



HAL
open science

Amorçage rythmique : renforcement d'un entraînement morphosyntaxique et transfert à l'attention soutenue d'enfants TDL

Ophélie Benhaïm

► **To cite this version:**

Ophélie Benhaïm. Amorçage rythmique : renforcement d'un entraînement morphosyntaxique et transfert à l'attention soutenue d'enfants TDL. Sciences cognitives. 2020. dumas-02948241

HAL Id: dumas-02948241

<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-02948241>

Submitted on 24 Sep 2020

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
SORBONNE UNIVERSITÉ
MÉMOIRE POUR LE CERTIFICAT DE CAPACITÉ
D'ORTHOPHONISTE

**Amorçage rythmique : renforcement d'un entraînement
morphosyntaxique et transfert à l'attention soutenue
d'enfants TDL**

Dirigé par : Nathalie BEDOIN et Didier ROCH

ANNÉE UNIVERSITAIRE 2019-2020

BENHAÏM

Ophélie

Remerciements :

Je tiens à exprimer ma reconnaissance à Nathalie BEDOIN pour sa grande disponibilité, et pour avoir su m'accompagner et m'éclairer par son expertise.

Merci à Didier ROCH de m'avoir permis d'intervenir auprès des enfants de l'IME.

Ma reconnaissance va également à toute l'équipe de l'IME Franchemont de Champigny-sur-Marne pour son accueil chaleureux, et plus particulièrement aux orthophonistes et enseignants pour s'être adaptés avec beaucoup de souplesse pour rendre mes passations possibles.

Je remercie Carole VARIN, orthophoniste, pour s'être intéressée avec bienveillance à cette étude, et pour m'avoir ouvert les portes du Centre des Troubles des Apprentissages du Kremlin-Bicêtre. Je remercie également toute la structure de m'avoir reçue.

Merci à Barbara qui, dans le cadre de son mémoire, a partagé la réalisation de ces passations avec moi.

Mes remerciements vont aussi à Anne CACLIN pour avoir accepté d'être rapporteuse de ce mémoire.

J'ai une pensée toute particulière pour les enfants qui ont participé à cette étude en suivant les séances avec autant de volonté.

Je remercie plus personnellement mes parents pour leur présence et leur soutien matériel durant ces cinq années d'études, et pour m'avoir donné la force d'en arriver là aujourd'hui !
Merci à mes frères qui m'ont soutenue en croyant en moi depuis le début. Enfin, je remercie Yannick pour sa patience et son soutien sans failles pendant toutes ces années d'études.
Merci de les avoir rendues plus belles, et inoubliables.

Attestation de non-plagiat :

Je soussignée Ophélie BENHAÏM, 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 :

Table des illustrations :

- 1) **Figure 1.** Performances des enfants en écarts-types à la norme dans les épreuves de grammaire d'Exalang en production (Complétion de Phrases et Complétion Imagée) et en réception (Compréhension de Phrases et Jugement Morphosyntaxique) selon l'étape (avant, après l'entraînement) et le contenu des amorces lors des entraînements page 10
- 2) **Figure 2.** Sensibilité aux erreurs de grammaire (*d'*) en note brute dans l'épreuve de jugement grammatical GrammaJuge selon l'étape (avant, après l'entraînement) et le contenu des amorces lors des entraînements.....page 10
- 3) **Figure 3.** Vitesse de traitement (GZ) en note brute dans le test d2 selon l'étape (avant, après entraînement) et le contenu des amorces lors des entraînements..... page 12
- 4) **Figure 4.** Nombre de cibles correctement traitées (CCT) et capacité de concentration (CC) en percentiles dans le test d2 selon l'étape (avant, après entraînement) et le contenu des amorces lors des entraînements.....page 12
- 5) **Figure 5.** Pourcentage d'erreurs dans les 3 tiers du test d2 selon l'étape (avant, après l'entraînement) et le contenu des amorces lors des entraînements..... page 12

Résumé :

But. Cette étude teste si l'effet bénéfique d'une série d'exercices de morphosyntaxe est renforcé par des amorces auditives rythmiques plutôt que non-rythmiques précédant chaque exercice chez des enfants TDL. **Méthode.** Dix enfants TDL ont été intégrés dans un protocole en *cross-over*. Ils ont été répartis en deux groupes de cinq. Un groupe suivait un programme d'exercices de morphosyntaxe combinés à des amorces rythmiques (condition Rythme, R, total 3h30), l'autre groupe suivait le même programme combiné à des amorces auditives neutres (condition Bruit, B, total 3h30). Après une période de *wash-out*, la seconde phase du programme offrait de nouveaux exercices de morphosyntaxe en inversant les conditions d'amorçage entre les groupes. Les compétences morphosyntaxiques et attentionnelles des participants ont été évaluées avant la première série de séances, après celle-ci, et après la deuxième série de séances. **Résultats.** L'analyse des performances entre les étapes pré- et post-entraînement pour chaque condition montre que l'entraînement est non seulement globalement bénéfique, mais aussi que la compréhension morphosyntaxique et l'attention soutenue s'améliorent significativement seulement après la condition R. **Conclusion.** En cas de troubles sévères en morphosyntaxe chez l'enfant, un entraînement ciblant ces compétences devient plus efficace si une stimulation préalable de l'attention temporelle est suscitée par l'écoute d'une musique rythmée. L'implication de l'attention temporelle dans cet effet est corroborée par le transfert de bénéfice observé dans une épreuve sollicitant cette attention de manière soutenue. La petite taille de l'échantillon incite à une interprétation prudente, mais les résultats répliquent ceux obtenus chez des enfants malentendants.

Mots-clés : Trouble Développementale du Langage – amorçage rythmique – morphosyntaxe – attention temporelle - entraînement

Abstract :

Goal. This study assessed whether the beneficial effect of a morphosyntax training program is enhanced in DLD children by rhythmic rather than non-rhythmic auditory primes displayed before each exercise. **Method.** Ten DLD children were integrated into a cross-over designed experiment, then divided into two groups of five. One group followed a program of morphosyntax exercises (3,5 hours) combined with rhythmic auditory primes (rhythmic condition, R), while the other group followed the same program combined with neutral auditory primes (basic noise condition, B). After a wash-out period, the second phase of the program offered new morphosyntax exercises (3,5 hours) and the priming conditions were reversed between the groups. Morphosyntactic and attentional skills were assessed before the first series of sessions (T0), then after them (T1), and finally after the second series of sessions (T2). **Results.** Data analysis comparing pre- and post-training stages for each training condition not only showed that children exhibited better performance after training specifically in morphosyntactic perception and production tests, but also that morphosyntactic understanding and sustained attention improved significantly only after the rhythmic training condition R. **Conclusion.** In case of severe morphosyntax disorders in children, training targeting grammatical skills can be more effective if prior stimulation of temporal attention is elicited by listening to rhythmic music. The involvement of temporal attention in this effect is corroborated by the transfer of benefit observed mainly at the end of a difficult visual barrage test requiring sustained attention. The small sample size calls for careful interpretation, but the results replicate those obtained in hearing-impaired children.

Keywords : Developmental Language Disorder – rhythm priming – morphosyntax – temporal attention – training

1. INTRODUCTION

Le Trouble Développementale du Langage (TDL), terminologie ayant fait l'objet d'un consortium international récent, est un trouble sévère et de pronostic pauvre (Bishop *et al.*, 2017). Parmi les domaines langagiers altérés dans le TDL, les déficits touchant la morphosyntaxe sont les plus systématiques, affectant la production et la compréhension des structures linguistiques complexes. Les enfants TDL présentent également des déficits d'attention soutenue, tant en modalité auditive que visuelle (Ebert & Kohnert, 2014). En outre, des recherches montrent que les enfants TDL présentent des difficultés de perception du rythme musical (Corriveau & Goswami, 2009). La théorie de l'Attention Dynamique (*Dynamic Attending Theory, DAT*, Jones, 2002) offre un cadre dans lequel le traitement du rythme, reflet des compétences en attention temporelle, peut être conçu comme un point commun entre le traitement du langage et de la musique. La distribution des ressources attentionnelles, dirigée par l'activité oscillatoire cérébrale, tendrait à se synchroniser au rythme de l'information externe pour segmenter le signal, l'analyser à plusieurs échelles et générer des anticipations, qu'il s'agisse de musique ou de langage. Cette synchronisation de l'attention au signal externe, défaillante en cas de TDL comme le suggèrent des données en imagerie fonctionnelle (Fiveash *et al.*, 2020), mais aussi plus simplement leurs difficultés à traiter le rythme, entraverait la séquenciation du signal de parole en unités par exemple syllabiques ou prosodiques importantes pour la morphosyntaxe (Goswami, 2011). Par son rythme plus saillant et régulier, un amorçage musical est susceptible d'entraîner l'attention dynamique, ce qui pourrait être efficace si son rythme est choisi pour optimiser l'analyse de la parole chez des enfants avec TDL. C'est pourquoi Goswami, par son cadre de réflexion sur l'échantillonnage temporel (*Temporal Sampling Framework*, 2011), encourage les remédiations du langage par la musique. Soutenant l'implication d'une nature temporelle et amodale des mécanismes d'attention ainsi renforcés, elle suggère même la possibilité d'une amélioration du traitement séquentiel d'informations visuelles par le biais du rythme. Son hypothèse est fructueuse, car une aide immédiate est apportée à des enfants TDL par une amorce rythmique régulière, plutôt que non-rythmique, pour juger de la grammaticalité d'un énoncé (Bedoin, Brisseau, Molinier, Roch, & Tillmann, 2016). Une expérience en amorçage utilise ce principe en situation de rééducation orthophonique chez des enfants sourds implantés (Bedoin *et al.*, 2018). Elle a montré qu'une amorce rythmique régulière augmentait l'impact positif d'exercices de morphosyntaxe dans un programme de plusieurs semaines, avec un effet cette fois à plus long terme sur les compétences grammaticales et un transfert

positif à l'attention soutenue dans une tâche d'analyse visuelle séquentielle pourtant non entraînée explicitement.

Nous tentons dans la présente étude de répliquer de tels effets chez des enfants TDL, encore plus déficitaires en grammaire, au moyen d'un programme d'entraînement composé d'exercices de morphosyntaxe amorcés soit par des séquences rythmiques très régulières avec une pulsation saillante à 2 Hz, soit par des amorces neutres sans rythmicité. Nous émettons l'hypothèse que l'entraînement couplé au rythme censé renforcer favorablement l'attention temporelle, devrait montrer : 1) un effet positif plus intense des exercices que l'entraînement associé à des amorces non rythmiques, 2) un transfert des effets du rythme sur une compétence non langagière : le maintien du contrôle du déplacement de l'attention visuelle. Des épreuves de mémoire sont aussi administrées comme épreuves contrôles, pour lesquelles aucun progrès n'est attendu.

2. METHODE

2.1. Participants

Après validation de notre projet par la CNIL, nous avons pris contact avec différents Centres sensibles à la thématique de cette recherche. A la suite de cette démarche, et après recueil du consentement rempli et signé des parents, nous avons sélectionné dix enfants (quatre filles, six garçons) atteints de TDL : six à l'Institut Médico-Educatif (IME) du Centre Franchemont de Champigny-sur-Marne et quatre au Centre Référent des Troubles des Apprentissages (CERTA) du Kremlin-Bicêtre. Ils avaient entre 8 ans 11 mois à 10 ans 8 mois.

Les participants devaient répondre à plusieurs critères d'inclusion : être de langue maternelle française, présenter un TDL diagnostiqué selon les recommandations officielles (Bishop *et al.*, 2017) ainsi qu'un niveau déficitaire en morphosyntaxe objectivé par des résultats altérés (inférieurs à -1,65 écart-type) dans des tests de production et de compréhension morphosyntaxiques, être suivis en orthophonie, et être âgés de 8 à 11 ans. Le critère d'âge permettait de constituer un échantillon assez homogène pour proposer les mêmes exercices de morphosyntaxe à tous les enfants.

Pour participer, ces enfants devaient échapper aux critères d'exclusion. Ils ne devaient pas présenter de handicap auditif associé au TDL afin que l'écoute des amorces ne soit pas entravée, ni de déficience visuelle non corrigée ou de handicap neurovisuel (e.g., hémimégligence) pouvant réduire les performances en attention visuelle soutenue. Ils ne devaient pas non plus être porteurs d'un Trouble de l'Attention avec/sans Hyperactivité (TDA/H) pouvant interférer dans les tests attentionnels ou nuire à leur capacité à suivre un

entraînement intensif. Les enfants présentant un Trouble Oppositionnel avec Provocation (TOP) n'étaient pas non plus sélectionnés. L'absence de motivation ou d'envie de suivre un tel entraînement en plus des rééducations habituelles, évaluée qualitativement à partir de ce qui nous était rapporté par les professionnels travaillant avec ces enfants, était aussi un critère d'exclusion. Enfin, les enfants ayant déjà eu une rééducation orthophonique fondée sur le rythme ou pratiquant une activité musicale extra-scolaire n'étaient pas retenus.

2.2. Matériel

2.2.1. Matériel pour l'entraînement

2.2.1.1. Matériel des exercices. Les séances d'entraînement ont été élaborées pour que le niveau d'exigence des exercices soit cohérent avec les difficultés objectivées par les bilans initiaux des participants (T0). Pour les 16 séances, le matériel a été élaboré par nos soins, ou sélectionné parmi des jeux et exercices orthophoniques disponibles dans le commerce, notamment *Syntaxi-kit* (Mot à mot Editions), *Je te dis, tu me dis* (Ortho Edition), *C'est dans l'image* (AlphaJeux), le *Bingo des pronoms compléments* (Editions Passe-Temps). Il ne s'agissait pas de matériel informatisé. Les exercices ont été choisis pour que chaque séance cible une compétence morphosyntaxique, sur les versants réceptif et expressif, en favorisant des contextes ludiques et écologiques comme des activités fonctionnelles encourageant l'enfant à formuler des demandes et des réponses au moyen de phrases ciblant l'aspect morphosyntaxique entraîné, des jeux de dés, des dominos ou des lotos. Les aspects morphosyntaxiques travaillés étaient le genre des noms, les pronoms personnels sujets, les temps primaires (passé-présent-futur), les flexions verbales de nombre, les flexions verbales avec *nous* et *vous*, les flexions adjectivales de genre, les pronoms COD et les pronoms COI.

2.2.1.2. Matériel sonore pour amorcer les exercices. Les amorces de 30 secondes qui précédaient chaque exercice dans la séance étaient de deux types, mais normalisées en intensité pour être comparables :

- Des amorces musicales (4 par séance) dotées d'un rythme régulier pour la condition R (Rythme). Leur pulsation était à 2 Hz, toujours saillante et parfaitement régulière. Les instruments étaient des percussions afin de limiter la mélodie et de faire ressortir la dimension rythmique. Il s'agissait des amorces régulières utilisées dans les études de Przybylski *et al.* (2013) et de Bedoin *et al.* (2018), composées par Ph. Lalitte.

- Des amorces neutres (4 par séance) sans rythmicité pour la condition B (Bruit). Elles ne contenaient pas de parole, aucun son régulier (e.g., pas de chants d'oiseau ni de bruit de vagues) et leur contenu n'était pas stressant. Il s'agissait de bruits de l'environnement

courant tels que des bruits de cantine, d'aire de jeu, de camping, etc. Ils étaient principalement issus du site *sound fishing* (<https://www.sound-fishing.net/>) et étaient libres de droit.

Les amorces déclenchées à partir d'un ordinateur étaient diffusées dans un casque audio. Pour limiter la lassitude, elles étaient toutes différentes entre elles dans une séance.

2.2.2. Matériel pour les évaluations (T0, T1 et T2).

Les évaluations étaient basées sur une série de tests associés à des normes et pour la plupart informatisés, et sur des épreuves expérimentales en cours d'étalonnage par N. Bedoin (CRNL, Lyon).

2.2.2.1. Morphosyntaxe en expression. La morphosyntaxe sur le plan expressif était évaluée par deux tests d'EXALANG 8-11 :

- La complétion de phrases : l'enfant devait compléter oralement 12 débuts de phrases entendues, diffusées par le logiciel. L'item était réussi si l'enfant prononçait une cible grammaticale attendue (e.g., passé composé) avec une construction correcte.

- La complétion imagée : 14 débuts de phrase diffusés par le logiciel étaient entendus et chacun était accompagné d'une séquence d'images qui l'illustrait. Les enfants devaient compléter la phrase sans imaginer librement, en verbalisant la cible grammaticale attendue sur la base de l'image. L'item était réussi s'il prononçait la cible attendue avec une syntaxe correcte.

2.2.2.2. Morphosyntaxe en perception. Les compétences morphosyntaxiques sur le versant réceptif étaient évaluées par deux épreuves d'EXALANG 8-11 et une épreuve expérimentale :

- **Compréhension de phrases** (EXALANG 8-11) : l'enfant entendait 16 phrases ciblant chacune une ou plusieurs structures syntaxiques (e.g., flexions verbales plurielles), puis il devait l'illustrer en choisissant les bonnes images parmi celles proposées à l'écran (personnes et/ou objets) et les déplacer au bon endroit sur l'écran. L'enfant avait droit à deux écoutes par phrase.

- **Jugement morphosyntaxique** (EXALANG 8-11) : l'enfant écoutait 12 phrases comportant chacune une erreur de grammaire qu'il devait repérer et corriger. Les items étaient cotés 1 point si l'erreur était repérée mais incorrectement corrigée, et 2 points lorsqu'elle était repérée et correctement corrigée. Le nombre d'écoutes était illimité pour chaque phrase.

- ***Epreuve expérimentale de jugement grammatical de phrases (Grammajuge).***

L'enfant entendait des phrases une à une dans un casque audio, 50% étaient grammaticalement correctes et les autres comportaient une erreur de grammaire (essentiellement des fautes d'accord en genre, nombre, personne) et leur ordre était aléatoire. L'enfant répondait oralement si la phrase était acceptable pour la grammaire et l'examinatrice déclenchait ensuite la diffusion de la phrase suivante. Contrairement à l'épreuve d'EXALANG, l'enfant ne devait pas corriger l'erreur. Les phrases étaient celles de l'expérience de Bedoin *et al.* (2016), mais présentées sans amorce avant chaque bloc de six phrases comme c'était le cas dans l'expérience. A partir des listes de l'expérience initiale dans lesquelles l'équilibre était assuré sur différents paramètres (longueur en mots, en syllabes, fréquence des mots) entre les phrases correctes et incorrectes (e.g., Ces instruments sont en bois. », vs « Ces maisons sommes très belles. »), mais aussi entre deux jeux de listes, nous avons élaboré 3 listes de 48 phrases (24 correctes, 24 incorrectes) comparables. Une liste différente a ainsi pu être utilisée à chacune des trois évaluations. Les performances étaient évaluées avec l'indice de sensibilité d' (z (hits) – z (FA)), prenant en compte les détections correctes (hits) et les fausses alarmes (FA : erreurs où une phrase correcte est jugée à tort comme incorrecte).

2.2.2.3. *Maintien de l'attention focalisée dans une tâche séquentielle visuelle.* L'attention soutenue et focalisée était évaluée en vision par le test du d2 (Brickenkamp, 1998). L'étude des qualités psychométriques de ce test rapide a montré qu'il était non seulement fiable mais aussi fidèle, permettant des passations multiples. Sur une feuille contenant 14 lignes de 47 caractères ordonnés de façon aléatoire, les enfants devaient repérer toutes les lettres « d » en script accompagnées de deux traits (les deux en-dessous ou au-dessus de la lettre, ou l'un au-dessus et l'autre en-dessous). Les autres caractères étaient des distracteurs visuels comme un « d » accompagné d'un ou de trois traits, ou un « p » au lieu du « d » (annexe A). Les enfants devaient barrer les cibles le plus rapidement possible et sans faire d'erreurs en suivant le sens de la lecture, et changer de ligne à notre signal (toutes les 20 secondes). Les performances étaient évaluées selon plusieurs indices, certains étaient issus de la version initiale (Brickenkamp, 1998), d'autres de la version révisée (Brickenkamp, Liepman, & Schmidt, 2015). Seuls les deux premiers indices viennent de la version de 1998.

- **GZ : indice de performance quantitative**, calculé comme le nombre de caractères traités, que ce soit des cibles ou non. GZ évalue le rythme de réalisation de la tâche.

- **F% : indice de performance qualitative**, calculé à partir de la somme des erreurs (omissions et fausses-alarmes (FA)) divisée par GZ, le tout multiplié par 100. Pour raffiner

les mesures, nous avons calculé trois F% supplémentaires pour estimer les variations de qualité du maintien attentionnel au cours des 4 mn de test : un pour les lignes 1 à 4 (F% en 1), un pour les lignes 5 à 10 (F% en 2) et un pour les lignes 11 à 14 (F% en 3).

- **CCT : nombre de caractères cibles traités**, obtenu en comptant le nombre de cibles détectées plus le nombre de cibles omises sur les parties de test réalisées en 20 secondes. Il permet une autre mesure du rythme de traitement.

- **CC : capacité de concentration**, obtenue avec CCT dont on ôte le total d'erreurs (omissions et fausses alarmes). Comme le CCT, cet indice permet une mesure du rythme de traitement, mais plus finement en tenant compte des erreurs, et donc de la précision.

2.2.2.4. Mémoire à court terme et mémoire de travail. La mémoire à court terme (MCT) était évaluée par le test d'empan de chiffres endroit de la batterie EXALANG 8-11 (Orthomotus ; Thibault, Lenfant, & Helloin, 2010). L'enfant écoutait une série de chiffres énoncée par une voix diffusée par le logiciel et devait la répéter immédiatement dans le même ordre après un bip sonore. Il avait deux essais possibles pour un même niveau (i.e., pour un nombre n de chiffres à répéter), puis accédait au niveau supérieur (i.e., une série de $n + 1$ chiffres) s'il réussissait. L'empan endroit était quantifié par la plus longue série de chiffres restituée correctement. Le test était similaire pour la mémoire de travail (MDT), mais l'enfant devait répéter la série dans l'ordre inverse.

2.3. Procédure

Les dix enfants ont suivi 16 séances d'entraînement en morphosyntaxe de 25 mn chacune, au cours desquelles ils réalisaient des exercices de morphosyntaxe de façon individuelle, dans une salle calme, en suivant les instructions données par l'une des examinatrices (deux étudiantes en orthophonie). Chaque exercice durait environ 4 mn 30 et était précédé soit d'une amorce musicale rythmique (8 séances consécutives en condition Rythme), soit d'une amorce non rythmique (8 séances consécutives en condition Bruit). Certains exercices plus longs étaient interrompus pour écouter une amorce.

Le protocole était en *cross-over*. Comme l'illustre l'annexe B, tous les enfants passaient d'abord l'évaluation 1 ou T0 (1h30), puis suivaient l'entraînement 1 (8 séances en 4 semaines) : les 5 enfants du groupe RB le faisaient avec les amorces Rythme, les 5 enfants du groupe BR avec les amorces Bruit. L'évaluation 2 ou T1 (1h30) était ensuite réalisée avant deux semaines de pause (période de *wash-out*). Puis les enfants suivaient l'entraînement 2 (8 séances de 4 semaines) : cette fois le groupe RB avec les amorces Bruit et le groupe BR avec les amorces Rythme. L'expérience se terminait par l'évaluation 3 ou T2 (1h30). Aucun retour sur les performances ni correction d'erreur n'était faite, pour limiter

les effets de test-retest. Le *cross-over* permettait de réaliser des comparaisons intra-individuelles pour l'effet des deux types d'entraînement, puisque l'effet d'ordre des entraînements était contrebalancé.

Les trois évaluations étaient réalisées dans de mêmes conditions et portaient sur la mémoire verbale à court terme (MCT), la mémoire de travail (MDT), la morphosyntaxe expressive et réceptive et l'attention soutenue et focalisée en modalité visuelle. Chaque évaluation comportait une pause durant les 1h30.

Les séances d'entraînement suivaient approximativement la progression typique des acquisitions morphosyntaxiques, mais avec un décalage chronologique. Par exemple, la première séance ciblait la maîtrise de l'utilisation des pronoms personnels sujets et leur compréhension, structure syntaxique normalement acquise à 6 ans, et les dernières séances étaient consacrées aux pronoms compléments d'objet directs (COD) et indirects (COI) normalement acquis à 8 ans. Une notion était reprise au cours de plusieurs séances si nécessaire. La dernière séance de chaque phase était consacrée à des révisions des structures morphosyntaxiques entraînées.

2.4. Analyses des données

Les analyses statistiques ont été effectuées avec R-Studio. Des analyses de variance ont été réalisées avec les facteurs intra-individuels Etape (pré-, post-entraînement) et Amorce de l'Entraînement (Rythme, Bruit) sur chaque variable dépendante des épreuves. Auparavant, une condition importante pour la réalisation d'analyses paramétriques (distribution normale des résidus) a été vérifiée au moyen du test de Shapiro. Si elle n'était pas remplie, une analyse de variance non-paramétrique de Sheirer-Ray-Hare était réalisée. Une interaction significative Etape \times Amorce était en principe requise pour les comparaisons de moyennes issues de l'interaction, mais elle n'atteignait jamais le seuil de significativité. Etant donné les hypothèses portant sur ces comparaisons (amélioration de performances entre étapes pré- et post-entraînement supposée plus grande en condition Rythme), ces comparaisons sont néanmoins présentées, effectuées avec le test *t* de Student bilatéral pour échantillons appariés avec permutations après une anova paramétrique, et le test de Wilcoxon après l'anova non-paramétrique. Le seuil de significativité était placé à $p \leq .05$. Une attention particulière a été portée à la taille des effets, permettant de comparer l'intensité des effets entre eux, et répondant aux recommandations de Ioannidis (2018) sur la prudence à adopter pour interpréter les valeurs de *p*. En cas d'analyse paramétrique, la taille des effets était calculée avec l'êta-carré partiel (η_p^2) pour les effets principaux et l'interaction, et avec le *d* de Cohen pour les *t* de Student. Les règles d'interprétation recommandées par Cohen étaient

appliquées : effet de petite taille si $\eta_p^2 > .01$, de taille moyenne si $\eta_p^2 > .059$ et de grande taille si $\eta_p^2 > .130$ (Cohen, 1988) ; effet négligeable si $d < .20$, de petite taille si $d < .50$, de taille moyenne si $d < .80$ et de grande taille si $d \geq .80$ (Cohen, 1992). Pour la taille des effets évaluée avec le test de Wilcoxon, l'indice r a été calculé (z-score de Wilcoxon/racine de l'échantillon) et interprété selon Fritz, Morris et Richler (2012) comme de petite taille entre .10 et .30, de taille modérée entre .30 et .50 et de grande taille au-dessus de .50.

3. RESULTATS

3.1. Résultats aux épreuves de morphosyntaxe

En production verbale, pour le test de **Complétion de Phrase**, l'hypothèse de normalité des résidus n'était pas rejetée ($W = .95$, $p = .0647$). L'Anova paramétrique sur les performances en écart-type à la norme a révélé un effet principal de l'Etape ($F(1,9) = 11.41$, $p < .0082$, $\eta_p^2 = .59$) témoignant d'une amélioration de grande taille des performances grâce au programme d'entraînement. L'interaction Etape \times Amorce n'était pas significative, bien que de grande taille ($F(1,9) = 1.66$, $p = .2300$, $\eta_p^2 = .17$). Comme l'illustre la Figure 1, d'après les t tests par permutations, un progrès de grande taille s'est produit après l'entraînement B ($Z = 2.12$, $p < .0338$, $d = .82$) mais pas après l'entraînement R ($Z = 0.21$, $p = .8322$, $d = .07$). Ce résultat étant surprenant, une analyse descriptive plus fine a été réalisée. Elle a révélé que, bien que la proportion d'enfants en progrès soit particulièrement grande après la phase d'entraînement B (8/10 progressaient, 1/10 restait stable et 1/10 régressait), la proportion d'enfants en progrès après la phase d'entraînement R n'était pas négligeable (5/10 progressent). De plus, l'absence d'effet significatif de l'entraînement R ne venait pas d'un grand nombre d'enfants devenant moins performants (2/10 régressaient). Enfin, cette régression restait temporaire car les deux enfants qui régressaient après l'entraînement R avaient eu celui-ci en première phrase et ils ont ensuite progressé avec la seconde phase du programme.

Dans l'autre test de production, celui de **Complétion Imagée**, la distribution des résidus n'était pas normale ($W = .94$, $p < .0342$). L'Anova non-paramétrique n'a pas montré d'effet principal de l'Etape ($H(1,36) = 3.17$, $p = .0751$), ni d'interaction Etape \times Amorce ($H(1,36) = 0.02$, $p = .8812$). Les tests de Wilcoxon ont néanmoins montré un effet positif de l'entraînement B ($V = 2$, $p = .0173$, $r = .34$) et un effet de l'entraînement R de taille un peu plus grande, bien que non-significatif ($V = 9$, $p = .1232$, $r = .42$). Ces différences, illustrées en Figure 1, étaient de taille modérée. Notons que les valeurs de p devaient être interprétées ici avec une grande prudence, car le nombre de valeurs ex-aequos ou très proches de zéro était signalé comme trop grand par le logiciel R-Studio pour permettre un calcul fiable de p .

L'interprétation était donc ici, plus que jamais, davantage pertinente à partir des tailles d'effet.

Sur le versant réceptif, les performances au test de **Compréhension de phrases** ont pu être traitées de façon paramétrique, car la distribution des résidus était suffisamment conforme à la loi normale ($W = 0.97, p = .6625$). L'Anova a montré un effet principal de l'Etape révélant une amélioration de grande taille grâce au programme ($F(1,9) = 14.18, p < .0045, \eta_p^2 = .64$), et une interaction Etape \times Amorce non-significative mais de grande taille ($F(1,9) = 1.61, p = .2370, \eta_p^2 = .17$). Cela s'expliquait par une amélioration significative des performances, de taille majeure, après l'entraînement R ($Z = 2.48, p < .0132, d = .79$), mais de petite taille et non significative après l'entraînement B ($Z = 1.11, p = .2683, d = .44$).

La distribution des résidus ne s'opposait pas à des analyses paramétriques pour le test de **Jugement Grammatical** ($W = 0.97, p = .2622$). L'Anova a montré un effet principal de l'Etape traduisant un progrès de grande taille grâce au programme ($F(1,9) = 7.60, p < .0223, \eta_p^2 = .49$), mais pas d'interaction Etape \times Amorce ($F(1,9) = 0.001, p = .9790, \eta_p^2 < .001$), ce que reflète bien la Figure 1. L'effet de l'Etape s'expliquait ici par deux améliorations marginales, l'une après l'entraînement B ($Z = 1.81, p = .0700, d = .54$), l'autre après l'entraînement R ($Z = 1.78, p = .0757, d = .55$), de tailles équivalentes et moyennes.

Pour l'épreuve expérimentale de **jugement de grammaire**, GrammaJuge, la variable dépendante ne pouvait pas être exprimée en écart-type à une norme : il s'agissait de l'indice de sensibilité d' . L'hypothèse de normalité des résidus n'était pas rejetée ($W = 0.95, p = .0566$). L'effet principal de l'Etape reflétait un progrès de grande taille après le programme ($F(1,9) = 6.24, p < .0341, \eta_p^2 = .41$), et il n'y avait pas d'interaction Etape \times Amorce ($F(1,9) = 0.07, p = .7970, \eta_p^2 < .008$), ce que reflète la Figure 2. L'effet d'Etape s'expliquait par la cumulation de progrès de petite taille et n'atteignant pas le seuil de significativité après l'entraînement R ($Z = 1.30, p = .1954, d = .28$) ni après l'entraînement B ($Z = 1.21, p = .2263, d = .49$). Notons que, malgré des explications répétées et de nombreux exemples, l'un des enfants (BR3) ne comprenait pas la consigne de cette épreuve.

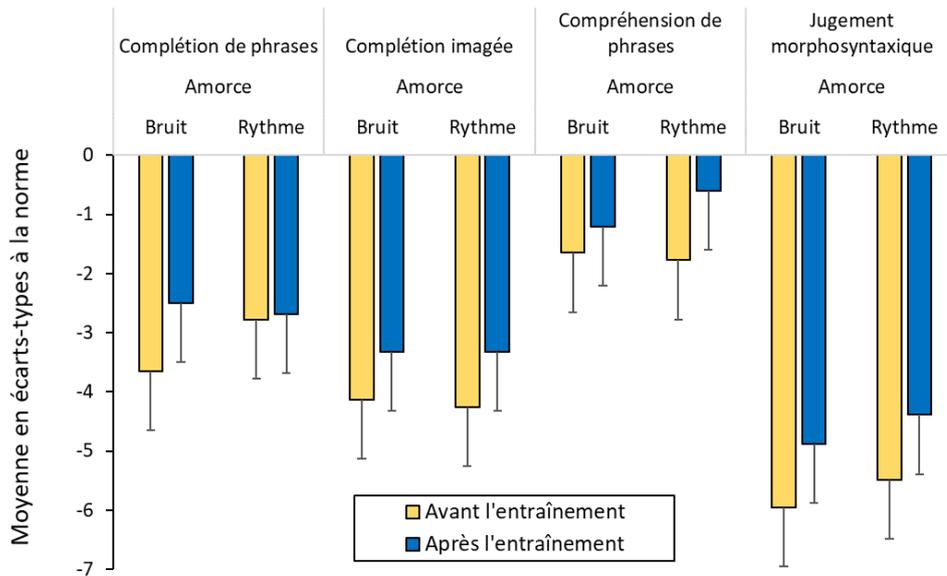


Figure 1. Performances des enfants en écarts-types à la norme dans les épreuves de grammaire d'Exalang en production (Complétion de Phrases et Complétion Imagée) et en réception (Compréhension de Phrases et Jugement Morphosyntaxique) selon l'étape (avant, après l'entraînement) et le contenu des amorces lors des entraînements. L'erreur-type est en barre d'erreur.

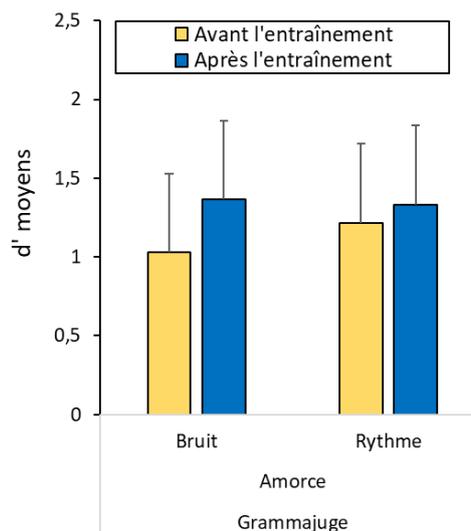


Figure 2. Sensibilité aux erreurs de grammaire (d') en note brute dans l'épreuve de jugement grammatical GrammaJuge selon l'étape (avant, après l'entraînement) et le contenu des amorces lors des entraînements. L'erreur-type est en barre d'erreur.

3.2. Résultats aux indices d'attention soutenue : test du d2

Sur la **vitesse de traitement** (GZ), la distribution des résidus n'était pas normale ($W = 0.94$, $p = .0332$). L'Anova non-paramétrique a montré un effet principal de l'Étape ($H(1,36) = 4.81$, $p < .0283$) avec une plus grande vitesse de traitement après le programme. Il n'y avait pas d'interaction Étape \times Amorce ($H(1,36) < 0.001$, $p = .9784$), configuration de résultats cohérente avec l'amélioration de la vitesse après l'entraînement R ($V = 1$, $p < .0081$, $r = .48$) comme après l'entraînement B ($V = 7$, $p = .0414$, $r = .53$), ce que reflète la Figure 3.

Sur le **nombre de cibles correctement traitées** (CCT), où cette fois la précision était prise en compte, la distribution des résidus n'était pas normale ($W = 0.93, p = .0127$). L'Anova non-paramétrique a montré un effet principal de l'Etape avec une amélioration après le programme ($H(1,36) = 6.09, p < .0136$) et pas d'interaction Etape \times Amorce ($H(1,36) = 0.02, p = .8921$). Comme l'illustre la Figure 4 des progrès significatifs étaient enregistrés pour l'un et l'autre types d'entraînement ; l'étude de la taille des effets révélait que l'effet de l'entraînement R était intermédiaire entre modéré et grand ($V = 0, p < .0020, r = .49$) et que l'effet de l'entraînement B était de grande taille ($V = 7, p = .0273, r = .65$).

Pour la **Capacité de Concentration** (CC), la normalité de la distribution des résidus n'était pas infirmée ($W = 0.97, p = .3014$). L'Anova a montré un effet de grande taille pour l'Etape ($F(1,9) = 20.08, p < .002, \eta_p^2 = .72$) et pas d'interaction Etape \times Amorce ($F(1,9) = 0.23, p = .6420, \eta_p^2 < .03$). L'effet bénéfique était de taille modérée après l'entraînement R ($Z = 2.54, p < .0112, d = .58$) et de grande taille après l'entraînement B ($Z = 2.11, p < .0347, d = .86$), ce que reflète la Figure 4.

Enfin, des calculs distinguaient les trois tiers du test et évaluaient les **Performances Qualitatives** (F%) à ces trois étapes, la dernière demandant le plus de capacités de maintien de l'attention. La distribution des résidus n'était normale pour aucune de ces parties, respectivement ($W = 0.74, p < .0001$; $W = 0.66, p < .0001$; $W = 0.73, p < .0001$). Sur le **1^{er} tiers**, l'Anova non-paramétrique n'a pas montré d'effet d'Etape ($H(1,36) = 2.64, p = .1045$) ni d'interaction Etape \times Amorce ($H(1,36) = 0.63, p = .4288$). Les tests de Wilcoxon confirmaient l'absence d'effet significatif des entraînements R ($V = 25, p = .3627, r = .21$) et B ($V = 38, p = .3220, r = .56$), bien que la taille des effets respectivement petit et modéré, correspondent aux différences observées sur la Figure 5, qui étaient toujours dans le sens de progrès. Pour le **2^{ème} tiers**, il n'y avait pas d'effet d'Etape ($H(1,36) = 0.44, p = .5070$) ni d'interaction Etape \times Amorce ($H(1,36) = 0.05, p = .8285$). Les tests de Wilcoxon confirmaient l'absence d'effet des entraînements R ($V = 34, p = .4412, r = .06$) et B ($V = 30, p = .4069, r = .20$). Pour le **3^{ème} tiers**, il n'y avait pas d'effet d'Etape ($H(1,36) = 2.47, p = .1159$) ni d'interaction Etape \times Amorce ($H(1,36) = 1.09, p = .2967$). Cependant, un progrès de grande taille suivait l'entraînement R ($V = 47, p < .0488, r = .53$), contrastant avec une absence d'effet de l'entraînement B ($V = 24, p = .9060, r = .07$), comme l'illustre la Figure 5.

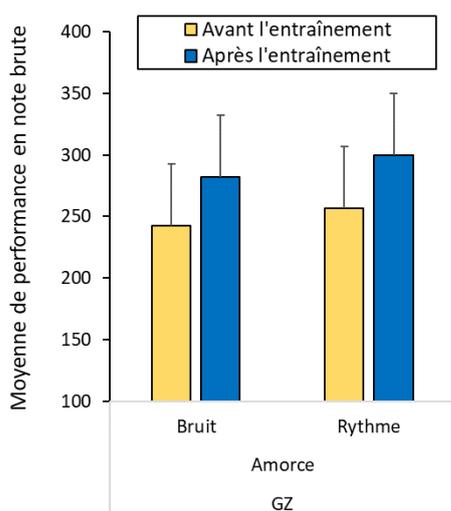


Figure 3. Vitesse de traitement (GZ) en note brute dans le test d2 selon l'étape (avant, après entraînement) et le contenu des amorces lors des entraînements. L'erreur-type est en barre d'erreur.

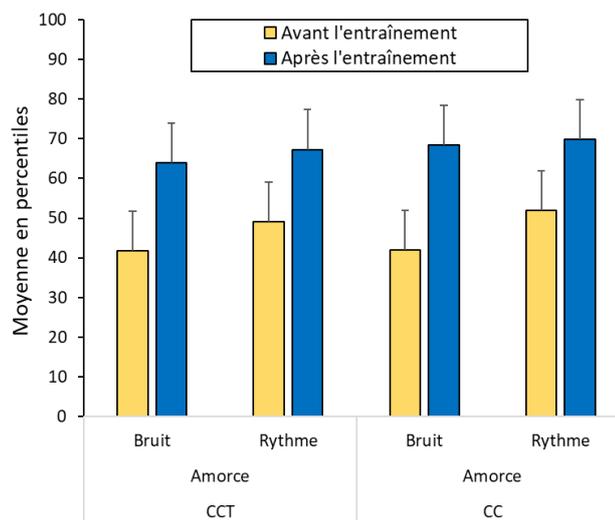


Figure 4. Nombre de cibles correctement traitées (CCT) et capacité de concentration (CC) en percentiles dans le test d2 selon l'étape (avant, après entraînement) et le contenu des amorces lors des entraînements. L'erreur-type est en barre d'erreur.

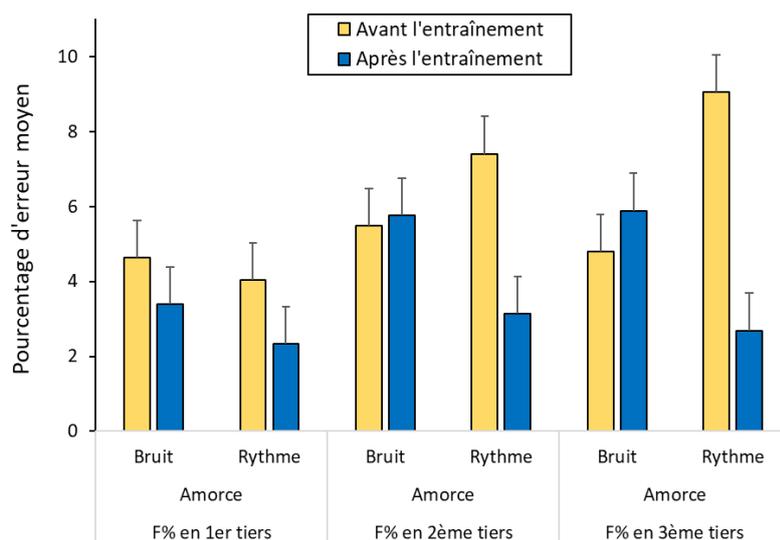


Figure 5. Pourcentage d'erreurs dans les 3 tiers du test d2 selon l'étape (avant, après l'entraînement) et le contenu des amorces lors des entraînements. L'erreur-type est en barre d'erreur.

3.3. Résultats aux épreuves de mémoire

Pour le test de **Mémoire à Court Terme** (Empan Endroit), la distribution des résidus n'était pas normale ($W = 0.91, p < .0044$). L'Anova non-paramétrique ne montrait ni effet principal d'Etape ($H(1,36) < 0.001, p = .9777$), ni d'interaction Etape \times Amorce ($H(1,36) = 0.04, p = .8337$), les effets des entraînements R ($V = 9.5, p = .2324, r = .04$) et B ($V = 6.5, p = .2324, r = .05$) étant tous deux de taille extrêmement petite.

Pour la **Mémoire de Travail** (Empan Envers), la distribution des résidus n'était pas normale ($W = 0.93, p < .0203$). L'Anova non-paramétrique ne montrait ni d'effet principal

d'Etape ($H(1,36) = 0.66, p = .4156$), ni interaction Etape \times Amorce ($H(1,36) = 0.22, p = .6390$). Cela concordait avec une absence d'effet des entraînements R ($V = 6, p = .2008, r = .29$) et B ($V = 7.5, p = .5982, r = .06$).

4. DISCUSSION

4.1. Confrontation des hypothèses aux résultats statistiques

4.1.1. Hypothèse 1

La première hypothèse était que le rythme régulier véhiculé par des amorces musicales destinées à renforcer l'attention temporelle pourrait optimiser l'effet positif d'exercices de morphosyntaxe chez des enfants TDL, ce qui se traduirait par une amélioration plus importante des compétences morphosyntaxiques après un entraînement combinant des exercices de grammaire à des amorces rythmiques plutôt qu'à des amorces sonores non rythmiques.

Quelles que soient les conditions d'amorçage durant les entraînements, l'analyse des performances a tout d'abord montré une amélioration significative des scores à tous les tests de morphosyntaxe après l'entraînement d'une durée totale d'environ 7 heures en 16 sessions. Des progrès de grande taille se sont en effet produits dans chacun des trois tests proposés sur le versant réceptif, témoignant de progrès en compréhension de phrases et en jugement morphosyntaxique, même quand le matériel était différent avant et après le programme. Ceci souligne l'efficacité d'un programme ciblant la grammaire et entraînant des enfants pourtant très déficitaires dans ce domaine. Les aspects intensif, ludique et participatif des exercices conçus pour affiner la qualité morphosyntaxique de la perception et de la production ont sans doute contribué à ces progrès.

Sur le plan de la qualité morphosyntaxique des productions, dans son ensemble, le programme a eu un effet plus faible, mais toutefois significatif et de grande taille dans un des deux tests évaluant cette dimension, l'autre test révélant des tendances pointant dans la même direction. Chez des enfants TDL, les difficultés en morphosyntaxe sont donc apparemment plus difficiles à réduire au moyen d'un programme tel que celui proposé dans l'étude lorsqu'il s'agit de produire des structures correctes plutôt que de simplement les percevoir. La relative brièveté du programme en est sans doute responsable, et la complexité des mécanismes cognitifs impliqués dans la production l'explique aussi probablement. Produire la parole de façon grammaticalement correcte, plutôt qu'être simplement sensible à des indices morphosyntaxiques, implique d'avoir intégré des règles de manière particulièrement approfondie et, en cas de pathologie sévère, cela nécessite plus de temps

que les 7 heures d'entraînement proposées ici. Bien que modestes, les progrès observés ici en production sont donc encourageants.

Notons que l'effet positif de l'entraînement, hormis dans l'épreuve de jugement grammatical (GramaJuge) où le matériel était différent à chaque étape, pouvait aussi en partie s'expliquer par un effet de test-retest malgré l'absence d'information donnée aux enfants sur les performances. Toutefois, cette fois sans que cela puisse s'expliquer par des effets test-retest, l'analyse a révélé des indices d'accroissement de l'effet du programme lorsqu'il avait été conduit avec des amorces musicales rythmiques. Cela apporte des arguments en faveur de l'hypothèse 1. L'un des éléments suggérant cela est qu'une seule comparaison de moyennes de performances avant et après un des types d'entraînement atteint le seuil de significativité de $p < .05$, et il s'agit de la comparaison de la compréhension de phrases avant et après l'entraînement amorcé de façon rythmique. Cette comparaison est aussi celle qui atteint la plus grande taille d'effet parmi tous les tests de perception proposés, quelles que soient les deux conditions d'amorçage. Les effets d'entraînement sur les deux autres épreuves de morphosyntaxe en réception ne montrent pas de différence aussi tranchée selon les conditions d'amorçage, car ils ne sont pas significatifs et leur taille est plus similaire. Ici encore, une interprétation est possible en termes de différence de niveau de difficulté des tâches. L'épreuve dans laquelle les enfants TDL se sont montrés particulièrement sensibles à l'entraînement amorcé de façon rythmique est celle qui demande de percevoir correctement des indications pour réaliser un comportement adapté à la demande verbale. Une compréhension même encore assez approximative peut permettre de réussir, et en ce cas un petit progrès peut avoir des conséquences importantes sur l'amélioration des performances des enfants. En revanche, les épreuves de jugement demandent de détecter précisément de petites erreurs (voire de les corriger et donc de produire), reposant parfois sur un seul phonème (dans GramaJuge notamment). Le niveau de difficulté phonologique s'ajoutait donc à l'aspect morphosyntaxique des demandes dans les deux tâches de jugement. Or, l'entraînement ne portait pas sur la phonologie : les exercices comportaient peu d'items dans lesquels une analyse phonologique aussi fine que dans GramaJuge était demandée. Tel que proposé dans cette expérience, notamment pendant une période limitée, le programme n'a donc eu un retentissement favorable suffisamment fort que sur les tâches les plus à la portée des capacités actuelles des enfants TDL (la compréhension de phrases) et c'est dans ce contexte que l'apport supplémentaire de l'amorçage rythmique a pu se déployer, et surtout émerger à travers les analyses statistiques. Sur le plan des applications cliniques, cela suggère qu'il est pertinent de faire écouter de courtes séquences musicales avant des exercices de morphosyntaxe aux enfants TDL pour

espérer en premier lieu des améliorations en compréhension de phrases. Des expériences proposant un entraînement plus long, apparentées à une étude longitudinale, pourraient ultérieurement renseigner sur le transfert possible à des compétences plus complexes en grammaire, telles que la détection fine de petites erreurs morphosyntaxiques et la production orale d'énoncés grammaticalement plus corrects.

La configuration des résultats apporte donc des arguments suggérant que les compétences en morphosyntaxe tireraient mieux parti des effets d'une rééducation si celle-ci combine les exercices à des amorces rythmiques. L'interprétation de l'origine de cet effet peut s'appuyer sur le cadre théorique de l'attention dynamique. Par la régularité particulièrement saillante de leur rythme, les amorces musicales pourraient avoir renforcé l'intensité et la précision de l'attention temporelle telle que décrite par Jones (2002) dans son modèle de *DAT* (*Dynamic Attention Theory*, Jones, 2002). Comme dans les expériences d'amorçage où des séquences musicales ont amélioré le traitement de la parole sur le plan grammatical chez des personnes avec (Bedoin *et al.*, 2016 ; Canette *et al.*, 2020a ; Przybylski *et al.*, 2013) ou sans pathologie du langage (Canette *et al.*, 2020b ; Fiveash, Bedoin, Lalitte, & Tillmann, sous presse) immédiatement après la perception de ces amorces, celles-ci ont vraisemblablement permis aux jeunes patients de la présente étude de mieux réussir les exercices de l'entraînement et aussi de suffisamment généraliser leurs compétences ainsi renforcées pour qu'un impact positif soit observé à plus long terme, dans les séances d'évaluations effectuées sans amorçage. Ce point est particulièrement intéressant sur le plan de la pratique clinique en orthophonie, car il s'agit du type d'effet espéré à l'issue des prises en charge. Du point de vue théorique, les bénéfices obtenus en qualité morphosyntaxique de la perception de la parole vont aussi dans le sens des conclusions des études citées ayant mis en évidence un effet d'aide plus limité dans le temps, immédiat après l'amorce rythmique, sur les capacités des enfants TDL ou non à juger de la grammaticalité d'un énoncé. La présente étude nous apprend donc que ces effets d'amorçage rythmique peuvent être présents même à plus long terme puisque les enfants recevaient la stimulation rythmique uniquement au cours des séances d'entraînement. L'effet d'amorçage, avec le renforcement positif de l'attention temporelle qu'il a apparemment induit, aurait pu agir par le biais d'un renforcement des oscillations cérébrales lentes, probablement aussi d'un accroissement de leur capacité de synchronisation au rythme de tout signal sonore (musical, mais aussi linguistique) et d'un pré-ajustement de leur rythme, comme le décrivent Giraud et Poeppel (2012). Cela pourrait avoir amélioré les bases de la synchronisation de l'attention pour une analyse harmonieuse du signal de parole à un rythme propice à extraire les unités prosodiques et syllabiques importantes pour la morphosyntaxe. Ces résultats sont aussi

cohérents avec ceux de Bedoin *et al.* (2018), mettant en évidence des progrès accrus sur ces mêmes compétences morphosyntaxiques en perception après une rééducation associant des exercices de morphosyntaxe à des séquences rythmiques (plutôt que non-rythmiques) chez des enfants malentendants eux aussi très déficients en grammaire malgré une longue rééducation préalable.

Un effet lié à une particularité d'un enfant peut être noté. L'échantillon étant petit, cette particularité a eu des retentissements sans doute disproportionnés susceptibles d'avoir masqué certains effets. Lors de l'évaluation précédant le programme (à T0), l'un des enfants (BR3) ne comprenait pas la consigne du test de jugement syntaxique (GrammarJuge) où il fallait décider si les phrases étaient correctes ou non sans corriger l'erreur. Cette difficulté a entraîné un échec massif lors de cette évaluation. Il a cependant d'emblée mieux compris cette consigne lors de la deuxième évaluation, et il se trouve que celle-ci était après l'entraînement amorcé par les bruits non rythmiques. Cela a introduit un biais en défaveur de l'entraînement accompagné d'amorces rythmiques qui lui a été proposé en seconde partie de programme. Par ailleurs, la mesure des performances sur cette épreuve n'est pas exprimée dans la même unité, ce qui soulève des réserves sur la comparaison faite des résultats de ce test à ceux des autres épreuves de morphosyntaxe.

Un autre point délicat à interpréter dans les résultats concerne les performances dans les épreuves de production. L'entraînement ne s'est pas montré plus efficace pour celles-ci lorsqu'il était associé à des amorces rythmiques. Toutefois, des éléments descriptifs plus fins ont montré que le rythme n'a pas non plus nui aux compétences expressives évaluées par le test de complétion de phrases. En effet, la moitié des enfants ont tout de même progressé après la condition Rythme et seulement deux sont devenus moins performants dans cette condition. En outre, cette régression a été temporaire et les deux enfants concernés par cette diminution de performances ont ensuite progressé en seconde partie d'entraînement. De même, l'effet positif de la condition avec amorces non-rythmiques sur le test de complétion imagée est à nuancer, car la présence de nombreux *ex aequo* ainsi que de valeurs proches de 0 n'a pas permis un calcul fiable de la valeur de *p*. En ce sens, une interprétation à partir des tailles des effets est à privilégier et celle-ci a révélé des effets modérés pour les deux entraînements (avec, tout de même, une taille un peu plus grande pour la condition Rythme), ce qui exclut le fait que le rythme puisse avoir un effet délétère sur les compétences évaluées, même en production.

Ces résultats apportent donc globalement des arguments favorables à l'hypothèse d'un renforcement de l'effet positif d'exercices de morphosyntaxe grâce à des amorces musicales rythmiques, essentiellement sur le versant réceptif. Ils répliquent les résultats de

Bedoin *et al.* chez les enfants malentendants (2018) et abondent dans le sens de l'hypothèse SEP (*Synchronization and Entrainment to Pulse*) qui, par la description de quatre circuits neuronaux communs au traitement de la musique et à celui du langage, donne au rythme un potentiel thérapeutique clé dans le domaine du langage, potentiellement à travers l'utilisation de la musique (Fujii & Wan, 2014). La petite taille de l'échantillon incite à une interprétation prudente des résultats, mais ces derniers confirment partiellement l'hypothèse selon laquelle l'amorçage rythmique, en ajustant les modulations de l'attention au rythme des montées en fréquence et en intensité du signal de parole, permettrait une meilleure séquenciation du signal de parole en différentes unités linguistiques propice à l'analyse morphosyntaxique chez des enfants TDL. D'autres études, faites à partir de cohortes plus importantes, sont souhaitables pour approfondir cette piste de recherche et déboucher sur des recommandations en orthophonie.

4.1.2. Hypothèse 2

La seconde hypothèse était que l'entraînement en condition Rythme, en renforçant favorablement l'attention temporelle par le biais de l'amorçage musical, pourrait donner lieu à un effet de transfert sur une compétence non langagière et non entraînée explicitement : le maintien dans le temps de l'attention focalisée en vision. Un tel transfert peut être interprété comme témoignant d'un effet reposant sur des compétences attentionnelles non restreintes à une modalité sensorielle, et donc d'un effet approfondi dans le domaine de l'attention et de son contrôle. Pour cela, une tâche visuo-spatiale a été administrée aux enfants TDL de l'étude – le test du d2 – requérant des aptitudes de vitesse, mais aussi de contrôle, car la sélection des cibles doit être maintenue dans le temps et, en avançant dans le test, la tâche requiert non seulement l'attention focalisée, mais aussi l'attention soutenue. Comme pour les épreuves de morphosyntaxe, les performances des jeunes patients ont progressé dans cette tâche grâce au programme considéré dans son ensemble, ce qui s'est traduit par un effet de grande taille du facteur Etape sur deux indices de vitesse de traitement (GZ et CCT) et la capacité de concentration (CC). Les entraînements conduits avec l'un et l'autre type d'amorces ont eu des effets équivalents sur l'indice de vitesse GZ, et pris en compte de manière générale sur l'ensemble du test, aucune indication d'amélioration de plus grande taille grâce aux amorces rythmiques n'a été observée.

Toutefois, les analyses conduites prenant en compte séparément les trois tiers de l'épreuve ont montré un effet plus favorable de l'entraînement si celui-ci est amorcé rythmiquement, de façon spécifique sur les performances qualitatives (indice F%) calculées dans le dernier tiers du test. Alors que les deux types d'entraînement avaient le même effet sur les deux premiers tiers du test, un progrès significatif et de grande taille s'est produit

seulement après l'entraînement amorcé rythmiquement dans le dernier tiers, c'est-à-dire dans la partie du test mobilisant l'attention soutenue. Cet effet positif de l'entraînement combinant grammaire et rythme sur les capacités de maintien volontaire de l'attention réplique, chez des enfants atteints de TDL, les effets rapportés par Bedoin *et al.* (2018) chez des enfants malentendants. Comme pour ces derniers, les résultats de cette étude suggèrent donc des capacités accrues d'attention soutenue par le biais d'une mise en présence répétée de séquences musicales très rythmées. Comme pour la morphosyntaxe réceptive, la perception répétée d'une source sonore rythmée produirait des effets à long terme dans certains domaines de l'attention.

Ces effets positifs d'amorçage rythmique sur l'attention soutenue vont dans le sens de l'hypothèse de Goswami (2011) attribuant aux stimulations rythmiques le potentiel d'optimiser l'efficacité de diffusion et de maintien de l'attention dans le temps quelle que soit la modalité sensorielle, rendant les enfants présentant des déficits d'attention temporelle - comme souvent décrits dans les cas de troubles du langage - plus aptes à effectuer un traitement séquentiel rigoureux, par exemple sur des informations visuelles à traiter séquentiellement. Cela suggère que des effets peuvent être espérés aussi en lecture, ce qui reste à évaluer. Ces résultats sont eux aussi cohérents avec le modèle de modulation de la distribution des ressources attentionnelles de Jones (*Dynamique Attending Theory, DAT*), et suggèrent que l'amorce rythmique musicale, par sa régularité particulièrement saillante, peut renforcer la synchronisation de l'attention dynamique au rythme de l'information externe et favoriser la séquenciation et le traitement précis dans le temps. La seconde hypothèse serait par conséquent validée, au moins pour la précision et le maintien du traitement attentionnel évalués par le test du d2. Cliniquement, ces éléments sont porteurs d'espoirs, et ils encouragent à utiliser la technique d'amorçage en rééducation orthophonique afin de renforcer le maintien de l'attention des enfants TDL et d'optimiser l'effet des exercices de langage proposés.

4.1.1. Épreuves de mémoire

Enfin, des épreuves de mémoire à court terme et de mémoire de travail servaient de condition de base : aucune amélioration n'était attendue pour ces compétences après le programme. L'analyse des données a confirmé cette attente, ce qui met en valeur la spécificité des effets sur la perception de la morphosyntaxe et le maintien de l'attention focalisée.

4.2. Limites et perspectives

4.2.1. L'échantillon

En raison des contraintes propres aux structures d'accueil des participants et aux étudiantes en orthophonie réalisant ces passations, cette étude, construite sur un protocole de

rééducation, n'a pu intégrer que dix patients. Cela constitue une limite évidente, mais elle est en partie compensée par la méthode du *cross-over* afin que chaque participant soit son propre témoin, ce qui rendait possibles des comparaisons intra-individuelles, statistiquement plus puissantes. Notons que la taille de l'échantillon était la même que dans l'étude conduite précédemment dans des conditions similaires auprès d'enfants malentendants (Bedoin *et al.*, 2018). Ces dix patients ne peuvent pas être représentatifs de l'hétérogénéité de la population des enfants TDL, et les résultats doivent donc être considérés avec prudence. D'autres expériences mériteraient d'être effectuées sur des cohortes plus importantes d'enfants TDL ; les résultats déjà obtenus pourraient contribuer à convaincre des structures de les mettre en place. Si ce type de prise en charge pouvait être proposé plus longtemps, l'hypothèse d'un retentissement en morphosyntaxe expressive pourrait être faite. Des remédiations du langage concrètes par la technique d'amorçage rythmique sont en tout cas envisageables.

Par ailleurs, bien que le TDA/H ait été un critère d'exclusion des participants à l'étude, il est probable que l'enfant RB1 en présentait un, encore non diagnostiqué. Cela a pu introduire un biais et limiter la taille des effets, surtout dans le test sollicitant fortement l'attention et la concentration. Pour cet enfant, les effets ont peut-être aussi été affaiblis par sa fatigabilité anormalement intense, et ici mise à l'épreuve par l'ajout des séances à ses prises en charge habituelles ; des manifestations d'impatience, de fatigue et d'impulsivité de cet enfant étaient en effet fréquemment observées.

4.2.2. Le protocole

Le protocole ayant duré 3 mois, et les enfants ayant poursuivi leur rééducation orthophonique habituelle à raison de deux séances par semaine (celles-ci ne pouvant pas être interrompues), il est possible que certains progrès soient dus à leur suivi habituel plutôt qu'aux séances d'entraînement de ce protocole, ce qui s'ajoute aux probables effets test-retest. C'est pourquoi la comparaison entre les deux conditions d'amorçage reste la plus pertinente dans la présente expérience. Par ailleurs, sur une période de trois mois, d'autres facteurs liés aux conditions familiales et personnelles des participants (e.g., déménagement, maladie) ont pu affecter leur état psychologique et leur santé sur le plan général, ainsi que leurs capacités attentionnelles, ce qui a pu introduire des biais dans les évaluations.

4.2.3. Le matériel

Les participants ont été évalués à trois reprises sur les mêmes tests (Exalang et d2). Bien que les examinatrices n'aient pas donné de retour aux enfants sur leurs performances après les tests, un effet de familiarisation aux tests proposés, aux images du logiciel ou aux énoncés, est à considérer. De plus, des pictogrammes étaient cochés sur le logiciel pour indiquer la réussite ou l'échec de l'enfant à l'item (image d'une coupe si réussite, et d'une médaille si

échec) et ces indices n'ont pas toujours échappé aux enfants. Nous déplorons ce biais méthodologique, et espérons pour une plus grande validité des résultats des études futures dans ce domaine que des tests en morphosyntaxe présentant plusieurs versions, équivalentes en difficultés et structures linguistiques évaluées, puissent être développés. Ce fut le cas pour l'épreuve du « GrammaJuge », proposant trois listes équivalentes et évitant l'effet test-retest, mais il reste à terminer pour ce type d'épreuve la constitution de normes.

Enfin, la version du d2 employée pour l'évaluation de l'attention soutenue n'offrait pas de tables de scores normés ou de percentiles pour convertir les scores bruts ou pourcentages des indices calculés (GZ et F%) sur la base de normes pour enfants, car ce test a été étalonné seulement sur une population adulte. Il aurait pourtant été intéressant de pouvoir estimer les performances des participants par rapport à celles d'enfants de même âge chronologique. Toutefois, dans le cadre des objectifs de cette étude, l'objectif était surtout de réaliser des comparaisons intra-individuelles, et non de positionner les enfants par rapport à une norme, car il s'agissait d'évaluer des progrès après chaque condition d'entraînement.

5. CONCLUSION

Cette étude mesurant les effets d'un entraînement combinant des amorces rythmiques à des exercices en morphosyntaxe pour des enfants TDL encourage l'utilisation de la technique d'amorçage rythmique en rééducation orthophonique, car des bénéfices sont mis en évidence pour la qualité morphosyntaxique de la perception de phrases. En outre, l'effet positif de l'exposition répétée au rythme semble se transférer aux capacités d'attention soutenue. L'écoute de musique clairement rythmée, associée au travail sur le langage, pourrait optimiser la qualité de concentration des enfants TDL en séance d'orthophonie, et au-delà de ce contexte, accroître leurs aptitudes générales de contrôle de l'attention et retentir ainsi sur un aspect des fonctions exécutives. En montrant des effets du rythme à plus long terme qu'en situation expérimentale d'amorçage classique, les résultats de cette étude vont dans le sens du cadre de réflexion dit de *l'échantillonnage temporel* proposé par Goswami (2011). Par le renforcement de capacités de traitement temporel de nature attentionnelle, la régularité du rythme pourrait être utilisée en remédiations du langage, et plus généralement, accroître les capacités d'attention quelle que soit la modalité sensorielle (2011). Le petit échantillon de cette étude incite à une interprétation prudente, mais celle-ci réplique les résultats publiés au sujet d'enfants malentendants en situation de rééducation orthophonique (Bedoin *et al.*, 2018). Des expériences portant sur des cohortes plus importantes d'enfants TDL mériteraient ainsi d'être effectuées dans ce domaine.

Références (APA 6^{ème} édition)

- Bedoin, N., Besombes, A. M., Escande, É., Dumont, A., Lalitte, P., & 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.
- Bedoin, N., Brisseau, L., Molinier, P., Roch, D., & Tillmann, B. (2016). Temporally regular musical primes facilitate subsequent syntax processing in children with specific language impairment. *Frontiers in neuroscience, 10*, 245.
- Bishop, D. V., Snowling, M. J., Thompson, P. A., Greenhalgh, T., Catalise-2 Consortium, Adams, C., ... Boyle, C. (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. (1998). *Manuel du test d2*. Paris : ECPA.
- Brickenkamp, R., Schmidt-Atzert, L., & Liepmann, D. (2015). *d2-R: Test d'attention concentrée*. Éditions Hogrefe France.
- Canette, L.-H., Fiveash, A., Krzonowski, J., Corneyllie, A., Lalitte, P., Thompson, D., Trainor, L., Bedoin, N., & Tillmann, B. (2020a). Regular rhythmic primes boost P600 in grammatical error processing in dyslexic adults and matched controls. *Neuropsychologia, 138*.
- Canette, L.-H., Lalitte, P., Bedoin, N., Pineau, M., Bigand, E., & Tillmann, B. (2020b). Rhythmic and textural musical sequences differently influence syntax and semantic processing in children. *Journal of Experimental Child Psychology, 191*.
- Cohen, J. (1988). *Statistical power for the social sciences*. Hillsdale, NJ: Laurence Erlbaum and Associates, 98-101.
- Cohen, J. (1992). Statistical power analysis. *Current Directions in Psychological Science, 1*(3), 98-101.
- Corriveau, K. H., & Goswami, U. (2009). Rhythmic motor entrainment in children with speech and language impairments: Tapping to the beat. *Cortex, 45*(1), 119-130.
- Ebert, K. D., & Kohnert, K. (2011). Sustained attention in children with primary language impairment: A meta-analysis. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research, 54*(5), 1372-84.

- Fiveash, A., Bedoin, N., Lalitte, Ph., & Tillmann, B. (sous presse). Rhythmic priming of grammaticality judgments in children: Duration matters. *Journal of Experimental Child Psychology*.
- Fiveash, A., Schön, D., Canette, L.-H., Morillon, B., Bedoin, N., & Tillmann, B. (2020). A stimulus-brain coupling analysis of regular and irregular rhythms in adults with dyslexia and controls. *Brain and Cognition*, 140.
- Fujii, S., & Wan, C. Y. (2014). The role of rhythm in speech and language rehabilitation: The SEP hypothesis. *Frontiers in Human Neuroscience*, 8, 777.
- Fritz, C. O., Morris, P. E., & Richler, J. J. (2012). Effect size estimates: Current use, calculations, and interpretation. *Journal of Experimental Psychology: General*, 141(1), 2.
- Giraud, A. L., & Poeppel, D. (2012). Cortical oscillations and speech processing: Emerging computational principles and operations. *Nature Neuroscience*, 15(4), 511.
- 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., Moynihan, H., MacKenzie, N., & Puente, J. (2002). Temporal aspects of stimulus-driven attending in dynamic arrays. *Psychological Science*, 13(4), 313-319.
- Poeppel, D. (2003). The analysis of speech in different temporal integration windows: Cerebral lateralization as 'asymmetric sampling in time'. *Speech Communication*, 41(1), 245-255.
- Przybylski, L., Bedoin, N., Krifi-Papoz, S., Herbillon, V., Roch, D., Léculier, L., Kotz, S., & Tillmann, B. (2013). Rhythmic auditory stimulation influences syntactic processing in children with developmental language disorders. *Neuropsychology*, 27(1), 121.
- R Studio (version 1.2.5033) [Logiciel]. Récupéré de :
<https://rstudio.com/products/rstudio/download/>
- Thibault, M. P., Lenfant, M., & Helloin, M. C. (2012). *EXALang 8/11, batterie informatisée d'examen du langage oral, langage écrit, mémoire, attention, compétences transversales*. Mont-Saint-Aignan : Motus Editions.

Annexe A : test du d2 (Brickenkamp, 1998)

	GZ	F ₁	F ₂
➡ 1.	d d p d d	d d p d d	d d p d d
2.	p d p d d	p d p d d	p d p d d
3.	d d d p p	d d d p p	d d d p p
4.	d d p d d	d d p d d	d d p d d
5.	p d p p d	p d p p d	p d p p d
6.	d d d p p	d d d p p	d d d p p
7.	d d p d d	d d p d d	d d p d d
8.	p d p d d	p d p d d	p d p d d
9.	d d d p p	d d d p p	d d d p p
10.	d d p d d	d d p d d	d d p d d
11.	p d p d d	p d p d d	p d p d d
12.	d d d p p	d d d p p	d d d p p
13.	d d p d d	d d p d d	d d p d d
14.	p d p d d	p d p d d	p d p d d

Annexe B : Déroulement (de gauche à droite) du protocole de l'étude, pour les deux groupes. Ligne supérieure : groupe RB faisant l'entraînement avec les amorces Rythme puis celui avec les amorces Bruit ; ligne inférieure : groupe BR faisant l'entraînement avec les amorces Bruit puis celui avec les amorces Rythme.

Groupe		Entraînement 1		Entraînement 2	
RB	Evaluation pré-entraînement (T0)	Amorçage Rythme	Evaluation post-entraînement 1 (T1)	Amorçage Bruit	Evaluation post-entraînement 2 (T2)
BR		Amorçage Bruit		Amorçage Rythme	



Amorçage rythmique : renforcement d'un entraînement morphosyntaxique et transfert à l'attention soutenue d'enfants TDL

Résumé :

Une expérience comparait l'effet des deux phases d'un entraînement en morphosyntaxe (exercices avec versus sans amorces rythmiques) proposées en ordre contrebalancé à dix enfants TDL. L'analyse des performances a montré l'efficacité de l'entraînement sur la grammaire, mais aussi un renforcement de l'aide apportée si l'entraînement avait été associé à des amorces rythmiques, ceci spécifiquement pour la morphosyntaxe en réception (et non en production), avec un transfert de compétence en attention soutenue et pas en mémoire. Les résultats sont discutés en termes d'effets sur l'attention temporelle.

Mots-clés : Trouble Développementale du Langage – amorçage rythmique – morphosyntaxe – attention temporelle – entraînement

Abstract :

The effects of the two parts of a morphosyntactic training program counterbalanced between participants (ten DLD children) were compared to assess the increase in benefit assumed to be provided when the exercises had been preceded with rhythmic primes rather than by neutral ones. Performance analysis confirmed the efficiency of the program on grammar, and enhanced training effect if rhythmic primes had been used, specifically for morphosyntax perception (not production), with a skill transfer in sustained attention but not in memory skills. The results are discussed in terms of temporal attention.

Keywords: Developmental Language Disorder - rhythmic priming - morphosyntax - temporal attention - training

Nombre de pages de l'article : 24

Nombre de références bibliographiques : 23