résultats confirment partiellement cette attente. En effet les ateliers Rythme n'ont pas permis aux enfants de développer leurs compétences en conscience phonologique. Les effets bénéfiques d'amorces rythmiques sur les compétences métaphonologiques, observés dans les études précitées, seraient donc bien de nature transitoire. Par ailleurs, les performances en morphosyntaxe s'améliorent significativement en production (répétition de phrases complexes) après l'atelier Rythme et non après l'atelier Hauteur, confirmant le rôle déterminant du rythme en grammaire. En perception (jugement de grammaticalité), aucun effet n'est observé. Toutefois, cette épreuve ne semble pas très adaptée aux enfants avec TDL qui ne parviennent pas à accéder à la métasyntaxe, et donc à se détacher du sens pour juger de la grammaticalité.

Ainsi, la stimulation plus globale des capacités de traitement rythmique grâce à nos ateliers musicaux a apparemment moins de retentissement sur le plan phonologique que sur les traitements morphosyntaxiques.

4.2.2 Ateliers Hauteur

Contrairement à l'aspect rythmique de la musique, très documenté dans la littérature, les aspects mélodiques comme stimulants des compétences linguistiques n'ont pas beaucoup été étudiés. De plus, les données évaluant l'impact d'un entraînement ciblant le traitement de la hauteur résultent de prises en charge nettement plus longues que la nôtre (six mois d'entraînement) pour que des enfants dyslexiques s'améliorent en détection de légers changements de hauteur dans la parole ou la musique (Besson et al., 2007 ; Moreno et al., 2009).

Les effets observés ici après seulement douze séances sont donc assez innovants et encourageants. Les ateliers Hauteur ont en effet significativement amélioré la répétition de pseudo-mots, ainsi que la lecture de mots (vitesse et précision) et la concentration de l'attention. Ces ateliers ont également eu la particularité d'être suivis d'une tendance à l'amélioration pour les épreuves d'inversion syllabique (épiphonologie) et d'élision de

phonème initial (métaphonologie). Les progrès en lecture à la fois en vitesse et en précision, uniquement observés après les ateliers Hauteur, sont sans doute à mettre en lien avec l'amélioration du traitement spectral des phonèmes, proche du traitement spectral de la mélodie en musique. Les ateliers Hauteur pourraient non seulement avoir apporté une aide au traitement des hauteurs de formants, mais aussi amélioré la concentration de l'attention sur de petits éléments, car les exercices incitaient à cela en nécessitant notamment d'extraire un détail (une note de musique) dans un ensemble.

Le rythme ne serait donc pas la seule dimension de la musique sur laquelle il est prometteur d'aider les enfants à focaliser leur attention et à affiner leur perception en vue d'améliorations langagières.

4.3 Extension des bénéfices à des traitements attentionnels non linguistiques

Le test de barrage d2 a été différemment sensible aux deux ateliers. Après l'entraînement, la vitesse de traitement a augmenté seulement grâce aux ateliers Hauteur, alors que l'amélioration significative de la précision, avec un meilleur contrôle de la distractibilité (réduction des oublis) et de l'impulsivité (réduction des fausses alarmes), a seulement suivi les ateliers Rythme. Ce progrès est intéressant au regard des données montrant le fort poids de la distractibilité et de l'impulsivité sur les difficultés de langage en cas de TDL (Krzemien et al., 2020). L'efficacité des ateliers Rythme peut aussi venir du fait qu'ils ont exercé la séquenciation et la synchronisation sur un rythme régulier, c'est-à-dire le contrôle et l'ajustement de la distribution temporelle de l'attention. Ce progrès s'est transféré au domaine visuo-spatial, car ces compétences attentionnelles seraient indépendantes des modalités sensorielles, et seraient utiles dans ce test de barrage où chaque signe gagne à être examiné séquentiellement, régulièrement et rapidement.

L'indice de concentration a quant à lui augmenté après les deux ateliers. La combinaison des deux types d'ateliers est donc fructueuse pour le maintien de l'attention, compétence indispensable aux apprentissages scolaires. Un aspect des résultats montre toutefois que l'atelier Rythme est le plus efficace sur la concentration : les deux derniers tiers du test sont significativement mieux réussis seulement après ces ateliers. Ces résultats sont cohérents avec le modèle *Temporal Sampling Framework* (Goswami, 2011) selon lequel les entraînements rythmiques stimulent non seulement la temporalité de l'attention, mais aussi les compétences attentionnelles de façon plus générale, comme la concentration.

4.4 Effets modérés des entraînements sur les compétences musicales

A la suite des douze séances, les compétences musicales elles-mêmes ont modestement progressé. L'observation détaillée des effets sur le test MBEMA révèle toutefois que l'atelier Rythme produit une amélioration marginale en détection de différences rythmiques, et un effet de taille modérée pour les différences mélodiques. Ces progrès se démarquent de l'absence d'effet des ateliers Hauteur, et confirment l'intérêt de stimuler l'ajustement au rythme.

Cela pourrait s'expliquer par le fait que les compétences musicales étaient évaluées par un seul test (MBEMA), peut-être peu sensible aux progrès en cas de TDL. En effet, seul le versant perceptif était proposé, et cela à partir de décisions en choix forcé. Les compétences langagières étaient évaluées par un panel de tests offrant davantage d'occasions de relever des progrès, notamment en production. La modestie des progrès en musique doit donc être interprétée avec prudence, car la mesure effectuée n'était peut-être pas adaptée.

Il se peut aussi qu'une amélioration de compétences sous-jacentes déclenchée par l'entraînement demande plus de temps pour se traduire par des progrès en musique qu'en langage. Grâce aux prises en charge en orthophonie, les enfants sont dans une dynamique de progrès en langage, et une légère amélioration de compétences sous-jacentes pourrait suffire, en attention temporelle et en maintien de l'attention, pour une amélioration évidente en langage. Les patients découvrent tout juste que la musique s'analyse sur différents plans, et il faut sans doute plus de pratique musicale pour que des progrès soient mesurables dans ce domaine. Ainsi, après la prise en charge, le progrès se traduit sur le plan du langage avant celui de la musique. Prolonger l'entraînement musical conduirait peut-être à des progrès plus nets en musique.

4.5 Limites et perspectives

Comme souvent dans les expériences évaluant l'effet d'entraînements, la taille de l'échantillon est une limite pour la validité externe de l'étude et la puissance statistique est donc faible. Le design en *cross-over* est destiné à limiter ce problème, mais il serait souhaitable de répliquer l'expérience en incluant plus de participants. De plus, dans les tests de Wilcoxon, des valeurs *ex aequo* ou nulles réduisent la précision de calcul de la valeur de *p*. Le calcul systématique de la taille des effets a été de ce fait considéré comme prioritaire dans les interprétations (Ioannidis, 2018).

D'autre part, les évaluations ont été réalisées par l'une ou l'autre examinatrice, les enfants étant répartis aléatoirement. La batterie informatisée EVALEO 6-15 a été choisie

pour sa bonne fidélité inter-juges, critère important en ce contexte. D'autres épreuves non informatisées (ELDP, N-EEL, MBEMA) ont cependant pu être source de biais internes. Par exemple, l'épreuve de discrimination phonologique ELDP n'a pas fait l'objet d'études de fidélité, ni d'ailleurs de sensibilité et de validité. Toutefois, les épreuves de la N-EEL ne montrent pas d'effet test-retest.

Dans la perspective de poursuivre ce type d'étude d'évaluation d'un entraînement musical auprès de tels patients, le choix de certains tests pourrait être revu. Les fréquentes difficultés de compréhension des enfants avec TDL ont été un obstacle à l'épreuve de jugement de grammaticalité (EVALEO 6-15). Il serait intéressant de remplacer ce test par une évaluation de la morphosyntaxe en production grâce à l'élaboration de phrases de la CELF-5 par exemple. Des effets plafonds se sont produits dans les épreuves d'élision du phonème final et d'inversion syllabique, sans doute à cause de l'entraînement régulier des enfants à ce type de tâches à l'école et en rééducation orthophonique. De plus, les inversions syllabiques (N-EEL) n'impliquent que des frontières syllabiques simples (CV.CV) ; ainsi, un test avec des frontières syllabiques plus complexes (*e.g.*, "cactus") en cours d'étalonnage par l'équipe de Lyon, pourrait s'avérer plus sensible. Enfin, mesurer le temps de réalisation serait intéressant comme marqueur du coût cognitif de la réalisation de ces tâches.

Une fois l'évaluation de cet entraînement affinée par une étude complémentaire inspirée de cette étude pilote, et en tenant compte d'études similaires déjà conduites par les équipes encadrantes auprès d'enfants dyslexiques, l'objectif serait de proposer aux orthophonistes et professionnels de structures médico-éducatives, un dispositif clair, relativement bref, et intégrable dans le parcours de soins d'enfants présentant des difficultés de langage.

CONCLUSION

Cette étude a montré que des ateliers musicaux produisent des améliorations significatives dans les domaines langagiers (phonologie et morphosyntaxe), mais également en lecture et en attention chez des enfants atteints de TDL. Compte tenu de leur format court, ces ateliers pourraient être transposés en remédiation orthophonique, en conservant les deux composantes séparément pour être mieux maîtrisées (rythme et hauteur), car ces deux caractéristiques ont des effets complémentaires sur les compétences langagières et attentionnelles.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- 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*.
- Bedoin, N., Besombes, A.-M., Escande, E., Dumont, A., Lalitte, Ph. et Tillmann, B. (2018). Boosting syntax training with temporally regular musical primes in children with cochlear implants. *Annals of Physical and Rehabilitation Medicine*, *61*(6), 365-371.
- Besson, M., Schön, D., Moreno, S., Santos, A. et Magne, C. (2007). Influence of musical expertise and musical training on pitch processing in music and language. *Restorative Neurology and Neuroscience*, *25*(3-4), 399-410.
- Bishop, D. V. M., Snowling, M. J., Thompson, P. A. et Greenhalgh, T. (2017). Phase 2 of CATALISE: A multinational and multidisciplinary Delphi consensus study of problems with language development: Terminology. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, *58*(10), 1068-1080.
- Brickenkamp, R. (1969). *Manuel du test d2*. Bruxelles, Belgium: Editest.
- Canette, L.-H., Lalitte, P., Bedoin, N., Pineau, M., Bigand, E. et Tillmann, B. (2019). Rhythmic and textural musical sequences differently influence syntax and semantic processing in children. *Journal of Experimental Child Psychology*, *191*, 104711.
- Cason, N. et Schön, D. (2012). Rhythmic priming enhances the phonological processing of speech. *Neuropsychologia*, *50*(11), 2652-2658.
- Cason, N., Astésano, C. et Schön, D. (2015). Bridging music and speech rhythm: Rhythmic priming and audio-motor training affect speech perception. *Acta Psychologica*, *155*, 43-50.
- Chern, A., Tillmann, 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.
- Chevrie-Muller, C. et Plaza, M. (2001). N-EEL. *Nouvelles épreuves pour l'examen du langage*. Paris, France : Editions du Centre de Psychologie Appliquée.
- Corriveau, K. H. et Goswami, U. (2009). Rhythmic motor entrainment in children with speech and language impairments: Tapping to the beat. *Cortex*, *45*(1), 119-130.
- Flaugnacco, E., Lopez, L., Terribili, C., Montico, M., Zoia, S. et Schön, D. (2015). Music training increases phonological awareness and reading skills in developmental dyslexia: A randomized control trial. *PLoS One*, *10*(9), e0138715.

- Goswami, U. (2011). A temporal sampling framework for developmental dyslexia. *Trends in Cognitive Sciences*, 15(1), 3-10.
- Ioannidis, J. P. (2018). The proposal to lower P value thresholds to .005. *Jama*, 319(14), 1429-1430.
- Jones, M. R. (1976). Time, our lost dimension: Toward a new theory of perception, attention, and memory. *Psychological Review*, 83(5), 323-355.
- Krzemien, M., Thibaut, J.-P. et Maillart, C. (2020). How language and inhibition influence analogical reasoning in children with or without developmental language disorder? *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology*, 42(1), 76-89.
- Launay, L., Maeder, C., Roustit, J. et Touzin, M. (2018). *EVALEO 6-15*. Ortho édition.
- Macchi, L., Vansteene, C., Timmermans, N. et Boidein, F. (2013). Epreuve lilloise de discrimination phonologique (ELDP) : présentation et illustration par deux études de cas cliniques. *Les Cahiers de l'ASELF*, 10(3).
- Moreno, S. (2009). Can music influence language and cognition? *Contemporary Music Review*, 28(3), 329-345.
- Overy, K. (2003). Dyslexia and music: From timing deficits to musical intervention. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 999(1), 497-505.
- Peretz, I., Gosselin, N., Nan, Y., Caron-Caplette, E., Trehub, S. E. et Béland, R. (2013). A novel tool for evaluating children's musical abilities across age and culture. *Frontiers in Systems Neuroscience*, 7, 30.
- Przybylski, L., Bedoin, N., Krifi-Papoz, S., Herbillon, V., Roch, D., Léculier, L., Kotz, S. A. et Tillmann, B. (2013). Rhythmic auditory stimulation influences syntactic processing in children with developmental language disorders. *Neuropsychology*, 27(1), 121-131.
- Thomson, J. M., Leong, V. et Goswami, U. (2013). Auditory processing interventions and developmental dyslexia: a comparison of phonemic and rhythmic approaches. *Reading and Writing*, 26(2), 139-161.

ANNEXES

Annexe A. Tableau récapitulatif des épreuves de test utilisées

PHONOLOGIE

Discrimination phonologique (EDLP) : juger si 2 logatomes entendus sont les mêmes, 36 paires à débit rapide

Épiphonologie (EVALEO 6-15) : dans une liste de 3 mots entendus, détecter si un phonème cible est présent dans au moins un mot

Epiphonologie (N-EEL) : inversion syllabique de 10 items dissyllabiques

Métaphonologie (N-EEL) : élision de phonème initial (12 items) et de phonème final (12 items)

Reconnaissance et programmation phonologiques (EVALEO 6-15) : répétition de pseudo-mots (20 items)

MORPHOSYNTAXE

Jugement de grammaticalité (EVALEO 6-15) : 16 phrases pré-enregistrées de plus en plus complexes

Répétition de phrases (EVALEO 6-15) : 15 phrases de longueur croissante

LECTURE

Lecture de mots en 2 minutes (EVALEO 6-15)

PERCEPTION MUSICALE

Mélodie et rythme (MBEMA) : détecter s'il existe une différence mélodique ou rythmique entre 2 courtes séquences entendues l'une à la suite de l'autre : 20 paires pour les différences mélodiques et 20 paires pour les différences rythmiques

ATTENTION

Test de barrage d2 (maintien de l'attention)

ANNEXE B. Descriptif des ateliers musicaux

Précautions générales dans le contexte sanitaire du covid-19 :

- Les encadrants sont masqués.
- La pièce a été aérée au moins 20 minutes avant la séance, et 20 minutes après.
- Lavage des mains des enfants et encadrants avant la séance.
- Aussi peu de contacts que possible entre les enfants.
- Les enfants sont assis sur le sol, à distance les uns des autres pour limiter les contacts.
- Chaque enfant a son propre instrument de musique (*e.g.* tambourin et mailloche) pendant toute la séance.
- Tous les instruments sont désinfectés avant et après chaque séance, puis stockés dans une salle à l'écart des contacts.
- Pas de contact d'un même instrument (ou partie d'instrument) par plusieurs enfants pendant une séance, ou bien désinfection de l'instrument après contact. Pour le piano et les cloches : avant de les toucher l'enfant se désinfecte les mains au gel hydroalcoolique, l'encadrant nettoie les instruments avec une lingette après utilisation.

I. Ateliers Hauteur

Séance 1 : Découvrir le grave et l'aigu

- Différencier grave/aigu

Ecouter un tigre rugir (son grave) et un coq chanter (son aigu), ces deux animaux seront les références pour la discrimination de hauteur (installation du rituel).

Ecouter : un paquebot, une alarme, une vache, un téléphone, une contrebasse, un moine tibétain, une chanteuse d'opéra.

=> matériel : ordinateur, sons préenregistrés

- Coder un son grave/aigu

Reprendre les référents tigre/coq, décider d'un codage gestuel pour montrer aigu/grave (proposition du bras levé et baissé)

- Comparer 2 sons

- Dos au piano, les enfants doivent deviner parmi 2 notes (puis 2 groupes de notes jouées successivement : 2 ou 3 maxi) quelle est la plus aiguë/grave.

Écart important (au moins une octave) entre les deux groupes de notes au début, pour comprendre la tâche, et réduction de l'écart en fonction des bonnes réponses jusqu'à une différence de 2 tons.

- Proposer à un enfant de venir jouer 2 notes et les autres doivent dire quelle est la plus aiguë ou grave.

- Comparer 2 trajets mélodiques

Des trajets mélodiques (gamme de do majeur) sont joués au piano (montant vers aigu ou descendant vers grave), les enfants indiquent par un geste du bras si la mélodie monte ou descend.

- Produire une mélodie montante ou descendante

- L'intervenant invite les enfants à produire une sirène avec leur voix. Une première sirène du médium vers le grave, puis du médium vers l'aigu, et enfin de l'aigu vers le grave, en insistant sur la continuité entre le début et la fin de la modulation.

- Un chef d'orchestre (l'intervenant puis un enfant) demande d'effectuer une sirène montante ou descendante aux autres, en mimant les trajets mélodiques avec ses bras.

Séance 2 : Sélectionner et discriminer la mélodie.

- *Rituel : distinction grave/aigu*

Reprendre les référents : coq/tigre

- *Discriminer la mélodie*

Reprise de l'activité de la séance 1 : comparer 2 groupes de notes.

Augmentation de la difficulté au fil des essais en réduisant petit à petit les intervalles. D'abord avec le piano, puis avec la flûte à bec.

- *Produire des variations : grave/aigu*

Reprise des sirènes et du jeu du chef d'orchestre.

- *Produire une mélodie montante ou descendante*

Jeu « Trouve le trésor » : un enfant volontaire sort, pendant que les autres enfants cachent un jouet. L'enfant revient ensuite et il est guidé dans la pièce avec des sirènes du plus grave (si l'enfant est loin) au plus aigu (s'il s'approche du jouet).

Séance 3 : Comprendre les différences de hauteurs

- *Rituel : distinction grave/aigu*

- *Ranger du plus grave au plus aigu*

8 cloches sont disposées au sol : les enfants vont les remettre dans l'ordre de la plus grave à la plus aiguë, en les comparant successivement. A la fin du jeu, l'encadrant faisait sonner les cloches une par une dans l'ordre pour que les enfants vérifient si une erreur s'est glissée dans la sériation.

- *Ajuster une hauteur*

Accorder la guitare : l'intervenant présente une guitare désaccordée aux enfants, qui doivent à l'oreille essayer d'estimer le moment où la corde sonne juste (selon le son-cible donné à entendre au piano). Chaque enfant accorde une corde différente de la guitare.

Séance 4 : Discriminer des mélodies et différencier des hauteurs

- *Rituel : distinction grave/aigu*

- *Ajuster une hauteur*

Reprise de l'activité : accorder la guitare

- *Discriminer et classer des sons*

Human Xylophone : 6 cloches sont distribuées aux enfants. Ils comparent le son de leur cloche avec celle des autres en se rapprochant d'eux dans la pièce et décident, à chaque rencontre, qui a la cloche la plus aiguë/la plus grave. Puis on fait sonner toutes les cloches une par une pour vérification.

- *Produire une mélodie montante ou descendante*

Reprise du jeu « Trouve le trésor ».

Séance 5 : Création et reproduction de mélodies

- *Rituel : distinction grave/aigu*

- *Discriminer et classer des sons*

Reprise de l'activité : *Human Xylophone*

- *Création et reproduction de mélodies*

→ Répartition des enfants en 2 groupes de 3, et un encadrant par groupe. Le 1er groupe se place au piano, le 2ème devant les cloches.

→ Le 1er groupe crée une courte mélodie de 3 notes. L'autre groupe doit tenter de reproduire la mélodie sur son instrument. Puis on inverse.

Les enfants essaient les 2 types d'instruments.

Séance 6 : Synthèse de l'atelier hauteur

Lors de cette dernière séance les enfants sont invités à voter pour une activité qu'ils souhaitent refaire, 3 activités sont choisies pour construire cette séance.

II. Ateliers Rythme

Séance 1 : Découvrir la pulsation

- Utiliser le rythme pour se présenter

Name Game : installation du rituel. Chaque participant dit bonjour en s'adressant à une personne du groupe et en tapant chaque syllabe dans ses mains « Bon/jour/ Na/tha/lie ».

- Découvrir et définir la pulsation

Faire réaliser aux enfants que le rythme et la pulsation se retrouvent dans le corps et dans les mouvements (Ressenti des battements de cœur, applaudissements qui se synchronisent d'eux-mêmes...).

- Synchroniser son mouvement à la pulsation

Les enfants sont invités à se lever pour essayer de marcher tous ensemble sur un rythme donné par l'encadrant en tapant des mains, en utilisant le tambourin et le djembé.

- Taper la pulsation de différents morceaux

Les enfants sont debout, en cercle. L'encadrant fait entendre des musiques bien rythmées et entraîne les enfants à taper ensemble la pulsation avec lui sur la musique, puis sans lui. Les enfants ont le choix de taper dans leurs mains ou de taper des pieds.

Auteur- compositeur	Titre	Pulsation (battements /min)
Daft Punk	Get lucky	116
Queen	We will rock you	80
Klaus Badelt et Hans Zimmer	Pirate des Caraïbes	74
Yann Tiersen	Valse d'Amélie Poulain	65

Séance 2 : Jouer le rythme et le discriminer

- Rituel : utiliser le rythme pour se présenter

Name Game.

- Se synchroniser avec une pulsation ou un rythme donné

Pulsation avec le djembé : les enfants sont assis par terre et doivent se synchroniser avec la pulsation donnée par l'encadrant au djembé, en tapant dans leurs mains.

- Produire et contrôler le rythme

Spot the difference : un tambourin avec une mailloche par personne, les enfants sont assis en rond. On désigne un "chef d'orchestre" parmi eux, qui exécute un rythme, qui doit être répété par chacun des autres enfants à tour de rôle. Un encadrant sera le premier chef d'orchestre.

- Mettre en lien le rythme et le langage

Pass the beater : l'encadrant tape une pulsation régulière sur le djembé. Les enfants sont assis en rond. L'exercice demande de donner un tube à son voisin en rythme avec la phrase "passe le bâton". La consigne est que le bâton arrive dans la main du voisin au moment du mot "passe". Tous les enfants chantent "passe le bâton" en rythme avec le djembé. L'exercice est fait à vitesse moyenne, puis rapide, puis lente. Ensuite, en accélérant progressivement.

Séance 3 : Produire des rythmes

- Rituel : utiliser le rythme pour se présenter

Name Game

- Se synchroniser avec une pulsation en utilisant son corps

Clap : tout le groupe se met en cercle, assis par terre, en joignant les mains de manière à former une "bouche de crocodile", une main au-dessus de l'autre. Les enfants doivent bien regarder les mains de l'encadrant et être très attentifs au moment où il décide de réaliser un clap. Les enfants doivent essayer de le faire exactement en même temps.

- Produire des rythmes typiques de la beat box

L'encadrant présente 3 techniques de production de bruit typique de *beat box*, avec explications, étape par étape. (P; K; TS). Après chaque explication, les enfants essaient à tour de rôle. Puis on associe les 3 techniques avec les phrases "biscotte, petite biscotte" et/ou "petit hippocampe" et/ou "tic auto tic automatique".

Séance 4 : S'adapter au rythme et le contrôler

- Rituel : utiliser le rythme pour se présenter

Name Game

- Se synchroniser avec la pulsation sur des rythmes variés et plus complexes

Pulsation plus complexe avec le djembé : une pulsation sur 4 temps est donnée oralement par l'encadrant. Les enfants tapent dans les mains uniquement quand il arrive sur le "1". Puis l'encadrant arrête et change la consigne: les enfants doivent taper sur le "3". Puis arrêt et indication de taper sur le "2". Ensuite, ils doivent taper en continu en restant attentifs aux changements de consignes indiqués par l'encadrant, sans que les battements s'arrêtent. Les changements de consignes deviennent plus fréquents jusqu'à taper sur 2 des 4 temps au cours d'un même essai. Le groupe est ensuite séparé en deux: un qui tape sur "1" et "2", et l'autre sur "3 et "4". Puis ils se rejoignent physiquement pour appliquer leur consigne (différente) : ils sont alors attentifs à leur consigne en présence de fortes distractions. Enfin, les enfants essaient tous de taper sur le premier temps sans point de repère vocal de l'encadrant.

- Produire des rythmes typiques de la beat box

Reprise de l'activité de la séance 3.

Séance 5 : Reproduire des rythmiques corporelles

- Rituel : utiliser le rythme pour se présenter

Name Game

- Reproduire des rythmiques corporelles

Rythmique corporelle: les enfants doivent reproduire des séquences de rythme proposées par l'encadrant sur leur corps.

-1 cuisse-2 cuisses-Torse-Torse-2 mains : trouver la pulsation sur cette rythmique. Un par un puis tous ensemble. Les enfants sont assis en cercle.

- Main-pied-main-main-main-main-pied en se déplaçant. Les enfants sont debout.

- Rythmique en 3 temps: cuisse-cuisse-main.

- Associer les rythmes de la beat box aux mouvements corporels

Beat box: Les enfants sont debout.

- Sur la base de la rythmique précédente "P K PP PP K", reliée aux mouvements main-pied-main-main-main-main-pied

- Les enfants essaient de tenir 4 temps chacun en essayant d'être le plus régulier possible. L'encadrant donne le tempo.

- Produire un rythme rapide ou lent

Jeu « Trouve le trésor » : un enfant volontaire sort, pendant que les autres enfants cachent un jouet. L'enfant revient ensuite et il est guidé dans la pièce par des rythmes du plus lent (si l'enfant est loin) au plus rapide (s'il s'approche du jouet). Le guide tape dans ses mains ou sur un tambourin.

Séance 6 : Synthèse de l'atelier rythme

Lors de cette dernière séance les enfants sont invités à voter pour une activité qu'ils souhaitent refaire, 3 activités sont choisies pour construire cette séance.

Remédiation phonologique et morphosyntaxique par la musique : enfants avec Trouble Dévelopmental du Langage (TDL)

Objectif : Cette étude propose une remédiation en musique, basée sur le rythme et la hauteur, pour améliorer les compétences langagières d'enfants de 7 à 12 ans avec TDL, et compare l'effet spécifique des deux ateliers (rythme *vs.* hauteur). **Méthode :** L'expérience, conduite en *cross-over*, consistait pour deux groupes de six patients, à suivre un entraînement de 12 séances de 45 minutes basé sur le rythme et la hauteur, en ordre contrebalancé. **Résultats :** Des progrès en conscience phonologique et en morphosyntaxe sont relevés, ainsi qu'un transfert vers des compétences en lecture de mots et en maintien de l'attention, avec des effets spécifiquement liés aux ateliers rythme ou hauteur. De plus, les résultats confirment l'extension des bénéfices attendus aux traitements attentionnels non linguistiques. **Conclusion :** Ces ateliers pourraient être transposés en remédiation orthophonique, en conservant les composantes rythme et hauteur pour leurs effets complémentaires sur les compétences langagières et attentionnelles.

Mots-clés : Trouble Dévelopmental du Langage (TDL) - Entraînement musical - Phonologie - Morphosyntaxe – Orthophonie

Objective: This study proposes a music-based remediation based on rhythm and pitch to improve the linguistic skills of children between 7 and 12 years of age with DLD, and compares the specific effect of the two workshops (rhythm *vs.* pitch). **Method:** The experiment lead in *cross-over*, for two groups of six patients, consisted in following a program of 12 sessions of 45 minutes based on the rhythm and the pitch, in counterbalanced order. **Results:** Progresses in phonological awareness and in morphosyntax are noticed, as well as a transfer towards the skills in reading words and in maintaining attention. Furthermore, the significant effects of the rhythm workshops on attentional skills confirm the extension of expected benefits onto non-linguistic attentional treatments. **Conclusion:** These workshops could be transposed to speech therapy remediation, keeping the rhythm and pitch components for their complementary effects on language and attentional skills.

Key words: Developmental Language Disorder (DLD) – Musical Program – Phonology – Morphosyntax – Speech Therapy

18 pages et 5 pages d'annexe – 23 références bibliographiques.