

Impact d'un entraînement avec amorçage rythmique sur les capacités morphosyntaxiques d'enfants sourds implantés

Anne-Marie Besombes, Éliette Escande

▶ **To cite this version:**

Anne-Marie Besombes, Éliette Escande. Impact d'un entraînement avec amorçage rythmique sur les capacités morphosyntaxiques d'enfants sourds implantés. Sciences cognitives. 2015. dumas-01212318

HAL Id: dumas-01212318

https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-01212318

Submitted on 26 Oct 2015

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
UNIVERSITÉ PARIS VI PIERRE et MARIE CURIE

MÉMOIRE POUR LE CERTIFICAT DE CAPACITÉ D'ORTHOPHONISTE

IMPACT D'UN ENTRAÎNEMENT AVEC AMORÇAGE RYTHMIQUE SUR LES CAPACITÉS MORPHOSYNTAXIQUES D'ENFANTS SOURDS IMPLANTÉS

Réalisé sous la direction de :

Nathalie BEDOIN[1]
Annie DUMONT
Barbara TILLMANN[2]

[1]Laboratoire dynamique du langage, UMR 5596, CNRS &Université Lyon 2
[2]Centre de Recherche en Neurosciences de Lyon, Equipe Cognition Auditive et Psychoacoustique INSERM-CNRS, Université Lyon 1

ANNÉE UNIVERSITAIRE 2014-2015

BESOMBES Anne-Marie
Née le 23 octobre 1962

ESCANDE Eliette
Née le 27 juin 1992

REMERCIEMENTS

Nous remercions tout d'abord notre directrice de mémoire, Madame Annie Dumont, qui nous a donné l'idée de ce sujet difficile mais enthousiasmant et nous a soutenues tout au long de la réalisation de cette étude par son travail, ses encouragements et ses conseils avisés.

Nous tenons à remercier tout particulièrement Mesdames Nathalie Bedoin et Barbara Tillmann pour l'extraordinaire implication dont elles ont fait preuve tout au long de l'élaboration de ce mémoire, à chaque étape, avec beaucoup de bienveillance et une disponibilité inimaginable.

Nous remercions Madame Ambert-Dahan de s'être intéressée à notre étude et d'avoir accepté d'être notre rapportrice et Madame Thibault pour nous avoir prêté son logiciel toute la durée de cette étude.

Merci également à Claude Lippens, de l'Adesda de Guyancourt, pour avoir accepté de nous confier deux enfants pris en charge au centre en veillant à ce que leur disponibilité soit sans faille. Merci aux orthophonistes qui ont accepté de donner de leur temps de rééducation pour cette étude et notamment Aurélie, Marika, Annonciade et Brigitte.

Un grand merci aux enfants de notre étude et à leurs parents dont certains ont même accepté de nous recevoir chez eux le soir ou le samedi.

Enfin nous adressons tous nos remerciements à nos familles pour leur soutien sans faille.

Je remercie particulièrement ma mère et ma fille sans lesquelles ces études n'auraient pas été possibles ni même envisageables.

Enfin merci à Eugénie qui a également apporté sa précieuse contribution à ce mémoire.

Je tiens à remercier mes parents pour leur soutien matériel et psychologique durant ces cinq années et particulièrement lors de la réalisation de ce mémoire (merci super imprimeur et super chauffeur !).

Merci à Vincent pour sa présence, son soutien, son aide, sa compréhension à toute épreuve et pour avoir rendu cette année inoubliable.

Merci à tous ceux qui ont contribué à ce mémoire de près ou de loin ou qui nous ont soutenues durant ces années.

Engagement de non plagiat

Nous, soussignées Anne-Marie BESOMBES et Eliette ESCANDE, déclarons être pleinement conscientes 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, nous nous engageons à citer toutes les sources que nous avons utilisées pour écrire ce mémoire.

TABLE DES MATIÈRES

INTRODUCTION 1
PARTIE THÉORIQUE 2
1. La surdité profonde congénitale et ses conséquences 2
(Anne-Marie BESOMBES)
1.1. Réorganisation cérébrale et notion de période critique 2
1.2. Nécessité d'une réhabilitation précoce 2
1.3. Apports et limites de l'implant cochléaire 3
1.3.1. Principe 3
1.3.2. Apports 4
1.3.3. Limites 5
2. Les compétences après implant 6
2.1. Compétences générales 6
2.2. Usage et compréhension de la morphosyntaxe 7
2.3. Rythme : les difficultés de traitement temporel 8
3. Pourquoi un entraînement rythmique pour améliorer le langage ? 10
(Eliette ESCANDE)
3.1. Traitement de la musique et langage 10
3.1.1 Des ressources cérébrales en partie communes 10
3.1.2 Des processus d'analyse semblables 12
3.1.2.1 Les structures temporelles 12
3.1.2.2. Les structures syntaxiques 14
3.1.2.3. La hauteur 15
3.2. Plasticité cérébrale et notion de transfert 15
3.2.1 Corrélations 15
3.2.2. L'expertise musicale 15
3.2.3. L'entraînement musical 16
3.2.4. Technique de l'amorçage musical : exposition musicale à court terme 17
3.3. Rythme et cortex auditif 18
3.3.1. Théorie de l'Attention Dynamique (DAT-Jones et coll., 2002) 18
3.3.2. Rythmes corticaux endogènes 19
PROBLÉMATIQUE ET HYPOTHÈSES THÉORIQUES 20
(Anne-Marie BESOMBES et Eliette ESCANDE)
PARTIE EXPÉRIMENTALE 23
(Anne-Marie BESOMBES et Eliette ESCANDE)
4. La population : 23
4.1.Critères d'inclusion : 23
4.2. Critères d'exclusion : 23
4.3. Présentation de notre échantillon : 23
5. Procédure : 25
6. Matériel : 26
6.1. Épreuves du bilan d'Évaluation Pré- et Post-Prise en Charge 1 et 2 26

6.1.1. Jugement de grammaticalité (EXALANG 5-8 et 8-11, Thibault, Helloin, Orthomotus ©2010) 27
6.1.2. Compréhension syntaxique (EXALANG 5-8 et 8-11) 27
6.1.3. Empan de chiffres endroit (EXALANG 5-8 et 8-11) 27
6.1.4. Empan de chiffres envers (EXALANG 5-8 et 8-11) 28
6.1.5 Répétition de mots monosyllabiques (EXALANG 5-8) ou de logatomes (EXALANG 8-11) 28
6.1.6. Empan visuel (EXALANG 8-11) 28
6.1.7. Épreuve du double barrage de Zazzo (version de 10 minutes, 1972) 28
6.1.8. Le test du D2 29
6.2. Matériel auditif pour l'amorçage : 29
6.3. Matériel pour les entraînements 30
6.3.1. Jugement de grammaticalité : 30
6.3.2. Compréhension syntaxique : 31
PRÉSENTATION DES RÉSULTATS 33
7. Épreuves de langage oral : 33
7.1. Épreuve de jugement de grammaticalité. 33
7.2. Épreuve de compréhension syntaxique : 35
7.3. Répétition de mots 36
8. Épreuves d'attention : 38
8.1. Zazzo 38
8.1.1. Inexactitude 38
8.1.2. Vitesse 39
8.1.3. Rendement 41
8.2. D2 42
8.2.1. GZ 42
8.2.2. F% 43
8.2.3. GZ-F 45
8.2.4. KL 46
9. Épreuves d'empan : 47
9.1. Empan endroit 47
9.2. Empan envers 48
9.3. Empan visuel 50
DISCUSSION 51
10. Confrontation des hypothèses aux résultats obtenus 52
11. Les limites de notre étude 56
11.1. L'échantillon 56
11.2. Le protocole 57
11.3. Le matériel d'évaluation 57
11.4. Les conditions d'entraînement 58
12. Intérêts et perspectives de notre étude 59
CONCLUSION 60
RÉFÉRENCES
ANNEXES

TABLE DES TABLEAUX ET DES FIGURES

Figure 1 Principe de l'implant cochléaire……..…3
Tableau 1 Présentation des enfants de notre étude……...……...24
Figure 2 Principe du cross-over……...……25
Figure 3 Schéma expliquant la méthode du cross-over et son application lors de la présente étude…….……26
Figure 4 Formes utilisées dans le test des deux barrages de Zazzo (1972)……...……..28
Figure 5 Formes utilisées dans le test du D2 (Brickenkamp, 1969)……...….29
Figure 6 Score moyen de jugement de grammaticalité (et erreur-type) des dix enfants en jugement de grammaticalité avant et après l'entraînement avec amorçage musical ou l'entraînement ligne de base (baseline)……34
Figure 7 Score moyen de jugement de grammaticalité (et erreur-type) aux trois étapes de l'étude, pour le groupe MB (entraînement amorcé musicalement entre étapes 1 et 2 et entraînement baseline entre étapes 2 et 3), et pour le groupe BM (entraînement baseline entre étapes 1 et 2 et entraînement amorcé musicalement entre étapes 2 et 3)……34
Figure 8 Score de jugement de grammaticalité des enfants du groupe MB, entraînés avec amorçage musical entre étapes 1 et 2, et avec entraînement baseline entre étapes 2 et 3……35
Figure 9 Score de jugement de grammaticalité des enfants du groupe BM, entraînés avec amorçage baseline entre étapes 1 et 2, et entraînement amorcé musicalement entre étapes 2 et 3……35
Figure 10 Score moyen de compréhension syntaxique (et erreur-type) des 10 enfants avant et après l'entraînement avec amorçage musical ou l'entraînement baseline……36
Figure 11 Score moyen de compréhension syntaxique (et erreur-type) aux trois étapes, pour le groupe MB (entraînement amorcé musicalement entre étapes 1 et 2), et le groupe BM (entraînement amorcé entre étapes 2 et 3)……36
Figure 12 Score de compréhension syntaxique des enfants MB, entraînés avec amorçage musical entre étapes 1 et 2 et avec entraînement baseline entre étapes 2 et 3……...36
Figure 13 Score de compréhension syntaxique des enfants BM, entraînés avec amorçage musical entre étapes 1 et 2, et entraînement baseline entre étapes 2 et 3…….36
Figure 14 Score moyen de répétition de mots (et erreur-type) des dix enfants avant et après l'entraînement avec amorçage musical ou baseline…….37
Figure 15 Score moyen de répétition de mots (et erreur-type) aux trois étapes, pour le groupe MB (entraînement amorcé musicalement entre étapes 1 et 2), et BM (entraînement amorcé entre étapes 2 et 3)……...……37
Figure 16 Score de répétition de mots des enfants du groupe MB, entraînés avec amorçage musical entre étapes 1 et 2, et baseline entre étapes 2 et 3…….……..37
Figure 17 Score de répétition de mots des enfants du groupe BM, entraînés avec amorçage musical entre étapes 1 et 2, et baseline entre étapes 2 et 3……...……37
Figure 18 Pourcentage d'erreurs et erreur-type des dix enfants avant et après l'entraînement avec amorçage musical ou l'entraînement baseline…….39
Figure 19 Pourcentage d'erreurs et erreur-type aux 3 étapes, pour groupe MB (entraînement amorcé entre étapes 1 et 2) et groupe BM (entraînement amorcé entre étapes

2 et 3)……39
Figure 20 Pourcentage d'erreurs des enfants MB, entraînés avec amorçage musical entre étapes 1 et 2, et avec entraînement baseline entre étapes 2 et 3……...39
Figure 21 Pourcentage d'erreurs des enfants BM, entraînés avec amorçage musical entre étapes 1 et 2, et entraînement baseline entre étapes 2 et 3……...39
Figure 22 Vitesse (nombre de signes examinés * 60 / 1000) (et erreur-type) des dix enfants avant et après l'entraînement avec amorçage musical ou l'entraînement baseline……..…40
Figure 23 Vitesse (nombre de signes examinés * 60 / 1000 (et erreur-type) aux trois étapes, pour le groupe MB (entraînement amorcé musicalement entre étapes 1 et 2), et le groupe BM (entraînement amorcé entre étapes 2 et 3)……40
Figure 24 Vitesse des enfants du groupe MB, entraînés avec amorçage musical entre étapes 1 et 2, et avec baseline entre étapes 2 et 3……40
Figure 25 Vitesse des enfants du groupe BM, entraînés avec amorçage musical entre étapes 1 et 2, et entraînement baseline entre étapes 2 et 3……...40
Figure 26 Rendement (nombre de bons signes examinés en 10 mn) et erreur-type des dix enfants avant et après l'entraînement avec amorçage musical ou l'entraînement baseline……41
Figure 27 Rendement (nombre de bons signes examinés en 10 mn) et erreur-type aux trois étapes, pour le groupe MB (entraînement amorcé musicalement entre étapes 1 et 2), et le groupe BM (entraînement amorcé entre étapes 2 et 3)……...41
Figure 28 Rendement des enfants du groupe MB, entraînés avec amorçage musical entre étapes 1 et 2, et avec entraînement baseline entre étapes 2 et 3…….…...42
Figure 29 Rendement des enfants du groupe BM, entraînés avec amorçage musical entre étapes 1 et 2, et entraînement baseline entre étapes 2 et 3……...42
Figure 30 GZ = nombre de signes traités = indice de vitesse (et erreur-type) des dix enfants avant et après l'entraînement avec amorçage musical ou l'entraînement baseline……43
Figure 31 GZ = nombre de signes traités = indice de vitesse (et erreur-type) aux trois étapes, pour le groupe MB (entraînement amorcé musicalement entre étapes 1 et 2), et le groupe BM (entraînement amorcé entre étapes 2 et 3)……...43
Figure 32 GZ des enfants du groupe MB, entraînés avec amorçage musical entre étapes 1 et 2, et avec entraînement baseline entre étapes 2 et 3……43
Figure 33 GZ des enfants du groupe BM, entraînés avec amorçage musical entre étapes 1 et 2, et entraînement baseline entre étapes 2 et 3……43
Figure 34 F% = pourcentage d'erreurs (et erreur-type) des dix enfants avant et après l'entraînement avec amorçage musical ou l'entraînement baseline……44
Figure 35 F% = pourcentage d'erreurs (et erreur-type) aux 3 étapes, pour le groupe MB (entraînement amorcé musicalement entre étapes 1 et 2), et BM (entraînement amorcé entre étapes 2 et 3)……44
Figure 36 F% des enfants du groupe MB, entraînés avec amorçage musical entre étapes 1 et 2, et avec entraînement baseline entre étapes 2 et 3……44
Figure 37 F% des enfants du groupe BM, entraînés avec amorçage musical entre étapes 1 et 2, et entraînement baseline entre étapes 2 et 3……...…..44
Figure 38 GZ-F = Performance Globale (et erreur-type) des dix enfants avant et après

l'entraînement avec amorçage musical ou l'entraînement baseline……45
Figure 39 GZ-F = Performance Globale (et erreur-type) aux trois étapes, pour le groupe MB (entraînement amorcé musicalement entre étapes 1 et 2), et le groupe BM (entraînement amorcé entre étapes 2 et 3)……45
Figure 40 GZ-F des enfants du groupe MB, entraînés avec amorçage musical entre étapes 1 et 2, et avec entraînement baseline entre étapes 2 et 3…….……46
Figure 41 GZ-F des enfants du groupe BM, entraînés avec amorçage musical entre étapes 1 et 2, et entraînement baseline entre étapes 2 et 3……..46
Figure 42 KL = indice de concentration (et erreur-type) des dix enfants avant et après l'entraînement avec amorçage musical ou l'entraînement baseline…….…47
Figure 43 KL = indice de concentration (et erreur-type) aux trois étapes, pour le groupe MB (entraînement amorcé musicalement entre étapes 1 et 2), et le groupe BM (entraînement amorcé entre étapes 2 et 3)……47
Figure 44 KL des enfants du groupe MB, entraînés avec amorçage musical entre étapes 1 et 2, et avec entraînement baseline entre étapes 2 et 3…….47
Figure 45 KL des enfants du groupe BM, entraînés avec amorçage musical entre étapes 1 et 2, et entraînement baseline entre étapes 2 et 3…….47
Figure 46 Score de rappel endroit (et erreur-type) des dix enfants avant et après l'entraînement avec amorçage musical ou l'entraînement baseline…….……48
Figure 47 Score de rappel endroit (et erreur-type) aux trois étapes, pour le groupe MB (entraînement amorcé musicalement entre étapes 1 et 2), et le groupe BM (entraînement amorcé entre étapes 2 et 3)……..48
Figure 48 Score de rappel endroit des enfants du groupe MB, entraînés avec amorçage musical entre étapes 1 et 2, et avec entraînement baseline entre étapes 2 et 3……48
Figure 49 Score de rappel endroit dans le groupe BM, entraînés avec amorçage musical entre étapes 1 et 2, et entraînement baseline entre étapes 2 et 3…….…48
Figure 50 Score de rappel envers et erreur-type des 10 enfants avant et après l'entraînement avec amorçage ou baseline……...49
Figure 51 Score de rappel envers (et erreur-type) aux trois étapes, pour le groupe MB (entraînement amorcé musicalement entre étapes 1 et 2), et le groupe BM (entraînement amorcé entre étapes 2 et 3)……...49
Figure 52 Score de rappel envers des enfants MB, entraînés avec amorçage musical entre étapes 1 et 2, et avec entraînement baseline entre étapes 2 et 3……...49
Figure 53 Score de rappel envers des enfants BM, entraînés avec amorçage musical entre étapes 1 et 2, et entraînement baseline entre étapes 2 et 3……...49
Figure 54 Score de rappel (et erreur-type) des dix enfants avant et après l'entraînement avec amorçage musical ou l'entraînement baseline…….50
Figure 55 Score de rappel (et erreur-type) aux trois étapes, pour le groupe MB (entraînement amorcé entre étapes 1 et 2), et le groupe BM (entraînement amorcé entre étapes 2 et 3)……50
Figure 56 Score de rappel des enfants du groupe MB, entraînés avec amorçage musical entre étapes 1 et 2, et avec entraînement baseline entre étapes 2 et 3…….50
Figure 57 Score de rappel des enfants du groupe BM, entraînés avec amorçage musical entre étapes 1 et 2, et entraînement baseline entre étapes 2 et 3…….…50

TABLE DES ANNEXES

Annexe A Tableau présentant les moyennes en NB (Note Brute) et ET (Ecart Type) des deux groupes à l'évaluation pré-prise en charge 1.

Annexe B Tableaux présentant les résultats en NB des enfants et les moyennes des groupes MB et BM aux différentes épreuves.

Annexe B1 : Tableau des résultats en NB des enfants des deux groupes à l'épreuve de jugement de grammaticalité aux différentes étapes de notre étude.

Annexe B2 : Tableau des résultats en NB des enfants des deux groupes à l'épreuve de compréhension syntaxique aux différentes étapes de notre étude.

Annexe B3 : Tableau des résultats en NB des enfants des deux groupes à l'épreuve de répétition de mots/ logatomes aux différentes étapes de notre étude.

Annexe B4 *:* Tableau des résultats en NB des enfants des deux groupes à l'épreuve de double barrage de Zazzo aux différentes étapes de notre étude.

Annexe B5 : Tableau des résultats en NB des enfants des deux groupes à l'épreuve du d2 aux différentes étapes de notre étude.

Annexe B6 : Tableau des résultats en NB des enfants des deux groupes à l'épreuve d'empan endroit aux différentes étapes de notre étude.

Annexe B7 *:* Tableau des résultats en NB des enfants des deux groupes à l'épreuve d'empan envers aux différentes étapes de notre étude.

Annexe B8 *:* Tableau des résultats en NB des enfants des deux groupes à l'épreuve d'empan visuel aux différentes étapes de notre étude

Annexe C : Tableau des moyennes des notes brutes de l'ensemble de la population avant et après un entraînement avec amorçage rythmique et avant et après un entraînement avec amorce ligne de base à chacune des épreuves de notre bilan.

Annexe D : Épreuve du barrage de Zazzo effectuée par un des enfants lors de la deuxième évaluation.

Annexe E Épreuve du D2 effectuée par un des enfants lors de la deuxième évaluation.

Annexe F Exemple d'exercices de l'entraînement effectués au cours de l'étude.

Annexe F1 Exercices de jugement de grammaticalité avec annotations du correcteur

Annexe F2 Différents exercices de compréhension syntaxique effectués par les enfants.

INTRODUCTION

La surdité congénitale touche un nouveau-né sur 1000 chaque année en France (HAS 2007) et environ un quart d'entre eux présentent une déficience auditive sévère à profonde. Les conséquences de la surdité sont multiples : *« troubles de la communication préverbale chez le nourrisson avec incidences développementales, absence ou retard de langage, troubles de la parole et de la voix, difficultés d'intégration scolaire et/ou sociale »* (Brin et coll., 2004). En effet, au-delà de 90 décibels de perte auditive, l'enfant sourd profond congénital est dans une véritable « bulle d'isolement » (Dumont, 2008), laquelle constitue une entrave majeure à la mise en place de l'organisation cérébrale. C'est pourquoi ce type de déficience auditive nécessite une prise en charge précoce avec une réhabilitation prothétique et une rééducation orthophonique intensive.

Bien que l'implant cochléaire représente une avancée technologique considérable sur le plan de la réhabilitation auditive, l'enfant sourd profond congénital conserve un retard de développement langagier. Malgré la grande hétérogénéité des profils, l'aspect le plus touché s'avère être la morphosyntaxe. Parmi les hypothèses cherchant à comprendre l'origine du problème, les difficultés de traitement temporel du signal sonore et de perception du rythme constituent une piste de travail sérieuse.

Les effets bénéfiques de la musique sur l'apprentissage de la langue ont depuis longtemps été décrits et intégrés dans des méthodes de rééducation, notamment celle de Suzanne Borel-Maisonny, puis la méthode verbo-tonale et la DNP (Dynamique Naturelle de la Parole). L'implication de mécanismes neuronaux communs au traitement de la musique et du langage est au cœur de l'actualité de la recherche et suscite de nombreuses expériences, visant à mieux comprendre les fondements cognitifs de l'efficacité de techniques basées sur la musique. Une étude réalisée en 2014 par Lucie Brisseau et Pauline Molinier (mémoire en orthophonie), à la suite des travaux de Przybylski et coll. (2013), a contribué à montrer les bénéfices d'un amorçage rythmique régulier sur les performances syntaxiques auprès d'enfants présentant un Trouble Spécifique du Langage (TSL). Nous appuyant sur ce travail et sur les difficultés propres aux sourds, nous avons tenté de mesurer l'impact de ce même type d'amorçage sur le jugement grammatical et la compréhension syntaxique de jeunes enfants sourds profonds congénitaux équipés précocement d'un implant cochléaire.

PARTIE THÉORIQUE

1. La surdité profonde congénitale et ses conséquences

Le mot surdité regroupe à lui seul différents degrés d'atteinte de la fonction auditive. Il est d'usage de classer les surdités selon la localisation de l'atteinte, le degré de perte auditive et le moment de survenue. Dans le cadre des surdités profondes congénitales, il s'agit d'une surdité de perception ou « surdité neurosensorielle », avec une perte auditive supérieure à 90 dB et ce dès la naissance.

La surdité de perception porte atteinte au fonctionnement de l'oreille interne et notamment aux cellules ciliées externes et internes de l'organe de Corti. Ces dernières, modifiées en nombre et en qualité, entraînent sur le plan perceptif une perte en intensité mais également en définition du message par distorsion et perte des capacités de discrimination(Virole,1999).

D'autre part, avec ce degré de perte auditive, on parle de déprivation auditive avec de nombreuses conséquences développementales et cognitives.

1.1. Réorganisation cérébrale et notion de période critique

En l'absence de stimulation auditive, le cerveau se réorganise avec une notion de période critique. Celle-ci correspond à un laps de temps pendant lequel les voies auditives centrales sont extrêmement plastiques et ont plus que jamais besoin d'être stimulées pour développer leurs compétences (Dumont, 2013). Les travaux de Sharma et coll. (2007) suggèrent l'existence d'une période critique allant jusqu'à trois ans et demi dans le développement auditif central. À la fin de la période critique, les aires auditives secondaires sont découplées des aires auditives primaires et ne sont plus aptes à assurer une importante modulation cognitive de type top-down (Kral et coll., 2012, Kral, 2009).

Ce découplage laisse le cortex auditif secondaire disponible pour une réorganisation cross-modale. Dans les surdités congénitales ou très précoces, un hypermétabolisme des aires visuelles peut être observé (Dumont, 2013). Les travaux de Neville et coll. (2002) et les études en imagerie cérébrale de Fine et coll. (2005) procurent des preuves d'activation du cortex auditif par des stimuli visuels du langage.

1.2. Nécessité d'une réhabilitation précoce

La surdité congénitale, qui s'instaure dès la naissance, prive l'enfant d'inputs auditifs au moment même où son activité synaptique est à son apogée. Nous naissons en effet avec quelque 90 milliards de neurones que nous multiplions dans notre première année sous

l'influence de l'entourage et de l'environnement (Dumont, 2013). Cette densité synaptique dans le cortex augmente fortement pendant les quatre à six premiers mois de la vie pour atteindre un pic puis diminuer jusqu'à l'adolescence (Kral., 2009).

Dans le cadre d'une surdité préverbale, intervenant pendant la période critique que nous venons d'évoquer, le développement des compétences langagières qui doivent être acquises pendant ce laps de temps est altéré par manque de stimulation auditive (Dumont., 2013)

On comprend donc bien la nécessité absolue d'une réhabilitation prothétique pour l'enfant atteint de surdité de perception profonde congénitale et ce le plus tôt possible, comme le soulignent de nombreux auteurs (Geers et coll., 2003, Tobey et coll., 2013) et particulièrement avant l'âge de trois ans (Dumont, 2008).

1.3. Apports et limites de l'implant cochléaire

1.3.1. Principe

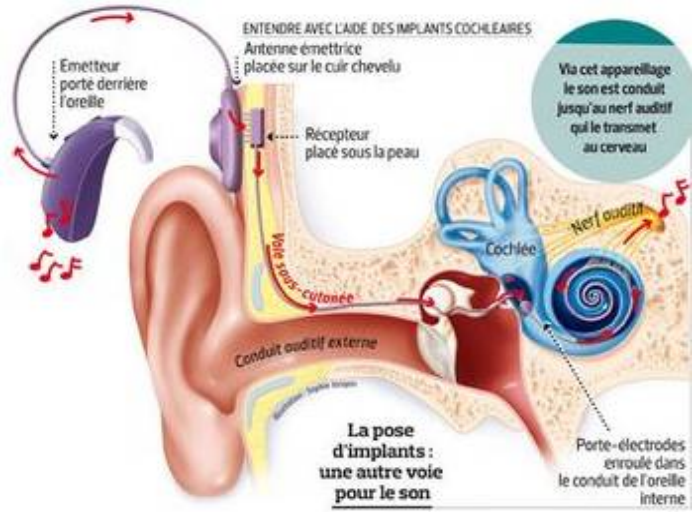


Figure 1 Principe de l'implant cochléaire
Source : CISIC (Centre d'Information sur la Surdité et l'Implant Cochléaire)

Il s'agit d'une prothèse électrique composée d'une partie externe amovible et d'une partie implantée. La partie externe comprend un microphone, un processeur vocal et une antenne aimantée. Le processeur réalise le codage des informations en impulsions électriques et l'antenne transmet ces informations à la partie interne, au travers de la peau. La partie implantée est composée d'un processeur et d'électrodes (Loundon et coll., 2009). Le principe de l'implant cochléaire est de transformer les signaux analogiques enregistrés par un microphone en signaux numériques qui stimulent directement les fibres du nerf auditif par l'intermédiaire d'électrodes insérées dans la rampe tympanique de la cochlée (HAS, 2011). L'implant cochléaire est donc un transducteur qui transforme le signal acoustique en

signal électrique, fonction normalement assurée par les cellules ciliées internes.

Cette prothèse donne lieu à un acte chirurgical. Les réponses du nerf cochléaire à l'implant sont mesurées par la technique des PEA (Potentiels Evoqués Auditifs). Ces tests permettent de vérifier que le couple implant-nerf fonctionne correctement et donnent une indication des seuils de stimulation efficaces en phase postopératoire (Loundon et coll., 2009). Le réglage de l'implant se fait quelques jours après l'opération. Les données se modifient dans les premiers mois avec la maturation des fibres nerveuses et le conditionnement de l'enfant. Une dizaine de réglages est à prévoir la première année puis une à deux fois par an (Loundon et coll., 2009)

1.3.2. Apports

Trois mois après l'activation de l'implant, l'enfant sourd est capable de percevoir l'alternance sons/silence (Loundon et coll., 2009) et de reconnaître les différents phonèmes. Dans les six mois, le gain auditif est de 20 à 30 dB (Briec, 2012) et au cours de la première année, l'enfant peut également reconnaître différents paramètres tels que la hauteur, la durée et l'intensité (Truy et coll., 2009). Après les premiers réglages, le jeune enfant implanté peut percevoir toutes les fréquences de 125 à 8000 Hz entre 30 et 40 dB environ, ce qui comprend les fréquences aiguës, capitales pour la compréhension de la parole (Loundon et coll., 2009). Après un à deux ans, il peut reconnaître des mots et des phrases simples et, entre deux et six ans, identifier des mots et phrases en liste ouverte. L'accès à la perception des mots en liste ouverte sans lecture labiale est le critère perceptif optimal (Loundon et coll., 2009).

Cet apport auditif conséquent couplé avec l'arrivée d'un feed-back de ses propres productions améliore nettement les performances des productions du bébé sourd : il fait résonner sa voix plus longtemps, mémorise son émission et peut ainsi en contrôler la durée et les variations mélodiques. Ceci entraîne un meilleur contrôle des organes vocaux, des mécanismes laryngés et respiratoires, préalable bénéfique pour les performances ultérieures (Lepot-Froment, 1996). Ainsi, après une courte période d'expérience auditive, on observe chez les tout-petits un accroissement des vocalisations et un développement du babillage canonique (Sharma et coll., 2004).

Sur le plan développemental, le langage oral suit alors des étapes comparables à celles des enfants normo-entendants : production de mots isolés puis association de deux mots pour aboutir à la production de phrases (Chin et coll., 2000).

Cette progression se poursuit sur le long terme puisque deux ans après l'implantation cochléaire, les enfants connaissent encore une amélioration de leurs

compétences langagières, ces dernières se rapprochant progressivement de celles des enfants entendants du même âge (Briec, 2012). Une étude de Geers et coll. (2003), réalisée auprès d'enfants sourds prélinguaux de huit à neuf ans implantés à l'âge de cinq ans, conclut que plus de la moitié ont démontré des compétences linguistiques similaires à celles d'enfants tout-venants du même âge, en raisonnement verbal, en capacités narratives, en longueur des énoncés produits et en diversité lexicale.

1.3.3. Limites

Entendre suppose d'une part de reconnaître les sons et de les organiser en unités de sens afin d'avoir accès au contenu sonore, d'autre part de construire le sens à partir du contexte et des connaissances partagées afin d'avoir accès au contenu sémantique (Dumont., 2012).

Or, sur le plan perceptif, l'audition avec implant est spécifique :

Premièrement, bien qu'il s'agisse d'un appareil très perfectionné, l'implant cochléaire ne peut prioriser la parole par rapport au bruit (Centre Québécois d'expertise en implant cochléaire) et, si la compréhension dans le silence est acquise pour une grande majorité de patients, la perception de la parole ou la participation à une conversation dans le bruit demeurent des situations difficiles (Lazard et coll., 2012).

Deuxièmement, les informations acoustiques délivrées par les électrodes implantées ont une organisation particulière en énergie, temps et fréquence (Dumont 2013). Il en résulte pour l'enfant implanté une nécessité d'apprentissage pour traiter le flux sonore. Plusieurs années, deux à trois ans selon Dumont (2013), sont donc nécessaires pour que l'enfant apprenne à interpréter ce qu'il entend grâce à l'implant (Leybaert et coll., 2004). Le début de la prise en charge orthophonique passe donc par cette étape d'éducation auditive également appelée « réhabilitation auditivo-cognitive » par Ambert-Dahan (2011).

Par ailleurs, les processus de traitement de l'information sonore sont complexes comme exposé ci-dessous (Dumont., 2013) :

La perception est toujours multi sensorielle : elle engage à la fois l'audition, la vision et la motricité. Le traitement de l'information nécessite également des compétences cognitives telles que l'attention, la mémoire, la flexibilité et l'anticipation. En effet, entendre la parole pour comprendre le langage nécessite une écoute « active ». Perception auditive, visuelle, motrice, connaissances, compétences cognitives, prise en compte du contexte permettent de passer du signal au sens. Et l'enfant atteint de surdité profonde congénitale et muni d'un implant cochléaire doit « construire son écoute ».

2. Les compétences après implant

2.1. Compétences générales

Dans l'année qui suit l'activation des électrodes, les capacités de production s'accroissent. La prosodie est parfois affectée avec des phénomènes de suraccentuation et des erreurs phonétiques qui touchent les mots longs.

On relève des difficultés de programmation rapide d'articulation qui peuvent réduire l'intelligibilité orale (Audoit et coll., 2005). Les implants ne codent pas complètement toutes les informations spectrales notamment pour le lieu d'articulation, la boucle audio phonatoire qui se met en place après l'activation des électrodes reste altérée alors que certains sujets gagnent en intelligibilité orale, la tendance générale de la production demeure singulière.

Les premiers sons perçus sont inconstants, et l'altération de la perception catégorielle donne lieu à des productions de consonnes et de voyelles assez floues. Des processus phonologiques simplificateurs et des confusions au niveau morphosyntaxique (genres, liaisons, flexions verbales) sont observés chez les enfants. L'information acoustique étant partielle, le traitement du message verbal implique l'accès à des représentations prosodiques, phonologiques et lexicales.

Les bénéfices vocaux de l'implant sont bien connus : abaissement de la fréquence moyenne du fondamental et augmentation significative de la présence des harmoniques. Selon Geers et coll. (2003) et Tobey et coll. (2013), on observe des progrès continus dans la production des sons de la langue chez les enfants implantés, et en particulier dans la prosodie. Les émergences et le développement de l'intonation chez des enfants implantés précocement se feraient de la même façon que chez les enfants entendants.

Si le lexique s'élargit dès les premiers mois et s'améliore dans le temps, les éléments syntaxiques sont plus difficiles à maîtriser avec une variabilité individuelle importante. Différents facteurs interviennent : âge d'implantation, audition résiduelle, mode de communication et groupe socioculturel. Pisoni (2000 [92]) a mis en évidence l'impact de la mémoire de travail, la récapitulation, la vitesse d'articulation et le scanning sériel, montrant ainsi les habiletés cognitives nécessaires pour traiter l'information verbale délivrée par les électrodes implantées.

C'est pourquoi notre étude s'intéresse tout particulièrement à cet aspect de la langue chez les enfants sourds implantés.

2.2. Usage et compréhension de la morphosyntaxe

Les travaux linguistiques sur le français des sourds présentent tous la morphosyntaxe comme le domaine le plus affecté (Tuller, 2000, Bédart et coll., 1999 ; Young et coll., 2002 ; Spencer, 2004 ; Boons et coll., 2013). Tuller (2000) considère même que cela concerne 90% des erreurs de langage.

Concernant la nature des erreurs morphosyntaxiques elles-mêmes, ce même auteur indique que « *ce sont les catégories fonctionnelles et les processus syntaxiques qui y sont liés qui sont les plus vulnérables et ce particulièrement dans le cadre d'une surdité pré-linguistique* ». De nombreuses études se sont intéressées à la morphosyntaxe des sourds après implantation cochléaire. Nous nous appuierons pour cette recherche sur les travaux de Boons et coll. (2013), Hage (2006), Le Normand (2009), Vincent-Durroux (2014), Spencer (2004), Wavreille et coll. (2012), Young et coll. (2002) ainsi que sur le Guide Pratique pour l'Enseignement des Enfants Sourds qui s'appuie lui-même sur les travaux de nombreux auteurs. Ceci nous permet de dresser une liste des principales caractéristiques du discours de l'enfant sourd implanté cochléaire sur le plan syntaxique :

- productions de constructions syntaxiques peu variées avec des phrases simples, courtes et stéréotypées,

- confusions et/ou omissions d'articles, prépositions, conjonctions, adverbes surtout dans les fonctions temporelles,

- difficultés à manier les notions de genre et de nombre pour les noms, verbes, adjectifs, articles, pronoms,

- confusions des auxiliaires être et avoir et des flexions verbales temporelles des verbes, peu d'emplois des adjectifs comparatifs et superlatifs, des articles et adjectifs démonstratifs,

- erreurs dans les énoncés complexes : propositions relatives, circonstancielles…

Sur le plan de la compréhension, les propositions relatives, les structures relationnelles (autant que, ni… ni) et la voix passive sont difficilement appréhendées.

Ces difficultés sont fortement comparables à celles des enfants TSL.

L'étude longitudinale de Le Normand (2009) qui porte sur une cohorte de 50 enfants implantés cochléaires depuis un à sept ans pose des hypothèses sur la nature du retard de maîtrise des mots grammaticaux d'une part, et des perturbations persistantes dans le traitement du nom et du verbe d'autre part. Ce sujet fait l'objet de vifs débats dans la communauté scientifique et l'auteur rapporte les différentes interprétations existant à ce jour : un déficit de perception de la parole (Svirky et coll., 2000, 2004), de mémoire

auditivo-verbale (Pisoni et coll., 2000 [94] ; Pisoni et coll., 2003), d'accès morpho-phonologique (Regol, 2001 ; Regol et coll., 2002) ou encore d'accès au lexique de production (Le Normand, 2004, 2007). L'auteure elle-même pose l'hypothèse selon laquelle ces difficultés pourraient également être dues aux perturbations du traitement de la parole qui touchent à des degrés divers tous les enfants porteurs d'implant, cette hypothèse étant appelée « hypothèse prosodique ». Celle-ci s'appuie sur le fait qu'une faible sensibilité du nourrisson au rythme et à la mélodie de la langue maternelle expliquerait les futures difficultés morphosyntaxiques de ces enfants. C'est cette hypothèse, au cœur de l'actualité de la recherche, que nous tentons d'expliquer dans le paragraphe suivant.

2.3. Rythme : les difficultés de traitement temporel

Nombre de problèmes liés à un mauvais traitement temporel et à une perception déficitaire du rythme sont décrits dans la littérature. Nous nous intéressons à leurs liens avec l'attention et le traitement de la parole.

Comparé à l'information visuelle ou tactile, le traitement de l'information auditive semble requérir une attention particulièrement soutenue surtout au début du développement (Tillmann et coll., 2012). Si les traitements auditifs demandent particulièrement d'attention, l'attention temporelle, à son tour, se développe mieux si la perception auditive n'est pas déficitaire. Des données montrent en effet qu'une audition normale, dès le début de la vie, favorise les progrès dans des tâches impliquant des processus temporels, la perception du rythme, le rappel sériel immédiat, la perception de patterns séquentiels (Tillmann et coll., 2012) et l'apprentissage implicite de séquences (Conway et coll., 2005). Cela s'explique sans doute par le fait que les sons constituent un matériel intrinsèquement séquentiel dans lequel les aspects temporels (durée et ordre des événements) sont primordiaux (Tillmann et coll., 2012). Un lien intime est donc tissé entre la cognition auditive et les processus temporels et séquentiels. C'est pourquoi, en redonnant accès à des informations auditives, même imparfaites ou atypiques, l'implant cochléaire permettrait aux personnes atteintes de surdité profonde de bénéficier d'une partie de cet avantage (Conway et coll., 2008)

Le fait de ne pas percevoir d'information auditive priverait l'enfant de la source la plus efficace d'exercice de ses capacités de séquentiation d'un signal. Cela aurait des retentissements négatifs sur le développement des processus impliquant l'attention temporelle, c'est-à-dire sur des traitements de haut niveau susceptibles d'être mis en œuvre à travers diverses modalités sensorielles. Cela pourrait expliquer pourquoi la surdité profonde s'accompagne de difficultés marquées pour les traitements impliquant une prise

en compte précise des aspects temporels de divers types d'information, ou d'analyse du signal. Cela peut avoir des retentissements divers sur le traitement du langage.

Virole et Esperne (2011) montrent la grande difficulté de deux enfants sourds profonds congénitaux implantés cochléaires (IC), âgés de dix ans, avec l'intégration de la durée et du temps de silence lors de l'apprentissage du piano. Le rythme n'est pas aisément intégrable par ces deux enfants et les durées de silence, entre deux sons, sont difficilement respectées, ce qui les empêche par exemple de reproduire la structure temporelle d'une séquence musicale.

Les travaux de Conway et coll. (2009) insistent sur l'importance d'être confronté à des informations sonores pour développer les habilités cognitives séquentielles, autrement dit l'attention temporelle. Ils soulignent qu'un manque de stimulation auditive précoce entrave ultérieurement l'encodage et la manipulation d'informations séquentielles, quelle que soit la modalité sensorielle mobilisée. C'est ainsi que les enfants sourds rencontrent des difficultés lors de tâches demandant l'apprentissage, le rappel et la manipulation d'informations sérielles. Même chez les enfants IC, l'apprentissage implicite de séquences visuelles est amoindri par rapport aux enfants entendants (Conway et coll., 2008). Or l'apprentissage implicite est lui-même significativement corrélé aux mesures des processus de langage oral. Les résultats des travaux de cette équipe montrent également qu'une simple période de privation d'audition a des effets secondaires sur l'organisation cérébrale et la cognition. En 2011, Conway et coll. [21] effectuent une étude sur quelques mesures cognitives non verbales : séquençage moteur, discrimination tactile, inhibition, intégration visuo-motrice et processus visuo-spatiaux. Les résultats montrent que les enfants IC ont des difficultés spécifiques pour le séquençage moteur (*tapping*). L'attention temporelle semble donc bien leur poser un problème particulier. Schlumberger et coll. (2004) ont par ailleurs observé un ralentissement des réponses chez les enfants IC dans des tâches plus basiques de répétition sérielle de mouvements (e.g., taper le genou avec une main de manière répétée), mais qui s'appuient largement sur la séquentiation. Le succès de l'acquisition du langage dépendrait de l'intégrité du développement des capacités motrices. Selon Ullman (2004), les retards dans l'apprentissage de la séquentialité contribuent largement aux problèmes d'acquisition de la grammaire.

Ces résultats sont cliniquement importants car ils suggèrent qu'une prédiction clinique des bénéfices de l'IC est possible à partir d'une évaluation des compétences en traitement temporel du rythme. Ils incitent aussi à imaginer de nouveaux programmes d'intervention visant l'amélioration des capacités d'apprentissage implicite de séquences

chez l'enfant sourd profond IC afin d'optimiser les avantages qu'il pourra tirer de celui-ci pour le développement du langage. C'est dans cette perspective que des interventions basées sur l'entraînement des capacités cognitives de séquençage, les fonctions exécutives et le contrôle cognitif sont proposées (e.g, Jaeggi et coll., 2013 ; Klingberg et coll., 2005). Elles sont susceptibles d'optimiser les apports des stratégies de traitement standard basées sur l'audition, en amont comme en aval de celles-ci.

En bref, il semblerait donc que, même lorsqu'ils bénéficient d'un IC, les sourds aient des difficultés avec la séquentialité à cause de lacunes dans le développement de l'attention temporelle. C'est pourquoi il est possible de supposer qu'un entraînement rythmique puisse les aider, et avoir un retentissement positif sur l'analyse du signal de parole puisque celle-ci requiert la séquentiation. C'est là le questionnement qui motive notre recherche, destinée à améliorer la prise en charge des déficits de traitement syntaxique chez les enfants sourds implantés cochléaires.

3. Pourquoi un entraînement rythmique pour améliorer le langage ?

3.1. Traitement de la musique et langage

« *S'il existe des aires cérébrales communes au traitement cognitif du langage et à celui de la musique, [...] on peut imaginer que l'apprentissage de la musique peut influencer le fonctionnement de ces aires, et donc agir sur le traitement du langage* » (Besson, 2011).

3.1.1 Des ressources cérébrales en partie communes

Le langage et la musique ont chacun une organisation (grammaire) de type hiérarchique et suivent des règles. Au-delà de ces points communs, peut-on penser qu'ils partagent quelque chose au niveau du fonctionnement cérébral ? Existe-il une certaine répartition de ressources communes ou sont-ils traités de façon indépendante ? Ces questions sont au cœur d'une réflexion sur les possibilités de tirer parti d'éventuelles influences positives entre les deux, c'est-à-dire utiliser la musique pour réhabiliter le traitement du langage.

Pour Fodor (1983), Mann et coll. (1983) et Peretz et coll. (2003), les fonctions langagières et musicales sont indépendantes. Ils défendent ainsi une hypothèse modulaire. Mann et coll. (1983) expliquent qu'il existerait deux sortes de perception auditive. La première serait dévolue au traitement de la parole et la seconde au traitement des signaux auditifs non verbaux. Ceci est en concordance avec l'existence de patients atteints d'amusie qui n'ont pas de trouble aphasique et des patients aphasiques sans trouble musical. Une double dissociation est donc possible entre les troubles du langage et ceux de la musique.

Cependant, les progrès en termes d'exploration cérébrale ont permis de relativiser cette idée. Que ce soit grâce à des expériences en IRMf (Imagerie par résonnance magnétique fonctionnelle) ou en EEG (électroencéphalographie), l'activation des aires cérébrales a pu être étudiée lors d'analyses linguistiques et musicales. Maess et coll. (2001) ont observé que de telles analyses activaient les mêmes localisations cérébrales à savoir l'aire de Broca et son homologue droit considérées jusqu'à présent comme propres au langage. Il y aurait donc des structures neuronales au moins en partie communes à ces deux compétences.

Patel, s'appuyant sur ces découvertes neurophysiologiques, en vient, en 2003, à formuler l'Hypothèse des Ressources d'Intégration Syntaxiques Partagées pour la musique et le langage (SSIRH). Il soutient que pour interpréter une phrase ou une séquence musicale, l'auditeur utiliserait en partie les mêmes processus. Par exemple, la mise en relation d'événements musicaux ou linguistiques requiert toujours des capacités de mémoire de travail. Aussi, l'attention et l'aptitude à intégrer temporellement les événements sonores sont nécessaires dans ces deux domaines afin de concevoir une représentation mentale cohérente (Tillmann et coll., 2012). Tous deux exigent donc, d'un point de vue cognitif, des ressources mnésiques et attentionnelles importantes.

L'étude précédente de Patel ainsi que ses travaux sur l'hypothèse OPERA (« **O**verlap **P**recision **E**motion **R**epetition **A**ttention » ; 2011, 2012, 2014) ont permis la naissance d'une autre théorie : l'hypothèse SEP (1) "*Sound Envelope Processing* and (2) *Synchronization and Entrainment to Pulse*" décrite par Fujii et Wan (2014). Celle-ci est l'extension, spécifique au rythme, de l'OPERA. La SEP tente d'expliquer les bénéfices liés à un entraînement rythmique musical pour la réhabilitation de la parole et du langage. Elle se base pour cela sur deux éléments fondamentaux : le traitement de l'enveloppe sonore et la synchronisation des rythmes cérébraux avec les rythmes présents dans l'environnement (parole perçue, musique…) qui impliquerait des réseaux cérébraux sous-tendant la communication. L'hypothèse d'un partage de circuits neuronaux pour percevoir et produire du rythme en musique et en langage est soutenue par plusieurs chercheurs (Corriveau et coll., 2009 ; Kotz et coll. 2009 ; 2010 ; 2011 ; Goswami, 2011 ; Fujii et coll., 2014). Plus précisément, la SEP se base sur quatre circuits neuronaux communs à la musique et au langage: 1/ le circuit afférent auditif qui contient le tronc cérébral, le thalamus, le cervelet et le cortex temporal pour l'encodage précis de l'enveloppe sonore et des événements temporels ; 2/ le circuit sous-cortical-préfrontal pour les processus émotionnels ; 3/ le circuit impliquant les ganglions de la base, le thalamus et des aires corticales pour réaliser

la synchronisation des rythmes cérébraux avec les rythmes présents dans l'environnement et traiter le rythme ; 4/ le circuit efférent cortico-moteur pour les réponses motrices (e.g., taper dans les mains en rythme, produire la parole, la musique…).

Tous ces points communs au niveau des circuits cérébraux encouragent à penser qu'une réhabilitation de la communication et du langage puisse se faire par la musique.

3.1.2 Des processus d'analyse semblables

Le langage et la musique partagent des caractéristiques acoustiques : les informations sont basées sur la hauteur (perçue comme l'opposition grave/aigu), le timbre et la dimension temporelle (tempo, rythme et métrique). De plus, tous deux reposent sur des unités (phonèmes, syllabes, mots / notes, accords) présentant une organisation hiérarchique. Nous cherchons alors à faire le lien entre ces caractéristiques semblables et les recherches précédentes qui s'interrogent sur l'existence d'une communauté de ressources cognitives entre la musique et le langage.

3.1.2.1 Les structures temporelles

Le rythme est un principe organisateur déterminant pour la structure des événements dans le temps ; à ce titre, il prend part à de nombreuses activités humaines comme la musique et le langage.

En musique, le rythme est défini comme l'organisation temporelle des notes. Autrement dit, c'est l'organisation des durées et des intervalles (court vs long) entre différents événements (les notes) qui se succèdent dans le temps. Cette organisation va permettre, parfois, de faire ressortir une certaine périodicité : un ensemble de mêmes événements se répétant régulièrement, même si en partie reconstruit cognitivement. Si cette périodicité existe, le rythme est caractérisé de métrique (par opposition à un rythme non métrique). De cette périodicité va naître une pulsation qui pourra être extraite et qui deviendra la référence temporelle commune aux auditeurs, leur permettant ainsi d'être synchrones s'ils souhaitent jouer un morceau ou chanter, danser ensemble, taper dans leurs mains en écoutant la musique. Toutefois, tous les événements musicaux qui se répètent n'ont pas la même valeur et n'interviennent pas systématiquement sur le battement sous-jacent régulier qu'est la pulsation. Cela est à l'origine d'une structure hiérarchique avec des pulsations à différents niveaux d'échelle de temps. On parle alors de métrique. Elle englobe tous ces événements dans des groupes plus étendus : les mesures. La mesure se définit de deux façons : par le nombre de temps la composant (deux -comme la marche, trois -comme la valse, ou cinq à sept temps si la mesure est plus élaborée) et par

l'alternance entre les événements perçus comme forts ou faibles, accentués ou non. Il est possible de percevoir un temps fort intervenant systématiquement au même moment dans chaque mesure (c'est à dire la pulsation), ce qui sert de référence pour compter les mesures (en tapant dans ses mains par exemple). En prenant l'exemple de la valse, qui a une métrique de 3, la pulsation sous-jacente est [123123123]. Le premier temps étant le plus important cela donne [**1**23**1**23**1**23] (Tillmann et coll., 2012).

Au-delà de la musique, le rythme est également une caractéristique du langage. On le définit comme « l'organisation temporelle de la proéminence (ou accentuation) » qui prend part à la structuration prosodique de la parole (Astésano, 2001 ; Astésano et coll., 2012), c'est-à-dire l'organisation temporelle des accents (forts vs faibles). En ce sens, le rythme, combiné à l'intonation, constitue la structure de l'organisation prosodique. La prosodie a plusieurs fonctions à différents niveaux. Au niveau lexical, elle délimite un mot, notamment en anglais avec un accent par mot (langue à rythme accentuel). Au niveau phrastique, elle permet de structurer l'information en groupant des mots en unités syntaxiques pertinentes et en fournissant des contours intonatifs (e.g., élévation pour les questions, baisse pour les déclarations...). Enfin, au niveau discursif, la prosodie met en avant de nouvelles informations importantes (e.g., focus prosodique). Elle dépend également de plusieurs paramètres acoustiques : les caractéristiques spectrales, la fréquence fondamentale (F0), l'intensité et la durée/rythme, que l'on retrouve aussi en musique. Les durées séparant les syllabes françaises (langue à rythme syllabique) ou les accents en anglais, confèrent un rythme à la parole. La façon dont les phonèmes accentués ou non se succèdent forme une structure qui peut être considérée comme la métrique dans le domaine de la parole, et qui hiérarchise les événements. En français, les syllabes ont des durées assez semblables et une accentuation se produit fréquemment en fin de mot. Une pulsation naîtrait alors avec la récurrence de syllabes accentuées (Cason et coll., 2012) et guiderait la production et la perception de la parole. L'analyse du langage s'appuierait sur cette régularité temporelle pour créer une attente des éléments linguistiques suivants.

Patel (2007) et Schmidt-Kassow et coll. (2008) ont mis en avant une propension à attendre une régularité rythmique dans tout signal sonore, biaisant ainsi la perception du rythme dans la parole. Cela permet d'anticiper la venue d'éléments linguistiques importants et d'effectuer des groupements pertinents. Si les voyelles accentuées sont séparées par un rythme régulier, les phonèmes dans la parole sont mieux détectés (Quéné et coll., 2005). Cummins et coll. (1998) montrent quant à eux qu'en production les locuteurs répètent des phrases en accentuant certaines syllabes de manière régulière. Cette anticipation, qui

implique l'attention, améliore l'analyse des unités perçues au moment prévu. Un bon traitement de la parole serait donc sous-tendu par une bonne capacité à analyser le rythme.

Sur le plan du rythme, une analogie est donc possible entre musique et langage, et les mécanismes cognitifs et cérébraux sous-jacents à la perception des caractéristiques rythmiques pourraient être communs aux deux domaines.

3.1.2.2. Les structures syntaxiques

En musique et dans le langage, des unités simples (notes ou phonèmes) s'assemblent pour construire des unités plus complexes (l'accord ou le mot) et accéder enfin à un message musical ou linguistique (la phrase). La musique est dirigée par des règles harmoniques, alors que le langage est soumis à des règles syntaxiques.

De nombreuses études ont été menées pour connaître le lien entre le traitement de la syntaxe linguistique et celle de la musique. Patel et coll. ont effectué en 1998 la première étude électrophysiologique à ce sujet et ont recueilli des potentiels évoqués (ERPs, Event-Related brain Potentials). Des études du même type ont été menées par Koelsch et coll. (2005), Steinbeis et coll. (2008), et Jentschke et coll. (2009) et ont montré la présence d'une onde négative, précoce (à 200 ms après l'écoute du stimulus déviant) et antérieure, similaire en cas de détection d'irrégularités syntaxiques dans les deux domaines. L'Early Left Anterior Negativity (ELAN) est suscitée par des violations de catégorie grammaticale de mots dans une phrase (pour le langage), alors qu'une autre onde – ERAN, Early Right Anterior Negativity est relevée lors d'accords inattendus dans des progressions harmoniques (pour la musique). Toutes deux sont activées par la violation d'une structure attendue, ce qui suggère l'existence de mécanismes neuronaux analogues impliqués dans le traitement des structures en musique et dans le langage. L'étude de Sammler et coll. (2009) a répliqué ces résultats, toujours en ERPs, et a permis de préciser la co-localisation des supports neuronaux de la détection précoce des erreurs syntaxiques musicales et linguistiques dans le lobe temporal supérieur, bilatéralement, et une probable implication commune du lobe frontal inférieur. Tout cela suggère que le début d'une phrase ou d'une mélodie permet à l'auditeur de développer des attentes perceptives sur les types d'événements qui devraient suivre afin de respecter les structures du système. En cas de violation des attentes, le traitement de l'incongruité ralentit le traitement de l'événement, et des ressources neuronales supplémentaires sont requises par rapport à des situations conformes aux anticipations (Tillmann et coll., 2012). Des recherches conduites en magnétoencéphalographie (MEG) et en IRMf ont mis en avant l'importance primordiale du cortex frontal inférieur (aire de Broca et son homologue droit) par une activation plus forte

de ce dernier lors de la perception d'accords ou de mots inattendus du point de vue grammatical (Tillmann, 2005 ; Kotz et coll., 2003). Ces travaux signalent aussi l'implication d'un réseau cortical comprenant des aires temporales, frontales, mais aussi pariétales.

3.1.2.3. La hauteur

La hauteur est une caractéristique acoustique cruciale tant pour la musique que pour la parole, car elle permet de transmettre une multitude d'informations (discrimination question/affirmation, émotions...). Les variations de la fréquence fondamentale (F0) sont le socle de la structure perceptive d'un signal. Gosselin et coll. (2010) pensent que le traitement de la prosodie et de ses composantes mélodiques (musique) et intonatives (parole) est similaire pour les deux domaines, suggérant l'utilisation de mécanismes communs de perception de haut niveau. Ceci est en accord avec les résultats de l'étude réalisée par Liu et coll. (2010) sur des personnes amusiques congénitales. Celles-ci montrent une difficulté à traiter les informations de hauteur, tant sur un matériel musical que linguistique. Ces patients ont des déficits de discrimination d'une question ou d'une affirmation, en français et en anglais.

3.2. Plasticité cérébrale et notion de transfert

« *La musique a le pouvoir de changer le cerveau* » (Patel, 2007). La découverte de l'existence d'une plasticité cérébrale permettant à la pratique musicale de produire des modifications cérébrales, ainsi que des transferts possibles de la musique vers certaines compétences langagières (Peretz et coll., 2005) a été mis en avant par les études suivantes.

3.2.1 Corrélations

Anvari et coll. (2002) ont montré l'existence d'une relation significative entre les capacités musicales, la discrimination phonologique et le développement de la lecture. Pour cela les auteurs ont utilisé des tâches de discrimination phonémique (e.g. rimes), de lecture, de vocabulaire, de musique (e.g. discrimination rythmique et mélodique, production de rythme), d'empan et de mathématiques. Par ailleurs, Musacchia et coll. (2007, 2008) ont montré une corrélation positive entre le nombre d'années de pratique musicale et l'intensité de l'encodage sous-cortical de la hauteur.

3.2.2. L'expertise musicale

Nombre de bénéfices dus à l'expertise musicale ont été relatés. Selon Marques et coll. (2007), les musiciens détectent mieux les violations de hauteur dans une langue étrangère

que les non musiciens et sont plus rapides d'environ 300 ms (ERPs) pour détecter si la fin d'une phrase est correcte ou non au niveau prosodique. Ils auraient une meilleure capacité de discrimination de la hauteur en musique comme en parole. Des travaux montrent qu'ils percevraient mieux les variations fines de hauteur dans des phrases et seraient également plus sensibles aux manipulations expérimentales suprasegmentales de la hauteur que les non musiciens quand la variation de hauteur sur le dernier mot est difficile à détecter, et ce pour le langage natif (Schön et coll., 2004) comme pour une langue étrangère (Marques et coll., 2007). Ils sont aussi plus sensibles aux variations segmentales et de ton dans une langue étrangère pour laquelle ces variations sont linguistiquement pertinentes (Marie et coll., 2012) ainsi qu' à la structure métrique des mots (Marie et coll., 2011).

Jantzen et coll. (2014) montrent que les musiciens ont une représentation temporelle et tonale des stimuli auditifs plus précise avec une sensibilité accrue aux indices acoustiques et une meilleure attention sélective pour des caractéristiques temporelles de la parole (comme la durée de voisement). Kraus et coll. (2014) ont montré que la pratique musicale change la façon dont le colliculus inférieur (un relais sous-cortical du traitement auditif) traite le langage : l'analyse des sons est améliorée, et avec elle, celle de la prosodie de la parole tant chez l'adulte que chez l'enfant musicien. Selon Chobert et coll. (2013), l'expertise musicale favoriserait aussi l'acquisition d'une seconde langue, car elle optimiserait la précision de la perception des sons de la parole, la construction de représentations solides, une segmentation pertinente des mots et une bonne association son/sens, une prononciation appropriée ainsi que des habiletés de mémoire et d'attention. De plus, en lien avec notre problématique, l'expertise musicale améliore le traitement précoce des violations syntaxiques dans le langage (Fitzroy et coll., 2012).

Tous ces résultats suggèrent fortement que la pratique musicale provoque des effets positifs profonds et durables sur le cerveau. *« Une pratique répétée optimise les circuits neuronaux en modifiant le nombre de neurones impliqués, le degré de synchronisation temporelle et le nombre et la force des connexions synaptiques excitatrices ou inhibitrices »* (Habib et coll., 2008).

3.2.3. L'entraînement musical

Chez des enfants tout-venants, l'entraînement musical à court terme s'accompagne d'une augmentation des capacités de lecture et des aptitudes à segmenter un nouveau flux de parole en mots (Moreno et coll. 2009 ; François et coll., 2012). Dans une étude de Magne et coll. (2006), ces enfants ont été exposés, soit à un entraînement musical, soit à des cours de peinture. Après l'entraînement, les « musiciens » percevaient plus finement les

variations de hauteur, tant pour la musique que pour la parole, que les « peintres ». Les formants vocaliques et les transitions rapides à l'origine de la discrimination de consonnes et de la sélection d'informations appropriées seraient également mieux saisis suite à un entraînement musical (Kraus et coll., 2010 ; Parbery-Clark et coll., 2011).

Besson et coll. (2011) et Overy (2000, 2003) ont étudié l'impact d'un entraînement musical à court terme chez des enfants dyslexiques. Suite à des jeux de percussions, tapping ou chant, une amélioration des aptitudes phonologiques ainsi qu'orthographiques (capacités à épeler) s'est produite chez ces enfants initialement déficitaires pour ces compétences. Une étude coordonnée par Flaugnacco (2014) a montré l'impact positif plus net d'un entraînement musical que d'un entraînement en arts plastiques chez des enfants dyslexiques sur les performances phonologiques. Chez des enfants sourds profonds appareillés ou implantés, de tels entraînements produisent une amélioration de la discrimination phonétique ainsi qu'une meilleure production vocale. C'est ce qu'a montré Rochette (2012) en proposant à ces enfants des épreuves auditives comme l'identification, la discrimination, l'analyse de scènes auditives et la mémoire auditive.

3.2.4. Technique de l'amorçage musical : exposition musicale à court terme

L'exposition à une stimulation musicale (rythmique et métrique) brève suivie d'une information langagière à analyser a aussi montré des bénéfices sur le langage. Effectivement, le traitement du rythme influe positivement, et apparemment rapidement, sur les facultés générales d'extraction des compositions temporelles. Ces répercussions rapides sur le traitement de la parole nous intéressent particulièrement dans notre recherche. Cason et coll. (2012) ont montré les profits apportés par ce type d'exposition sur la détection de phonèmes chez des adultes. Une amorce musicale dont la métrique est binaire favorise la détection de phonème à la fin d'un pseudo-mot composé de deux syllabes. Ils ont également montré que la cohérence entre la prosodie d'un stimulus verbal et la pulsation (position du temps fort) dans l'amorce musicale qui précède améliore le traitement phonologique du mot entendu. Par exemple, une amorce musicale ternaire avec le temps fort au troisième temps permet une meilleure détection de phonème dans le pseudo-mot trisyllabique qui suit si ce phonème se trouve dans la troisième syllabe du mot (même position que le temps fort de l'amorce) plutôt que dans la deuxième. Tout cela suggère le partage de structures cérébrales, ou au moins de ressources partiellement communes, entre la perception du langage et de la musique pour le traitement de la métrique et de la pulsation.

Des bénéfices ont également été observés à la suite d'un amorçage rythmique

musical sur le traitement syntaxique chez des patients ayant des difficultés grammaticales. Kotz et coll. (2005) ont décrit cet effet chez des patients atteints de lésions des ganglions de la base. Cela serait dû à l'absence d'une onde cérébrale positive (P600) se déclenchant normalement 600ms après l'audition d'une incohérence syntaxique. Celle-ci réapparaîtrait cependant lorsque des phrases syntaxiquement incorrectes sont présentées après l'écoute d'une amorce rythmique musicale binaire. Cette amorce préparerait l'attention à découper le signal de parole en segments de taille adéquate au traitement syntaxique. Ces effets bénéfiques ont été répliqués chez des patients parkinsoniens qui eux aussi souffrent de difficultés syntaxiques (Kotz et coll, 2005). Przybylski et coll. (2013) ont montré de semblables améliorations chez des enfants porteurs d'un trouble persistant du langage (TSL), chez des enfants dyslexiques, de même que chez les enfants contrôles sans pathologie des apprentissages.

Musique et langage partageraient des ressources neuronales et des bénéfices liés à un entraînement musical dans plusieurs domaines linguistiques (Patel, 2007), incitant à tirer profit de la musique pour stimuler l'analyse du langage et proposer des aides pour la rééducation en utilisant la musique (Tillmann et coll., 2012).

3.3. Rythme et cortex auditif

Nous avons vu que la perception d'un rythme, en particulier si sa régularité est facile à repérer, a un impact positif sur le traitement linguistique. Pour expliquer par quel mécanisme neurobiologique le rythme musical peut améliorer le traitement de la parole, des hypothèses ont évoqué une influence passant par l'attention temporelle. Le rythme musical entrerait en résonance avec des rythmes endogènes du cerveau, qui auraient la double propriété de se modifier en fonction du contexte rythmique ambiant, et de déterminer la distribution temporelle de l'attention et, par suite, l'analyse du signal.

3.3.1. Théorie de l'Attention Dynamique (DAT-Jones et coll., 2002)

Jones (2002) postule que la perception des structures temporelles serait sous-tendue par une fluctuation des ressources attentionnelles allouées par l'auditeur. L'attention se déploierait par cycles avec des maxima et des minima. L'auditeur traiterait mieux les informations lors d'un pic attentionnel correspondant neurophysiologiquement à un pic d'excitabilité. Le rythme auquel ces décharges se produisent, et donc le rythme de l'attention temporelle, serait en partie déterminé par le rythme des oscillations cérébrales endogènes. Ces rythmes cérébraux seraient cependant plastiques et auraient tendance à

s’ajuster au rythme de l’information ambiante, ce qui permettrait une synchronisation entre les instants où l’attention est optimale et ceux où les informations importantes (délimitant par exemple les unités d’information à extraire) se produisent. Cette synchronisation repose sur un phénomène d’entraînement, qui aboutit à l’ajustement des phases des oscillations endogènes et de celles du rythme présent dans l’environnement, notamment sonore. Le signal sonore musical se déroule comme une série d’événements plus ou moins accentués, se répétant régulièrement et créant ainsi une périodicité prédictible. C’est aussi le cas, dans une moindre mesure, pour le signal de parole. Lorsque la synchronisation s’opère (*phase-locking*), comme le montrent Schroeder et coll. (2008), la périodicité du signal coïncide avec l’augmentation du niveau attentionnel et l’élévation de l'excitabilité des neurones (Drake, 2010). La distribution temporellement régulière, mais ajustable, des ressources attentionnelles, permet à l'auditeur d’anticiper efficacement la venue des prochains événements importants. Selon Jones et coll. (2002), si le début d'un cycle coïncide avec le début d'un signal informatif externe, l'analyse de ce signal est optimisée et les intégrations structurelles et temporelles sont améliorées. Przybylski et coll. (2013), en accord avec Jones et coll. (2002), ont montré qu'un amorçage rythmique régulier avait un impact sur le langage plus bénéfique qu'un amorçage irrégulier. La rythmicité de l'amorce pourrait donc pré-ajuster l'attention temporelle des auditeurs en modulant leurs oscillateurs internes.

3.3.2. Rythmes corticaux endogènes

Il existe au niveau du cortex auditif une activité oscillatoire spontanée (au repos). Lorsqu'un signal sonore est perçu, cette activité s’amplifie et s'organise temporellement. Ceci serait à l'origine d'un échantillonnage, c’est-à-dire d’une segmentation de l'information en unités langagières exploitables (Giraud et coll., 2012).

La Théorie de l'échantillonnage asymétrique (Asymmetric Sampling in Time, AST) proposée par Poeppel (2003) étudie ces oscillations. Il existerait deux systèmes d'échantillonnage permettant de découper le signal de parole simultanément en phonèmes et en syllabes. Le premier se situerait principalement dans le cortex auditif gauche, comportant de grandes cellules pyramidales ayant une activité oscillatoire spontanée d'environ 40 Hertz. Ces ondes rapides (dans la frange inférieure de la bande gamma, 25-35 Hz) permettraient de découper un flux de parole en phonèmes, en permettant d’extraire des indices acoustiques rapides comme les transitions formantiques (Lehongre et coll., 2011). Le second système d’analyse reposerait surtout sur le cortex auditif droit, contenant une majorité de petites cellules ayant une activité oscillatoire de repos d'environ 4Hz. Ces

ondes lentes (thêta) seraient adaptées à l'extraction de syllabes, à la prosodie, aux groupes de mots et au rythme musical. Ces deux rythmes oscillatoires sont donc complémentaires. La synchronisation des rythmes endogènes au rythme de l'information entrante permettrait non seulement une analyse temporelle adaptée, mais favoriserait aussi l'activation de connaissances sur les unités extraites. Les segments découpés pourraient alors s'associer à des représentations linguistiques (phonèmes, syllabes...) stockées en mémoire (Giraud, 2008). De plus, Ghitza (2011) montre que les oscillations thêta et gamma se structurent en une organisation hiérarchique où les ondes lentes emboîtent et organisent les plus rapides, pour un fonctionnement temporellement harmonieux (Giraud et coll., 2012). C'est pourquoi la modulation des ondes cérébrales lentes est tellement importante : leur bon ajustement au rythme du signal d'entrée permet une bonne analyse de celui-ci à plusieurs échelles.

Toutefois, des défauts peuvent subvenir dans les oscillateurs internes :

1/ une anomalie de leur rythme,

2/ une insuffisance de leur déclenchement spontané,

3/ une perturbation du processus de synchronisation.

Cest trois anomalies perturberaient l'extraction d'unités syllabiques, prosodiques et importantes pour la syntaxe. C'est l'explication évoquée par Goswami (2011) à travers la théorie *Temporal Sampling Framework* pour l'origine de certaines pathologies du langage.

Ce concept de rythmes endogènes et ces théories constituent un contexte théorique approprié à notre étude, car ils expliquent par quel mécanisme neurobiologique le rythme musical exerce une action positive sur le traitement temporel de la parole. Un amorçage musical, si son rythme peut être extrait facilement, permettrait à son tour la synchronisation des oscillateurs internes avec l'information linguistique à traiter ensuite, car il rendrait l'extraction et l'analyse des informations langagières plus faciles et performantes.

PROBLÉMATIQUE ET HYPOTHÈSES THÉORIQUES

Le suivi orthophonique des enfants sourds met en avant une difficulté générale dans le domaine de la syntaxe, également documentée dans la littérature scientifique. Malgré l'implantation cochléaire précoce, cette difficulté demeure, ce qui pose question.

Selon Conway et coll. (2009), si les difficultés de syntaxe s'expliquent en partie par

une séquentiation imparfaite du langage, il reste à en expliquer l'origine.

En s'appuyant sur la Théorie de l'Attention Dynamique et sur les travaux au sujet des oscillations cérébrales, il est possible d'imaginer que les difficultés syntaxiques soient parfois liées à un déficit du traitement temporel de l'information. L'analyse syntaxique d'une phrase repose en effet sur le découpage temporel (séquentiation) du signal, support d'anticipations quant au moment où devrait se présenter un certain type d'information. Dans le cas des enfants sourds, la persistance des difficultés en syntaxe pourrait s'expliquer par un dysfonctionnement de cette distribution temporelle de l'attention, entravant la séquentiation et perturbant les anticipations qui garantissent une analyse grammaticale correcte. L'importante limitation des stimulations auditives pendant la petite enfance en serait responsable. La privation de signaux auditifs pourrait en effet altérer la mise en place des capacités de séquentiation, car l'environnement sonore – dont ils ont été privés pendant la petite enfance – serait une source privilégiée du renforcement des oscillations cérébrales lentes. Or ces oscillations lentes guident l'attention pour des anticipations temporelles et une séquentiation du signal en unités de taille adaptée à l'analyse syntaxique. Par la suite, la distribution temporelle de l'attention resterait atypique, expliquant l'imperfection des anticipations temporelles, elles-mêmes déterminantes pour l'analyse syntaxique.

L'observation d'un effet bénéfique produit sur le traitement syntaxique par une prise en charge visant à améliorer la distribution temporelle de l'attention d'enfants sourds constituerait un argument pour soutenir ce type d'interprétation et renforcer le cadre théorique proposé C'est pourquoi nous nous interrogeons sur la possibilité d'améliorer le traitement syntaxique chez des enfants sourds implantés en mettant en place un protocole d'aide à l'apprentissage de la syntaxe incluant une composante stimulant directement l'attention temporelle de façon appropriée à l'analyse syntaxique. L'amélioration attendue pourrait s'effectuer en pré-ajustant certaines oscillations cérébrales et en modulant l'attention temporelle par une stimulation rythmique musicale.

L'**Hypothèse Théorique 1** est donc que, privés de stimulations sonores généralement depuis le plus jeune âge, les enfants sourds implantés présenteraient des anomalies de l'attention temporelle, d'où une séquentiation imparfaite du signal de parole en larges unités supra-segmentales, importantes pour la syntaxe. Leurs difficultés syntaxiques auraient donc une composante attentionnelle.

Si les difficultés persistantes en syntaxe reposent en partie sur cette lacune, il est possible d'imaginer une tentative de remédiation consistant à stimuler de façon transitoire les oscillateurs cérébraux qui sous-tendent la séquentiation en larges unités, de façon à prédisposer la distribution de l'attention temporelle de façon adaptée à l'analyse syntaxique. Cette idée sous-tend le principe d'amorçage rythmique par la musique présentée avant le traitement d'un matériel verbal, et nous permet de proposer une hypothèse opérationnelle relative à notre hypothèse théorique. Des travaux préalables utilisant ce principe ont déjà montré un bénéfice apporté par une amorce rythmique régulière sur le traitement syntaxique d'enfants TSL et dyslexiques, par rapport à une amorce moins régulière (Przybylski et coll., 2013), ou une amorce auditive non rythmique (Tillmann et coll., 2014).

L'étude de l'effet d'un amorçage musical sur un traitement linguistique suppose aussi de poser une autre hypothèse théorique, sur les liens entre musique et langage.

L'**Hypothèse Théorique 2** est que le traitement de la musique a un point commun avec le traitement du langage : la nécessité d'une implication importante de l'attention temporelle dans l'analyse implicite du rythme qui les compose. Ceci suggère que ces processus partagent des ressources cognitives et cérébrales communes.

L'**Hypothèse Opérationnelle** est qu'il est possible, en rééducation, d'utiliser efficacement, bien que ponctuellement, un amorçage rythmique avant des exercices de syntaxe classiques en orthophonie. Cet amorçage rythmique, que nous proposons de produire à partir d'une séquence musicale, permettrait aux enfants de mieux réussir les exercices de syntaxe et donc de progresser davantage dans ce domaine. Grâce à cette meilleure réussite des exercices, des enfants sourds implantés cochléaires devraient davantage progresser dans des épreuves de compréhension syntaxique et de jugement de grammaticalité que si les exercices sont proposés sans amorçage En testant cette hypothèse au moyen d'un protocole de rééducation comparant les effets de remédiation utilisant ou non l'amorçage, nous espérons recueillir des arguments favorables aux deux hypothèses théoriques.

PARTIE EXPÉRIMENTALE

4. La population

4.1. Critères d'inclusion

Les enfants qui participaient à notre étude devaient impérativement :

- présenter une surdité bilatérale congénitale profonde ;
- être âgés de 5 à 11 ans
- être équipés d'un implant cochléaire avant l'âge de 2 ans 3 mois maximum
- bénéficier d'une prise en charge orthophonique, en libéral ou en institution spécialisée, depuis le diagnostic de surdité.

4.2. Critères d'exclusion

Ces mêmes enfants ne devaient pas :

- être porteurs d'un handicap associé diagnostiqué (moteur, intellectuel ou visuel) ;
- être repérés comme porteurs d'un trouble psychoaffectif ou d'un Trouble Envahissant du Développement (TED) portant atteinte aux capacités communicationnelles.

En revanche, nous n'avons pas retenu le bilinguisme comme critère d'exclusion. Effectivement plusieurs auteurs comme Bialystok (2011), Etien (2011) et Dana-Gordon et coll. (2013) ont mis en avant l'absence de préjudice de ce bilinguisme sur les fonctions cognitives et l'acquisition du langage. Il n'y avait donc pas de raison d'exclure les enfants bilingues de notre population.

4.3. Présentation de notre échantillon

Pour recruter notre population, nous avons contacté les institutions et orthophonistes libéraux prenant en rééducation des enfants correspondant à nos critères, et sensibles à notre étude. Suite à cette démarche, nous avons trouvé dix enfants : cinq en cabinet libéral, à Paris ou à Rueil-Malmaison, et cinq dans une institution, à l'ADESDA (Association Départementale pour l'Éducation Spécialisée des enfants et adolescents Déficients Auditifs) de Carrières-sous-Poissy et de Guyancourt. Les dix enfants de notre recherche avaient de 5 ans 6 mois à 10 ans 5 mois (pour un âge moyen de 7ans 2 mois +/- 1 an 3 mois) au début de l'étude (cf tableau 1).

Il est intéressant de noter qu'aucun de ces enfants n'avaient pratiqué la musique.

Enfants	Sexe	Âge	Âge d'implantation	Implant	Type d'implant	Prothèse controlatérale	Bilinguisme	Âge de début de la prise en charge orthophonique	Classe
Ba	M	10ans5	2 ans	Oreille gauche	Nucleus CI RECA	oui	polonais	10 mois	CM2
Cl	M	7ans6	1 an et 4A7	bilatéral	Nucleus CP 810	-	non	5 mois	CE1
Ky	M	7ans4	23 mois	Oreille droite	Naida advance bionics	oui	non	2 ans 2	CE1
Ma	F	5ans6	2ans2 (D) et 4A9 (G)	bilatéral	Cochléar CP 810	-	non	6 mois	GSM
Md	F	6ans4	1an6 (D) et 4ans (G)	bilatéral	Cochléar CP 810	-	non	9 mois	CP
Mé	F	7ans	19 mois	Oreille gauche	Cochléar	Oui (port irrégulier)	LPC et français signé	2 mois	CE1
Pi	M	8ans5	15 mois et 4 an	Bilatéral	Cochléar	-	non	8 mois	CE1
Ré	M	6ans9	1 an 9	Oreille gauche	Cochléar CP 810	non	turc	1 an	CP-CE1
Si	M	6ans3	19 mois (D) et 4A9 (G)	bilatéral	Cochléar CP 810	-	non	1 an 1	CP
S-P	M	6ans6	15 mois	Oreille droite et bilatéral à la toute fin de l'étude	Cochléar CP 910	Oui (port régulier) + nouvel implant en avril 2015	non	10 mois	CP

Tableau 2 Présentation des enfants de notre étude

5. Procédure

Pour mener à bien notre étude nous avons choisi la méthode du cross-over (comme, par exemple, dans l'étude de Rochette, 2012). Celle-ci a pour principe de diviser la population en deux groupes égaux et de les soumettre à tour de rôle à deux traitements différents : amorçage rythmique et amorçage par bruit de l'environnement (ligne de base), chacun suivis d'un entraînement langagier. Chaque patient était donc confronté aux deux traitements et donc utilisé comme son propre témoin (cf Figure 2).

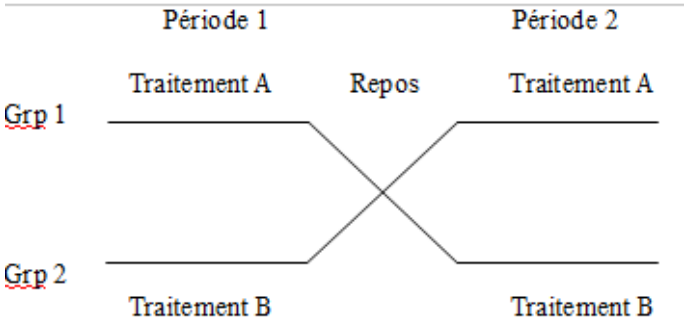


Figure 2 Principe du cross-over

Les intérêts d'une telle méthode sont de permettre une comparaison intra-individuelle, un contrôle des effets d'ordre, et une réduction de la taille de l'effectif nécessaire (Sibbald et coll., 1998, Cleophas, 1996).

L'ensemble du protocole contenait plusieurs étapes. Tout d'abord, les enfants faisaient l'objet d'une évaluation pré-prise en charge qui comprenait des épreuves de jugement de grammaticalité, de compréhension syntaxique, d'empans mnésiques et d'attention soutenue. Cela permettait de les répartir en Groupes A et B tout en homogénéisant les niveaux de ces groupes à partir des résultats obtenus aux épreuves de jugement de grammaticalité et de compréhension syntaxique de la batterie EXALANG (5-8 et 8-11 ; cf annexe A).

Ensuite commençait la Prise en Charge 1, différente selon le groupe : le Groupe A suivait une série de huit séances de vingt minutes deux fois par semaine, avec des exercices de syntaxe qui étaient chacun précédés d'une amorce auditive rythmique (séquence musicale de 30 secondes) ;

Le Groupe B réalisait les mêmes exercices proposés au même rythme mais après des amorces auditives non-rythmiques (ligne de base, condition d'amorçage neutre) consistant en des sons de l'environnement.

Les enfants des deux groupes étaient ensuite ré-évalués avec les mêmes épreuves

que dans la phase Évaluation Pré-Prise en Charge 1.

Après deux semaines de repos, la Prise en Charge 2 commençait : les enfants du Groupe A la réalisaient cette fois après des amorces auditives non rythmiques et ceux du Groupe B après des amorces auditives rythmiques. Dès la fin de cette seconde prise en charge, tous les enfants passaient l'Evaluation Post-Prise en Charge 2 identique aux deux précédentes. La figure ci-dessous permet de visualiser cette méthode de cross-over.

<table>
<tr><th>Groupe</th><td rowspan="3">Évaluation pré-prise en charge</td><th>Prise en Charge 1</th><td rowspan="3">Évaluation post-prise en charge 1</td><th>Prise en Charge 2</th><td rowspan="3">Évaluation post-prise en charge 2</td></tr>
<tr><td>A</td><td>Amorçage auditif rythmique</td><td>Amorçage auditif non rythmique</td></tr>
<tr><td>B</td><td>Amorçage auditif non rythmique</td><td>Amorçage auditif rythmique</td></tr>
</table>

Figure 3 Schéma expliquant la méthode du cross-over et son application lors de la présente étude.

6. Matériel

Dans notre étude, nous cherchons à montrer qu'un amorçage rythmique musical optimise les effets d'une prise en charge ciblée sur l'amélioration des capacités morphosyntaxiques des enfants sourds implantés. Les épreuves permettront de juger si l'amorçage rythmique a un effet positif sur le langage oral : épreuves de jugement de grammaticalité et de compréhension syntaxique**.** Un second objectif est de tester l'attention temporelle visuelle et l'effet d'une prise en charge avec amorçage rythmique sur celle-ci. L'attention temporelle est en effet connue pour intervenir dans la séquentiation permettant de découper le signal de parole et d'anticiper les prochaines informations importantes pour l'analyse, ici syntaxique (épreuves grammaticales) ou phonologique (répétition de mots). Enfin, la mémoire à court terme et la mémoire de travail ont été évaluées avec des épreuves d'empans, dans lesquelles le langage et l'attention temporelle ne sont pas directement impliqués, et pour lesquels moins de progrès étaient attendus, afin de réfuter l'hypothèse selon laquelle les difficultés morphosyntaxiques des enfants seraient également dues à un déficit mnésique.

6.1. Épreuves du bilan d'Évaluation Pré- et Post-Prise en Charge 1 et 2

Les tests utilisés lors des bilans sont présentés dans l'ordre dans lequel les enfants les ont passés. Pour cela, nous avions choisi notamment la batterie EXALANG. Celle-ci présentait en effet, outre ses qualités intrinsèques, de nombreux avantages : conditions de recueil des

résultats identiques pour tous quel que soit le lieu de passation des épreuves (cabinet libéral, institution, école, domicile des parents), position de l'enfant et de l'expérimentateur côte à côte face à l'écran, recueil et calcul de données informatisés. L'expérimentateur ne donnait pas les bonnes réponses lors de la passation. Quant aux épreuves elles-mêmes, EXALANG permettait à la fois de tester le jugement grammatical et la compréhension syntaxique qui étaient au cœur de notre étude, mais aussi des tests mnésiques et attentionnels pertinents pour notre recherche.

6.1.1. Jugement de grammaticalité (EXALANG 5-8 et 8-11, Thibault, Helloin, Orthomotus ©2010)

Cette épreuve évalue les compétences en compréhension morphologique et syntaxique. L'enfant devait juger si la syntaxe d'une phrase énoncée oralement par l'ordinateur était correcte ou non et la corriger en cas d'erreur. Avant de commencer l'épreuve, on s'assurait que la consigne, présentée à l'écrit ou énoncée à l'oral selon l'âge, était bien comprise, en donnant un exemple de phrase syntaxiquement incorrecte et ne figurant pas parmi celles du test : « Maman est contente. Il a réussi son gâteau ». Cela permettait d'éviter que les enfants jugent l'adéquation sémantique au lieu de la syntaxe elle-même, ce qui était souvent le cas s'il n'y avait pas d'explication préalable

6.1.2. Compréhension syntaxique (EXALANG 5-8 et 8-11)

Cette épreuve évalue la compréhension lexicale et syntaxique. L'enfant devait effectuer des tâches selon une consigne orale. Elles étaient regroupées en quatre parties, de complexité croissante. En suivant la consigne qui comportait une certaine complexité syntaxique, l'enfant devait par exemple :

- Colorier les éléments d'une scène dessinée (Exalang 5-8)
- Déplacer des objets ou des personnes (Exalang 5-8 et 8-11)
- Déplacer des objets d'après une consigne complexe (8-11)

6.1.3. Empan de chiffres endroit (EXALANG 5-8 et 8-11)

L'épreuve d'empan endroit évalue les capacités de mémoire à court terme. L'enfant devait répéter une suite de chiffres dans le même ordre qu'énoncé par l'ordinateur. Une série correctement répétée donnait lieu à la présentation d'une série avec un élément en plus. Après deux échecs consécutifs à des séries de même longueur, l'épreuve s'arrêtait. Cette épreuve permettait de relever la taille de l'empan mnésique de l'enfant, c'est-à-dire le nombre d'éléments de la plus longue série de chiffres correctement restituée.

6.1.4. Empan de chiffres envers (EXALANG 5-8 et 8-11)

Cette épreuve mesure les capacités de mémoire de travail. L'enfant devait répéter une suite de chiffres à l'envers (e.g. l'ordinateur énonce « 5-4-2 » et l'enfant doit réciter « 2-4-5 »). L'épreuve s'arrêtait après deux échecs et l'empan envers de l'enfant correspondait au nombre d'éléments de la plus longue série correctement rappelée.

6.1.5 Répétition de mots monosyllabiques (EXALANG 5-8) ou de logatomes (EXALANG 8-11)

Les capacités de rétention verbale à court terme sont mises en jeu dans ces tests. L'enfant devait répéter une suite de mots monosyllabiques ou de logatomes. Il était parfois difficile, lors de la mesure de cet empan chez certains enfants sourds, de distinguer les déformations phonologiques dues à un trouble phonologique, articulatoire, perceptif ou mnésique. Les résultats dépendaient alors en partie de la subjectivité de l'examinateur qui devait veiller à conserver les mêmes critères à toutes les passations.

6.1.6. Empan visuel (EXALANG 8-11)

Lors de cette épreuve, l'enfant devait reproduire le trajet d'une balle de tennis sur un court. Il devait observer sur l'écran une balle qui rebondissait puis, une fois celle-ci disparue, pointer les endroits du court où elle était apparue, dans le bon ordre. La balle commençait par rebondir deux fois puis, si l'enfant réussissait, trois fois et cela jusqu'à cinq fois. Si l'enfant se trompait, il avait droit à une deuxième chance avec le même nombre de rebonds.

6.1.7. Épreuve du double barrage de Zazzo (version de 10 minutes, 1972)

Cette épreuve a pour but de mesurer l'attention soutenue et l'attention divisée des enfants. Dans la deuxième épreuve de Zazzo (la première étant le barrage d'un unique signe), deux stimuli légèrement différents étaient présentés à l'enfant parmi huit formes (cf Figure 4). L'enfant avait dix minutes pour barrer le plus de cibles possibles sur une feuille A3 comportant 40 lignes de 25 signes. Plusieurs éléments étaient calculés en fin d'épreuve :

- la vitesse : nombre de signes examinés par minute.
- L'inexactitude : nombre d'erreurs par omission ou addition (fausse alarme) commises sur le nombre de signes à barrer plus le nombre d'additions.
- Le rendement : nombre de signes correctement barrés en dix minutes

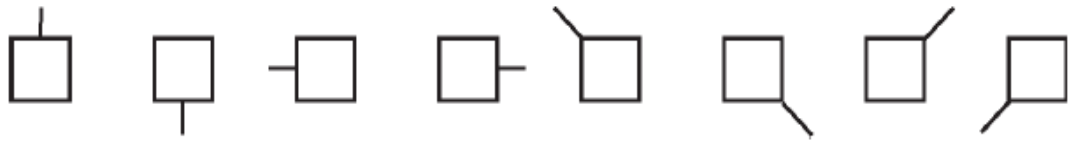


Figure 4 Formes utilisées dans le test des deux barrages de Zazzo (1972)

6.1.8. Le test du D2

Afin d'évaluer également l'attention soutenue, l'épreuve du D2 propose une feuille A4 comprenant 14 lignes de 47 signes disposés aléatoirement. Durant 20 secondes, le participant devait barrer les cibles d'une ligne. L'examinateur signalait la fin de ce délai en disant « stop ! » et le participant passait à la ligne suivante sans perdre de temps. Les signes étaient tous des « d » et des « p », accompagnés ou non d'un ou deux traits (cf Figure 5). Ces derniers étaient placés soit au-dessus, soit au-dessous de la lettre. Les cibles à barrer étaient le « d » avec deux traits, soit au-dessus, soit au-dessous, soit un au-dessus et un au-dessous. La cotation portait sur le nombre total de signes étudiés, le nombre d'erreurs (omissions ou additions), ainsi que la répartition des erreurs. Ce dernier critère permettait de savoir à quel moment de l'épreuve l'enfant faisait le plus de fautes. On regardait séparément le nombre de fautes commises dans les quatre premières lignes, dans les six suivantes et dans les quatre dernières.



Figure 5 Formes utilisées dans le test du D2 (Brickenkamp, 1969)

6.2. Matériel auditif pour l'amorçage

Lors de notre étude, les enfants étaient soumis a deux types d'amorce d'une trentaine de secondes chacune. Celles-ci leur étaient présentées avant un groupe d'exercices, c'est-à-dire cinq fois au cours de la séance de 20 minutes. Chaque exercice était composé de dix items et prenait dix minutes. Les amorces étaient diffusées à l'aide d'enceintes, à un niveau sonore adapté et confortable pour l'enfant. Ce dernier se situait à 40 centimètres de la source sonore.

Pour l'amorçage rythmique, quatre amorces différentes étaient utilisées pour chaque enfant : une par semaine, c'est-à-dire pour deux séances. L'une des amorces a été réalisée lors de la précédente étude de Przybylski et coll. (2013). Cette amorce était jouée par des instruments à percussion (e.g. un tam-tam à 175 Hz et des maracas à 466 Hz). L'amorce régulière avait une structure rythmique simple permettant l'extraction de la pulsation sous-jacente. Son rythme était de 2 Hertz, permettant à l'auditeur d'extraire facilement les unités d'information nécessaires au traitement syntaxique ensuite demandé sur une phrase entendue. Les trois autres amorces étaient construites de façon similaire. Nous avons utilisé différentes amorces afin de diversifier le matériel et rendre l'écoute plus

intéressante pour l'enfant. Si l'enfant n'arrivait pas à écouter l'amorce sans bouger, nous lui demandions s'il pouvait essayer de reproduire le rythme en même temps que la musique en frappant dans ses mains. Cela lui permettait alors d'anticiper les notes.

Pour l'amorçage non rythmique, quatre enregistrements de scènes sonores avec des sons environnementaux de 30 secondes étaient utilisés pour chaque enfant. Ces scènes sonores ont été choisies pour représenter un fond sonore relativement neutre et pour ne pas contenir de mots identifiables ou de régularités temporelles entre les sons. Comme pour les amorces rythmiques, une séquence sonore différente a été utilisée pour chaque semaine. Ces sons provenaient du site « sound fishing » (http://www.sound-fishing.net/) et étaient libres de droit. L'un résultait d'un enregistrement dans la rue (voitures, bruits de pas, brouhaha...), un autre était une scène de cantine (bruits de vaisselle, brouhaha de voix enfantines, criaillements, bruits de chaises...), un autre était un enregistrement réalisé sur un marché, et le dernier présentait les bruits d'un parc d'enfants. Les enfants devaient trouver ou imaginer où se déroulait la scène pour rester attentifs jusqu'à la fin de l'amorce. Cet exercice est apparu difficile pour la majorité d'entre eux.

6.3. Matériel pour les entraînements

Afin de nous assurer de la bonne adéquation des séances d'entraînement avec les difficultés morphosyntaxiques des enfants sourds, nous avons créé nous-mêmes notre matériel. Chaque phase d'entraînement était constituée de huit séances de vingt minutes pour chaque enfant. Chaque séance était elle-même divisée en deux parties : jugement de grammaticalité et compréhension syntaxique.

6.3.1. Jugement de grammaticalité

Cet exercice s'est inspiré de l'épreuve de jugement de grammaticalité de la batterie Exalang. Pour chaque tranche d'âge (5-8 et 8-11), nous avons créé, pour chaque entraînement, huit séries de dix phrases ciblées sur les difficultés syntaxiques suivantes :

Pour les 5-8 ans :

- prépositions spatiales : « Marion monte dans la chaise »
- genre des articles : « Tatie a un belle robe »
- flexions verbales de nombre : « Pierre et Paul fait la course »
- genre des pronoms : « Adrien a un habit de Zorro. Elle l'a eu pour Noël »
- structures relationnelles « ni… ni » : « les renards ne sont ni grands pas noirs »
- structures relationnelles : « pourquoi / parce que » : « la fille est triste pourquoi sa poupée est cassée »

- omission de préposition : « la voiture rouge est la voiture papa »
- formes comparatives : « Jeanne est plus petite pas Marie »

Pour les 8-11 ans :

Tous les types d'exercices précédents, plus quelques-uns adaptés à leur âge :

- flexions verbales temporelles : « samedi prochain, j'allais jouer au foot »
- confusion des auxiliaires être et avoir : « j'ai malade, je crois : j'ai de la fièvre »
- redondance des adjectifs possessifs : « après le match de foot, son T-shirt de Pierre est tout sale »
- concordance des temps : « si j'avais des sous, je m'achète une nouvelle DS »
- flexions des pronoms C.O.D. : « il a beaucoup de livres, il ne l'a pas tous lus »

Conditions de passation :

Après avoir entendu l'amorce de trente secondes, l'enfant devait écouter les cinq premières phrases, énoncées par l'expérimentateur, en disant à chaque fois si elles étaient syntaxiquement correctes ou non. Dès qu'une phrase ne l'était pas, il devait la corriger. L'amorce était ensuite présentée une seconde fois, avant une deuxième série de cinq phrases. Si l'enfant se trompait (soit en prenant la mauvaise décision, soit en corrigeant mal la phrase), l'examinateur le notait sur la feuille de suivi mais attendait la fin des cinq phrases pour apporter la correction à l'enfant, afin de maintenir au plus haut niveau l'effet de l'amorçage.

6.3.2. Compréhension syntaxique

Cet exercice se basait sur l'épreuve de compréhension syntaxique de la batterie EXALANG. De la même façon que pour l'épreuve de jugement grammatical, nous avons créé pour chaque tranche d'âge huit séries d'exercices, en utilisant pour certains des matériels comme « cartasyntax » ou « c'est dans l'image », et pour d'autres des images sélectionnées sur Internet. Pour chaque image, nous avons créé cinq phrases pouvant s'y rapporter.

Ces phrases sont ciblées sur les difficultés morphosyntaxiques suivantes :

Pour les 5-8 ans :

- complément du nom : « le garçon au fond du terrain a des chaussettes vertes »
- proposition relative: « L'animal qui est sous la table est tacheté. »
- opposition « tous/quelques » : « Quelques fleurs sont rouges. »
- prépositions spatiales : « le ballon derrière l'éléphant est bleu et jaune », « dessine deux balles violettes entre la souris et l'éléphant »

- genre et nombre des pronoms : « elle lit », « ils dansent ensemble »
- superlatifs : « que fait le garçon le plus proche de la porte ? », « la plus petite des personnes a les cheveux blonds »
- forme passive (plus facile d'après une image) : « le chien est porté et tire la langue »

Pour les 8-11 ans :

- pronom personnel objet : « il le pousse en tombant », « il les surveille avec ses jumelles »
- forme passive : « elle est coiffée par deux filles »
- propositions relatives complexes: « le bouquet qui est dans la main de la jeune fille est jaune »
- opposition « tous/sauf » : « tous les volets sont verts sauf deux »
- concordance des temps : « quand elle aura fini d'arroser les plantes, elle ira jouer avec les autres »

Conditions de passation

L'enfant écoutait une amorce avant chaque exercice de cinq items chacun. Il s'agissait dans tous les cas de bien écouter la consigne énoncée oralement et d'effectuer sans se tromper ce qui était demandé. Après avoir entendu la phrase, l'enfant devait soit désigner l'élément pertinent sur l'image, soit le colorier de la couleur demandée, soit dessiner lui-même ce qu'il avait entendu. L'enfant pouvait aussi être confronté à deux images identiques à quelques exceptions près, et devait désigner l'élément pertinent selon ce qui lui était demandé. Par exemple : « l'enfant au maillot bleu est content ». Sur l'une des images l'enfant en question était en colère, un autre souriait. Il fallait donc bien faire attention à tous les éléments de la phrase. Parfois l'enfant devait colorier ou dessiner selon ce qu'il entendait : « Tous les garçons sont roux sauf ceux au pantalon noir », « il fait beau mais le soleil est entouré de trois nuages »... D'autres fois encore, il devait désigner l'image correspondant à la phrase parmi quatre images. Le but était de varier le plus possible ces exercices pour que l'enfant ne s'ennuie pas.

PRÉSENTATION DES RÉSULTATS

L'absence de différence significative entre les performances des deux groupes a d'abord été vérifiée à l'étape 1 au moyen d'un *t* de Student bilatéral non apparié.

Puis, la différence de performance entre les étapes pré- et post-entraînement a été testée d'une part pour l'entraînement avec amorçage musical, d'autre part avec l'entraînement baseline, avec des tests *t* de Student unilatéraux et appariés, que l'entraînement ait été proposé en première ou en seconde partie de prise en charge.

Bien que les effectifs soient petits, des analyses de la variance à mesures répétées ont été conduites sur les scores pour chacun des tests, avec le facteur intra-individuel Etape (étape1, étape2, étape3) et le facteur inter-individuel Groupe (MB = entraînement amorcé Musicalement entre étapes 1 et 2 puis entraînement Baseline entre étapes 2 et 3 ; BM = entraînement Baseline entre étapes 1 et 2 puis entraînement amorcé Musicalement entre étapes 2 et 3), afin de tester une éventuelle interaction. Les comparaisons de moyennes ont été faites avec le test *t* apparié et unilatéral, et complétées par l'application du test non paramétrique de Wilcoxon, adapté aux petits effectifs. Enfin, nous avons étudié le profil de résultats des enfants un à un (Cohen, 1988).

7. Épreuves de langage oral

7.1. Épreuve de jugement de grammaticalité

Les scores ne diffèrent pas entre les groupes avant la prise en charge, $t(15) = -0.93$, $p = .3639$.

Quel que soit l'ordre des entraînements, le score est significativement meilleur après l'entraînement amorcé musicalement qu'avant celui-ci (entre étapes 1 et 2 pour MB et étapes 2 et 3 en BM), $t(9) = -4.04$, $p = .0015$, alors qu'il n'y a pas d'effet significatif de l'entraînement baseline, $t(9) = -0.32$, $p = .3780$, ce que confirme le test de Wilcoxon, respectivement, $V = 1.5$, $p = .0075$, et $V = 19$, $p = .3608$ (voir Figure 6).

L'ANOVA ne révèle pas de différence significative entre les performances des deux groupes, $F(1, 8) < 1$, mais l'Etape affecte les scores, $F(2, 16) = 10.14$, $p = .0014$, car celui-ci augmente au fil des étapes, significativement entre les étapes 1 et 2, $t(9) = -2.00$, $p = .0380$, et entre les étapes 2 et 3, $t(9) = -1.91$, $p = .0443$. L'interaction Etape × Groupe illustrée par la Figure 2 est significative, $F(2, 16) = 3.69$, $p = .0481$, ce qui s'explique par une tendance à l'amélioration entre les étapes 1 et 2 chez les enfants MB entraînés avec la musique entre ces étapes, $t(4) = -1.95$, $p = .0618$, mais pas chez les enfants BM qui ont eu

l'entraînement baseline, $t(4) = -0.78$, $p = .24$. Entre les étapes 2 et 3, l'amélioration est significative seulement s'il y a alors eu l'entraînement amorcé musicalement (groupe BM), $t(4) = -4.09$, $p = .0075$, et pas si l'entraînement était baseline (groupe MB), $t(4) = 0.33$, $p = .6218$.

Comme l'illustre la Figure 7, le progrès observé après l'entraînement amorcé musicalement est plus net s'il est proposé en deuxième partie de prise en charge (entre les étapes 2 et 3) ce que confirme le test de Wilcoxon avec une aide significative (groupe BM), $V = 0$, $p = .0313$, alors que le progrès n'atteint pas le seuil de significativité chez les enfants entraînés avec amorçage musical entre les étapes 1 et 2 (groupe MB), $V = 1$, $p = .1006$. Enfin, les Figures 8 et 9 montrent un effet positif de l'entraînement avec amorçage rythmique chez 3 des enfants du groupe MB (l'amorçage intervenait en première phase de prise en charge), et chez les 5 enfants BM (amorçage en deuxième phase).

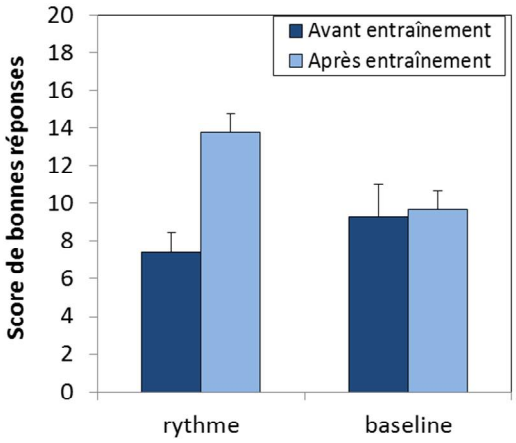


Figure 6 : score moyen de jugement de grammaticalité (et erreur-type) des dix enfants en jugement de grammaticalité avant et après l'entraînement avec amorçage musical ou l'entraînement ligne de base (baseline).

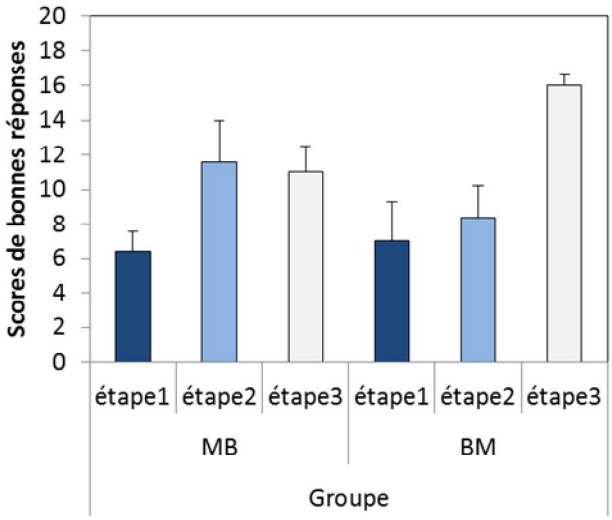


Figure 7 : score moyen de jugement de grammaticalité (et erreur-type) aux trois étapes de l'étude, pour le groupe MB (entraînement amorcé musicalement entre étapes 1 et 2 et entraînement baseline entre étapes 2 et 3), et pour le groupe BM (entraînement baseline entre étapes 1 et 2 et entraînement amorcé musicalement entre étapes 2 et 3).

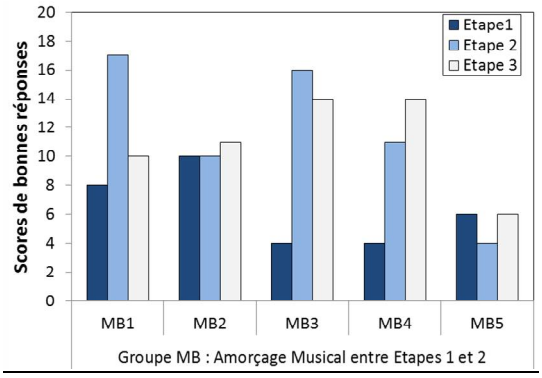


Figure 8 : Score de jugement de grammaticalité des enfants du groupe MB, entraînés avec amorçage musical entre étapes 1 et 2, et avec entraînement baseline entre étapes 2 et 3.

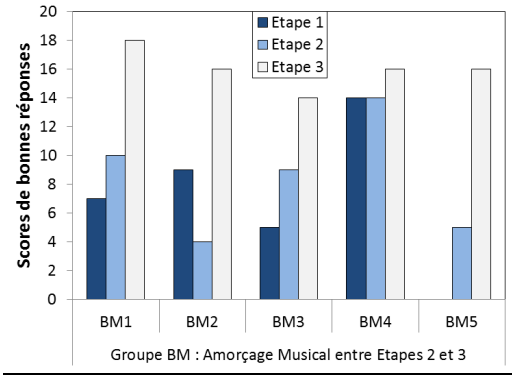


Figure 9 : Score de jugement de grammaticalité des enfants du groupe BM, entraînés avec amorçage baseline entre étapes 1 et 2, et entraînement amorcé musicalement entre étapes 2 et 3.

7.2. Épreuve de compréhension syntaxique

Les scores ne diffèrent pas entre les groupes à l'étape 1, $t(17.8) = -0.20$, $p = .8467$.

Le score est significativement meilleur après l'entraînement amorcé musicalement qu'avant celui-ci (entre étapes 1 et 2 pour MB, entre étapes 2 et 3 pour BM), $t(9) = -4.07$, $p = .0014$, mais l'entraînement baseline produit lui aussi une amélioration significative, $t(9) = -2.09$, $p = .0333$. Le test de Wilcoxon, ne confirme cependant que l'effet positif de l'entraînement amorcé, $V = 0$, $p = .0133$, et pas celui de l'entraînement baseline, $V = 11$, $p = .0998$ (voir Figure 10).

L'ANOVA ne montre pas d'effet principal du Groupe, $F(1, 8) < 1$, mais l'Etape affecte les scores, $F(2, 16) = 21.81$, $p < .0001$, qui augmentent entre les étapes 1 et 2, $t(9) = -5.71$, $p = .0001$, et se stabilisent entre les étapes 2 et 3, $t(9) = -1.20$, $p = .1299$. L'interaction Etape × Groupe n'est pas significative, $F(2, 16) = 1.48$, $p = .257$, car le progrès observé à l'étape 2 est significatif après l'entraînement amorcé musicalement, $t(4) = -3.54$, $p = .0102$, comme après l'entraînement baseline, $t(4) = -4.24$, $p = .006$, illustré par la Figure 11. La Figure 11 montre tout de même un progrès entre les étapes 2 et 3 si l'entraînement est amorcé musicalement (BM), $t(4) = -2.45$, $p = .0352$, mais pas avec l'entraînement baseline (MB), $t(4) = 0$, $p = .50$. Les tests de Wilcoxon ne confirment cependant aucune de ces différences. Les Figures 12-13 montrent des progrès individuellement infimes entre les étapes 2 et 3 (hormis pour BM1 qui a nettement progressé avec l'entraînement amorcé), alors que 4 enfants sur 5 progressent après l'entraînement amorcé proposé en premier (MB).

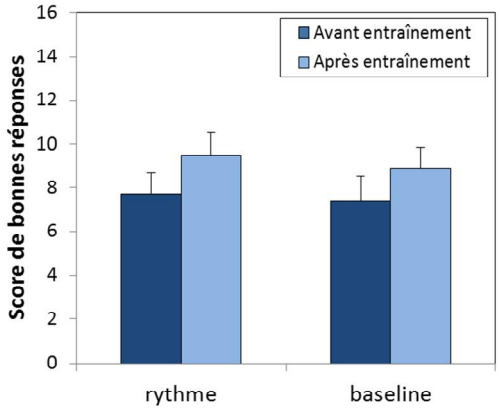


Figure 10 : score moyen de compréhension syntaxique (et erreur-type) des 10 enfants avant et après l'entraînement avec amorçage musical ou l'entraînement baseline.

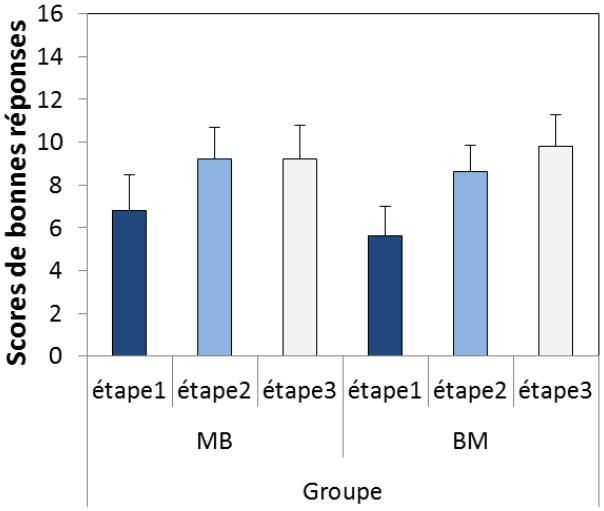


Figure 11 : score moyen de compréhension syntaxique (et erreur-type) aux trois étapes, pour le groupe MB (entraînement amorcé musicalement entre étapes 1 et 2), et le groupe BM (entraînement amorcé entre étapes 2 et 3).

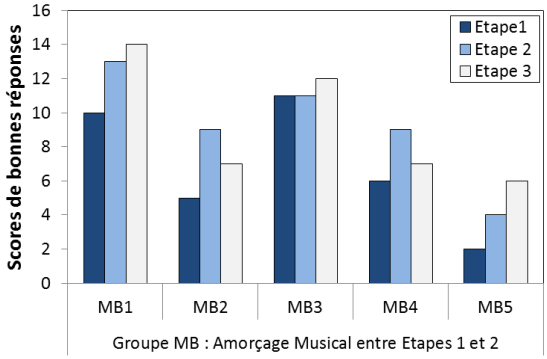


Figure 12 : Score de compréhension syntaxique des enfants MB, entraînés avec amorçage musical entre étapes 1 et 2 et avec entraînement baseline entre étapes 2 et 3.

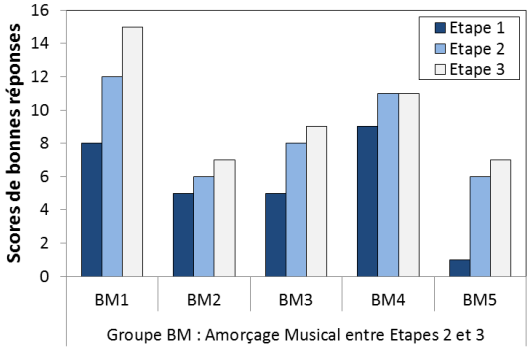


Figure 13 : Score de compréhension syntaxique des enfants BM, entraînés avec amorçage musical entre étapes 1 et 2, et entraînement baseline entre étapes 2 et 3.

7.3. Répétition de mots

Les scores ne diffèrent pas entre les groupes à l'étape 1, $t(7.89) = 0.251$ $p = .621$.

Le score est significativement meilleur après l'entraînement amorcé musicalement qu'avant celui-ci, $t(9) = -2.34$, $p = .0219$, alors qu'il n'y a pas d'effet significatif de l'entraînement baseline, $t(9) = -1.18$, $p = .1347$. Le test de Wilcoxon, confirme l'effet positif de l'entraînement amorcé, $V = 0$, $p = .0310$, et pas celui de l'entraînement baseline, $V = 2$, $p = .3447$ (voir Figure 14).

L'ANOVA ne montre pas d'effet principal du Groupe, $F(1, 8) < 1$, mais l'Etape affecte les scores, $F(2, 16) = 4.92$, $p = .0216$, qui croissent entre les étapes 1 et 2, $t(9) = -$

2.38, p = .0207, mais non significativement entre les étapes 2 et 3, $t(9)$ = -1.35, p = .1046. L'interaction Etape × Groupe est non significative, $F(2, 16)$ = 1.10, p = .3582. Le progrès observé entre les étapes 1 est 2 sur la Figure 15 n'atteint le seuil de significativité ni dans le groupe BM, $t(4)$ = -1.83, p = .0710, ni dans le groupe MB, $t(4)$ = -1.37, p = .1210. Le progrès apparent entre les étapes 2 et 3 sur le petit groupe alors entraîné avec amorçage musical n'est pas significatif non plus, $t(4)$ = -1.51, p = .1028. Les tests de Wilcoxon ne confirment aucune de ces différences. Les Figures 16 et 17 montrent que deux enfants (MB1 et BM1) bénéficient particulièrement de l'entraînement, et il s'agit dans les deux cas d'un bénéfice acquis après un entraînement amorcé musicalement.

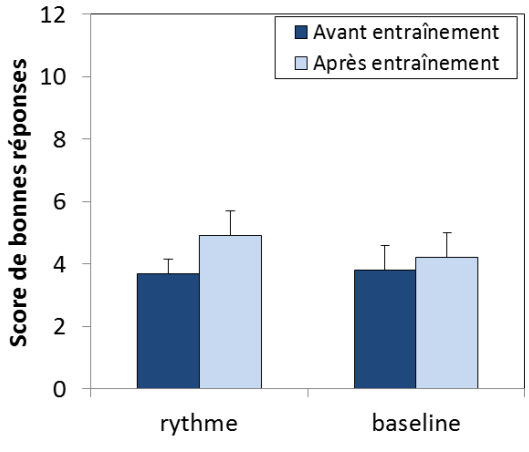


Figure 14 : score moyen de répétition de mots (et erreur-type) des dix enfants avant et après l'entraînement avec amorçage musical ou baseline.

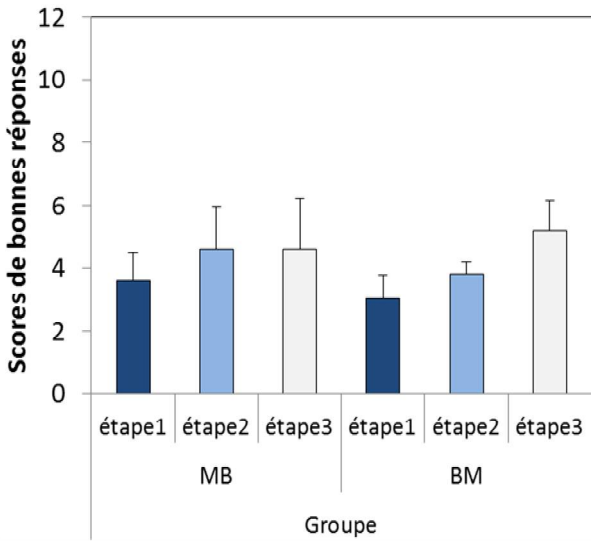


Figure 15 : score moyen de répétition de mots (et erreur-type) aux trois étapes, pour le groupe MB (entraînement amorcé musicalement entre étapes 1 et 2), et BM (entraînement amorcé entre étapes 2 et 3).

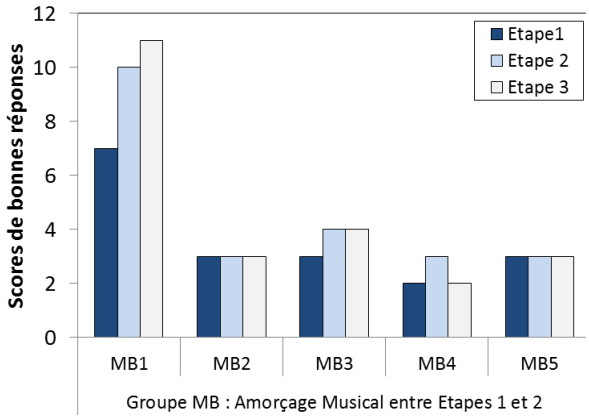


Figure 16 : Score de répétition de mots des enfants du groupe MB, entraînés avec amorçage musical entre étapes 1 et 2, et baseline entre étapes 2 et 3.

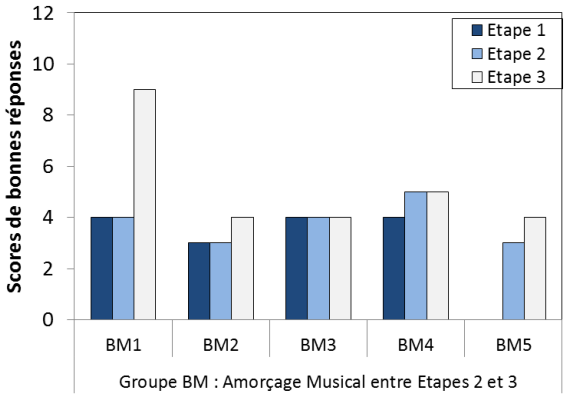


Figure 17 : Score de répétition de mots des enfants du groupe BM, entraînés avec amorçage musical entre étapes 1 et 2, et baseline entre étapes 2 et 3.

8. Épreuves d'attention

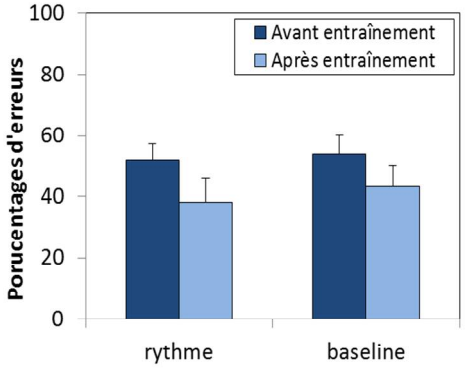
8.1. Zazzo

8.1.1. Inexactitude

L'Inexactitude est un indice d'imprécision de réponse et correspond à un pourcentage d'erreurs calculé en divisant la somme des deux types d'erreurs (fausses alarmes et omissions) par le nombre de signes à barrer (250) augmenté des fausses alarmes (Albaret, 2004). Ce pourcentage d'erreurs, pondéré, ne diffère pas significativement entre les groupes avant les prises en charge (étape 1), $t(7.86) = -1.26$, $p = .2450$.

Le score est significativement meilleur après l'entraînement amorcé musicalement qu'avant celui-ci, $t(9) = 2.04$, $p = .0362$, et après l'entraînement baseline qu'avant celui-ci, $t(9) = 3.01$, $p = .0074$. Le test de Wilcoxon permet de parler d'une tendance pour l'effet positif de l'entraînement amorcé, $V = 31.5$, $= .0684$, alors que la significativité de l'effet de l'entraînement baseline est confirmé, $V = 53$, $p = .0106$ (voir Figure 18).

L'ANOVA ne montre pas d'effet principal du Groupe, $F(1, 8) < 1$, mais l'Etape affecte l'inexactitude, $F(2, 16) = 1.07$, $p = .0018$, qui diminue entre les étapes 1 et 2, $t(9) = 3.73$, $p = .0023$, et entre les étapes 2 et 3, $t(9) = 2.21$, $p = .0272$. L'interaction Etape × Groupe n'est pas significative, $F(2, 16) = 1.07$, $p = .3672$. Comme on le voit sur la Figure 19, cela s'explique par le fait que l'effet de l'entraînement pointe toujours vers une amélioration, entre les étapes 1 et 2, bien que ce soit une tendance pour l'entraînement amorcé (groupe MB), $t(4) = 1.83$, $p = .0704$, et un effet significatif pour l'entraînement non amorcé (groupe BM), $t(4) = 3.64$, $p = .0110$. De même, le progrès apparent entre les étapes 2 et 3 est une tendance pour le groupe alors entraîné avec amorçage musical (BM), $t(4) = 1.65$, $p = .0872$, et un effet non significatif si l'entraînement est alors baseline (MB), $t(4) = 1.44$, $p = .1121$. Aucune de ces différences n'est significative avec le test de Wilcoxon. Les Figures 20-21 montrent des progrès particulièrement nets après l'entraînement amorcé chez deux enfants (BM3 et BM4) qui ont eu cet entraînement en deuxième phase de remédiation.



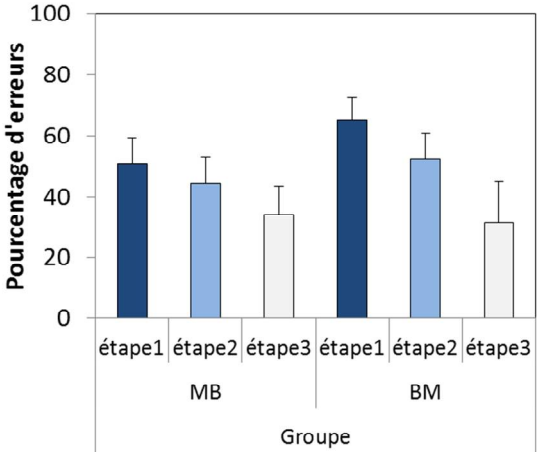
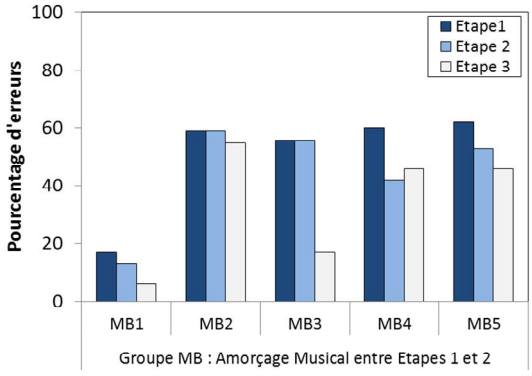


Figure 18 : pourcentage d'erreurs et erreur-type des dix enfants avant et après l'entraînement avec amorçage musical ou l'entraînement baseline.

Figure 19 : pourcentage d'erreurs et erreur-type aux 3 étapes, pour groupe MB (entraînement amorcé entre étapes 1 et 2) et groupe BM (entraînement amorcé entre étapes 2 et 3).



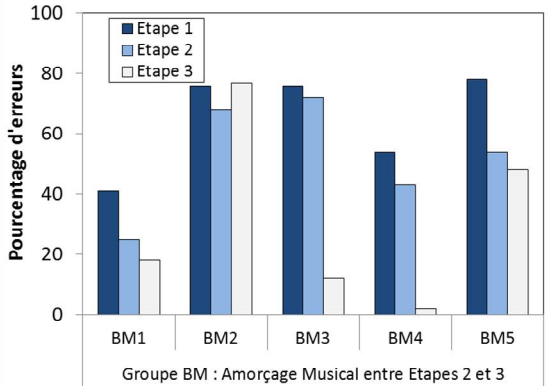


Figure 20 : Pourcentage d'erreurs des enfants MB, entraînés avec amorçage musical entre étapes 1 et 2, et avec entraînement baseline entre étapes 2 et 3.

Figure 21 : Pourcentage d'erreurs des enfants BM, entraînés avec amorçage musical entre étapes 1 et 2, et entraînement baseline entre étapes 2 et 3.

8.1.2. Vitesse

La vitesse est calculée en multipliant le nombre de signes examinés par 60 et en divisant le tout par le temps mis pour l'exercice (10 minutes maximum). Cette vitesse ne diffère pas significativement entre les groupes à l'étape 1, t(5.88) = 1.20, p = .2780.

La vitesse ne s'améliore pas significativement après l'entraînement amorcé musicalement, $t(9)$ = -1.29, p = .1140, alors que l'amélioration est significative après l'entraînement baseline, $t(9)$ = -3.66, p = .0026. Le test de Wilcoxon confirme l'accélération des réponses après l'entraînement baseline, V = 2, p = .0177, et pas après l'entraînement amorcé, V = 9.5, p = .2620 (voir Figure 22).

L'ANOVA ne montre pas d'effet principal du Groupe, $F(1, 8) < 1$, alors que la

vitesse change selon l'Etape, $F(2, 16) = 11.30$, $p < .0009$, en augmentant entre les étapes 1 et 2, $t(9) = -2.96$, $p < .0080$, et en tendant encore à augmenter entre les étapes 2 et 3, $t(9) = -1.70$, $p = .0621$. L'interaction Etape × Groupe n'est pas significative, $F(2, 16) < 1$, bien que le progrès observé entre les étapes 1 est 2 sur la Figure 23 ne soit significatif que dans le groupe alors entraîné sans musique (BM), $t(4) = -5.68$, $p = .0024$, et pas dans celui alors entraîné avec amorçage musical (MB), $t(4) = -1.01$, $p = .1847$. Il n'y a pas de progrès significatif entre les étapes 2 et 3 dans le groupe BM, $t(4) = -1.20$, $p = .1482$, et MB, $t(4) = -1.33$, $p = .1264$. Les tests de Wilcoxon ne confirment aucune des différences sur les petits groupes. Les Figures 24-25 ne montrent pas d'effet très net au niveau individuel.

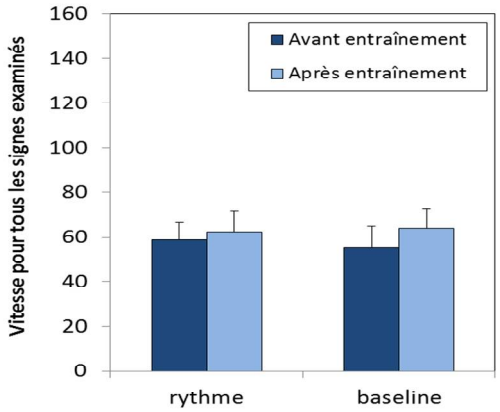


Figure 22 : vitesse (nombre de signes examinés * 60 / 1000) (et erreur-type) des dix enfants avant et après l'entraînement avec amorçage musical ou l'entraînement baseline.

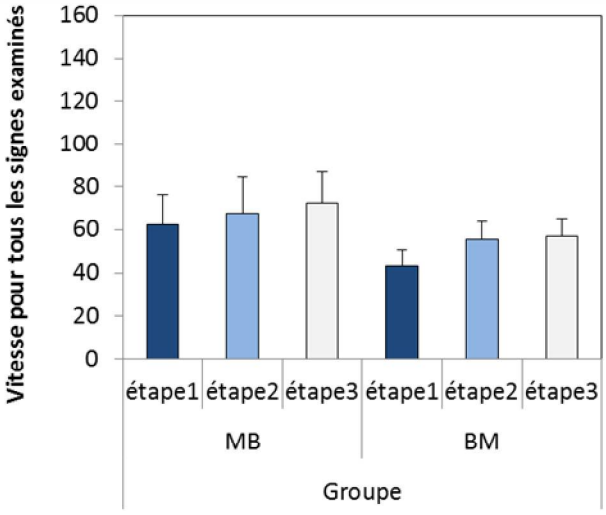


Figure 6: vitesse (nombre de signes examinés * 60 / 1000 (et erreur-type) aux trois étapes, pour le groupe MB (entraînement amorcé musicalement entre étapes 1 et 2), et le groupe BM (entraînement amorcé entre étapes 2 et 3).

.

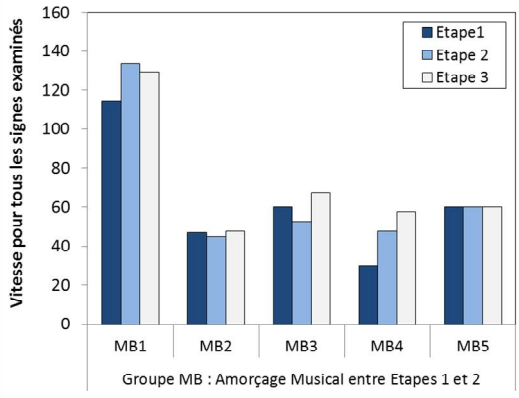


Figure 24 : vitesse des enfants du groupe MB, entraînés avec amorçage musical entre étapes 1 et 2, et avec baseline entre étapes 2 et 3.

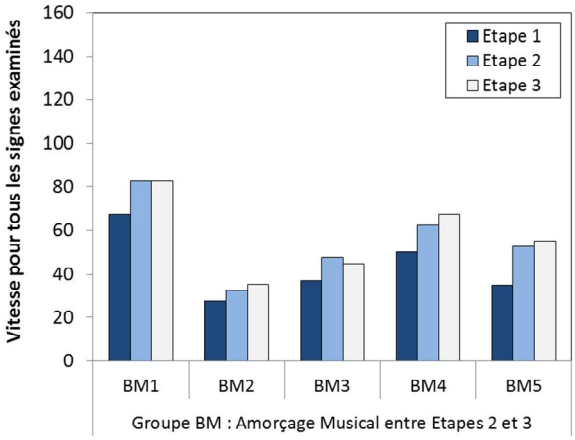


Figure 25 : vitesse des enfants du groupe BM, entraînés avec amorçage musical entre étapes 1 et 2, et entraînement baseline entre étapes 2 et 3.

8.1.3. Rendement

Le rendement est le nombre de signes correctement barrés en 10 minutes. Cette variable ne diffère pas significativement entre les groupes à l'étape 1, $t(7.51) = 0.77$, $p = .4642$.

Le rendement n'augmente pas significativement après l'entraînement, qu'il soit amorcé musicalement, $t(9) = -1.15$, $p = .1394$, ou non, $t(9) = -1.20$, $p = .1304$ (Figure 26), et ces différences restent non significatives au test de Wilcoxon, respectivement, $V = 19$, $p = .7223$ et $V = 10$, $p = .0840$.

L'ANOVA ne montre pas d'effet du Groupe, $F(1, 8) < 1$, ni d'effet significatif de l'Etape, $F(2, 16) = 2.88$, $p = .0853$, bien qu'il y ait une amélioration du rendement entre les étapes 2 et 3, $t(9) = -2.59$, $p = .0146$. L'interaction Etape × Groupe n'est pas significative, $F(2, 16) < 1$. Le progrès observé entre les étapes 2 et 3 sur la Figure 27, n'est pas significatif dans le groupe BM qui reçoit alors l'entraînement amorcé, $t(4) = -1.66$, $p = .0865$, alors qu'il l'est dans le groupe MB qui reçoit un entraînement baseline, $t(4) = -2.20$, $p = .0464$. Les tests de Wilcoxon confirment cette distinction à travers une tendance au progrès entre les étapes 2 et 3 pour le groupe MB, $V = 0$, $p = .0625$, et une absence d'effet significatif entre ces étapes pour le groupe BM, $V = 3$, $p = .3125$. Les Figures 28 et 29 ne montrent un effet très net de l'entraînement que chez trois enfants, dont un (MB3) pour le second entraînement sans amorçage, et deux (BM3 et BM4) encore pour le second entraînement, mais cette fois amorcé musicalement.

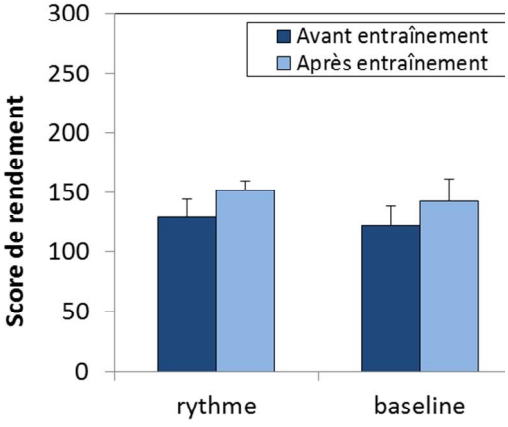


Figure 25 : rendement (nombre de bons signes examinés en 10 mn) et erreur-type des dix enfants avant et après l'entraînement avec amorçage musical ou l'entraînement baseline.

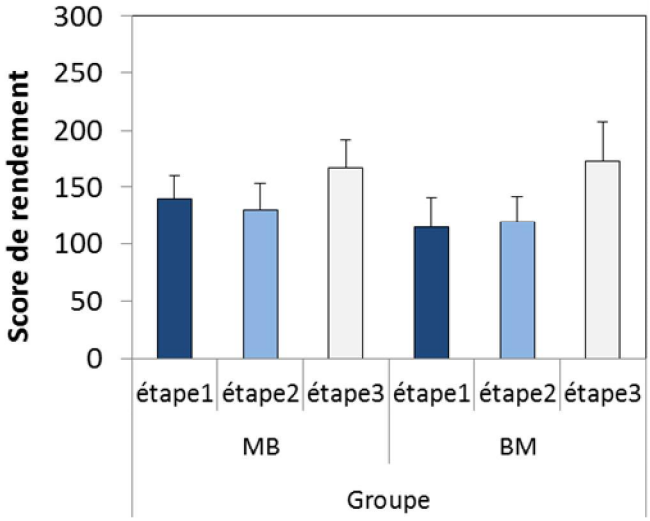


Figure 27 : rendement (nombre de bons signes examinés en 10 mn) et erreur-type aux trois étapes, pour le groupe MB (entraînement amorcé musicalement entre étapes 1 et 2), et le groupe BM (entraînement amorcé entre étapes 2 et 3).

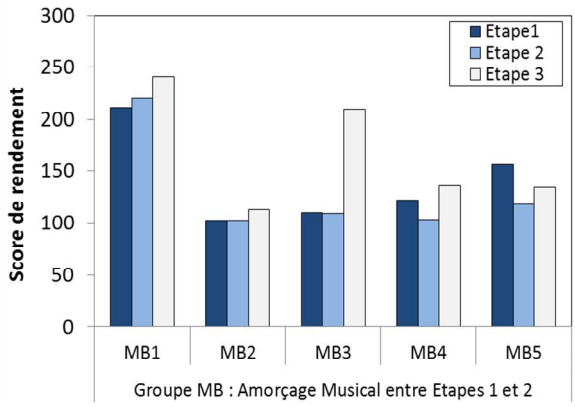


Figure 28 : rendement des enfants du groupe MB, entraînés avec amorçage musical entre étapes 1 et 2, et avec entraînement baseline entre étapes 2 et 3.

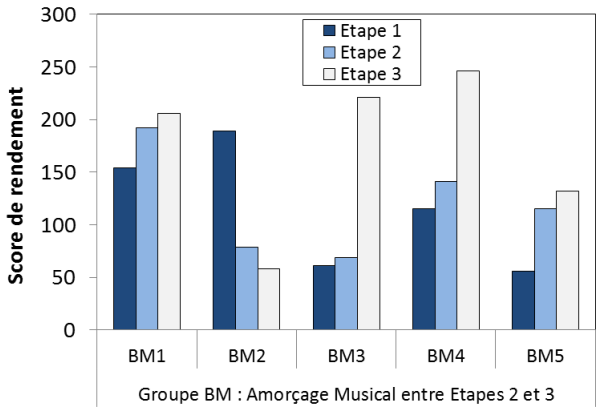


Figure 29 : rendement des enfants du groupe BM, entraînés avec amorçage musical entre étapes 1 et 2, et entraînement baseline entre étapes 2 et 3.

8.2. D2

8.2.1. GZ

La valeur GZ est un indice de vitesse de traitement et elle ne diffère pas significativement entre les groupes à l'étape 1, $t(6.62) = 0.36$, $p = .7284$.

La vitesse s'améliore significativement après l'entraînement lorsqu'il est amorcé musicalement, $t(9) = -2.20$, $p = .0277$, mais pas s'il n'est pas amorcé, $t(9) = -0.69$, $p = .2550$ (Figure 30). Le test de Wilcoxon fait ressortir une tendance à l'accélération après l'entraînement amorcé, $V = 10$, $p = .0840$, et pas même une tendance après l'entraînement sans amorçage, $V = 14$, $p = .3433$.

L'ANOVA ne montre pas d'effet du Groupe, $F(1, 8) < 1$, mais il y a un effet principal de l'Etape, $F(2, 16) = 5.74$, $p = .0132$, avec une accélération entre les étapes 1 et 2, , $t(9) = -3.02$, $p = .0072$, et une stabilisation de la vitesse entre les étapes 2 et 3, $t(9) = -0.21$, $p = .4194$. L'interaction Etape × Groupe n'est pas significative, $F(2, 16) < 1$, ce qui s'explique par un progrès significatif de la vitesse entre les étapes 1 et 2, que l'entraînement soit amorcé, $t(4) = -2.18$, $p = .0472$, ou non, $t(4) = -2.21$, $p = .0458$, (Figure 31), et il n'y a pas de progrès entre les étapes 2 et 3 : la vitesse se stabilise. Les tests de Wilcoxon ne confirment pas l'accélération entre les étapes 1 et 2, que l'entraînement soit amorcé (groupe MB), $V = 1$, $p = .1250$, ou non (BM), $V = 0$, $p = .1003$. Les Figures 32-33 montrent un progrès substantiel entre les étapes 1 et 2 chez 4 enfants sur 5 ayant reçu l'entraînement amorcé entre les deux, et seulement chez 1 enfant sur 5 dans le groupe ayant alors eu l'entraînement non amorcé.

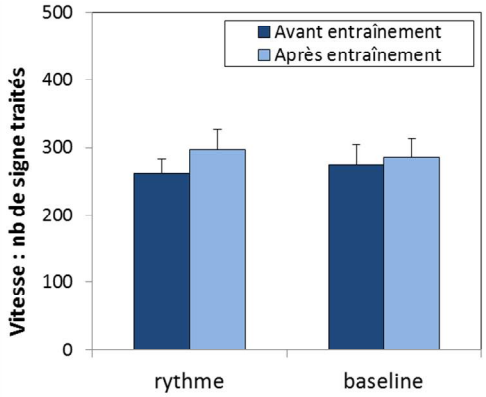


Figure 30 : GZ = nombre de signes traités = indice de vitesse (et erreur-type) des dix enfants avant et après l'entraînement avec amorçage musical ou l'entraînement baseline.

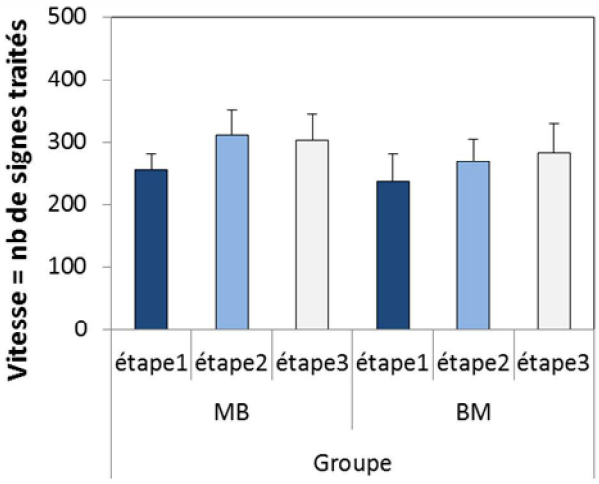


Figure 31 : GZ = nombre de signes traités = indice de vitesse (et erreur-type) aux trois étapes, pour le groupe MB (entraînement amorcé musicalement entre étapes 1 et 2), et le groupe BM (entraînement amorcé entre étapes 2 et 3).

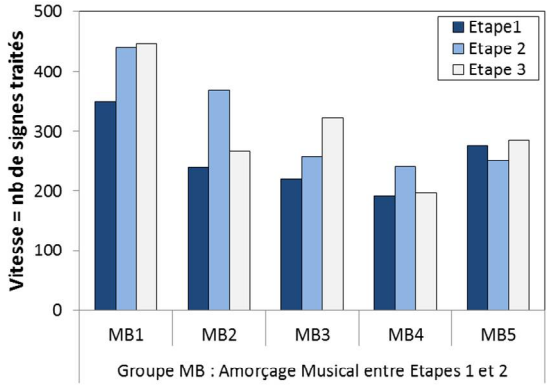


Figure 32: GZ des enfants du groupe MB, entraînés avec amorçage musical entre étapes 1 et 2, et avec entraînement baseline entre étapes 2 et 3.

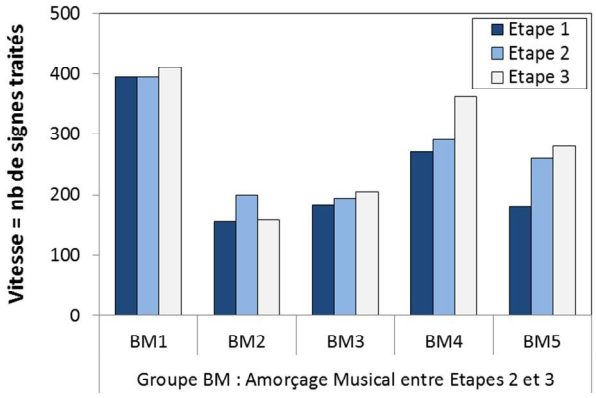


Figure 33 : GZ des enfants du groupe BM, entraînés avec amorçage musical entre étapes 1 et 2, et entraînement baseline entre étapes 2 et 3.

8.2.2. F%

F% est le pourcentage d'erreurs effectuées au cours de l'épreuve et il ne diffère pas entre les groupes à l'étape 1, $t(6.62) = 1.71$, $p = .1624$.

Le pourcentage d'erreurs n'est pas significativement influencé par l'entraînement, qu'il soit amorcé musicalement, $t(9) = 1.37$, $p = .1013$, ou non, $t(9) = 0.54$, $p = .3021$ (Figure 34). Le test de Wilcoxon ne fait ressortir aucun effet significatif de l'un ou l'autre entraînement, respectivement, $V = 31$, $p = .3433$ et $V = 24$, $p = .8588$.

L'ANOVA ne montre pas d'effet du Groupe, $F(1, 8) = 1.41$, $p = .2690$, mais il y a un effet principal de l'Etape, $F(2, 16) = 3.8$, $p = .0434$, avec une accélération entre les étapes 1 et 2, $t(9) = 2.83$, $p = .0098$, et les erreurs se stabilisent entre les étapes 2 et 3, $t(9) = -1.49$, $p = .9153$. L'interaction Etape × Groupe n'est pas significative, $F(2, 16) < 1$, bien

que la diminution des erreurs observée pour les deux groupes sur la Figure 35 soit significative entre les étapes 1 et 2 seulement si l'entraînement est amorcé, $t(4) = 2.22$, $p = .0452$, et pas s'il ne l'est pas, $t(4) = 1.72$, $p = .0805$. Il n'y a pas de progrès entre les étapes 2 et 3 car la vitesse reste stable (Figure 26). Les tests de Wilcoxon ne confirment cependant pas les progrès observés entre les étapes 1 et 2, dans le groupe MB, $V = 1$, $p = .1250$, ou BM, $V = 0$, $p = .1003$. Les Figures 36-37 montrent un progrès important seulement pour deux enfants (MB4 et MB5), ceci entre les étapes 1 et 2 où ils ont reçu l'entraînement amorcé.

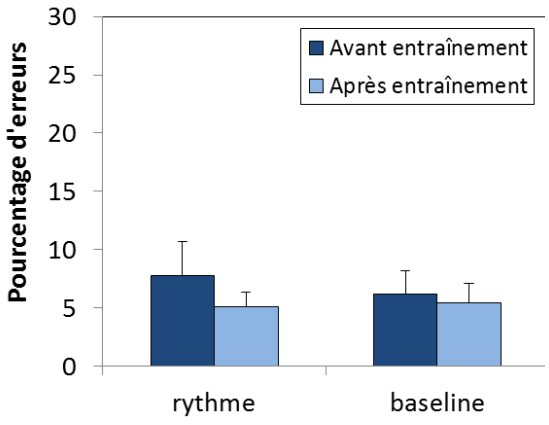


Figure 34 : F% = pourcentage d'erreurs (et erreur-type) des dix enfants avant et après l'entraînement avec amorçage musical ou l'entraînement baseline.

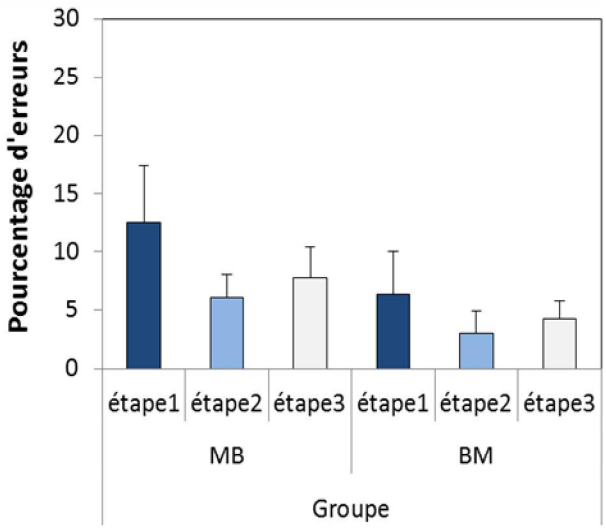


Figure 35 : F% = pourcentage d'erreurs (et erreur-type) aux 3 étapes, pour le groupe MB (entraînement amorcé musicalement entre étapes 1 et 2), et BM (entraînement amorcé entre étapes 2 et 3).

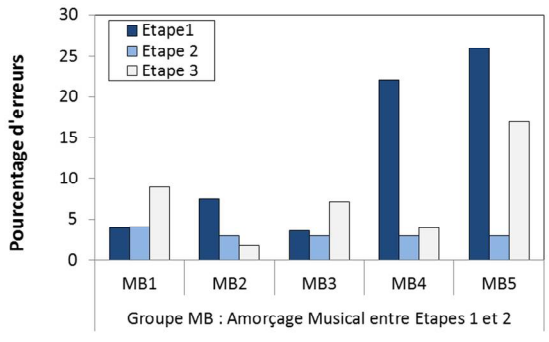


Figure 36 : F% des enfants du groupe MB, entraînés avec amorçage musical entre étapes 1 et 2, et avec entraînement baseline entre étapes 2 et 3.

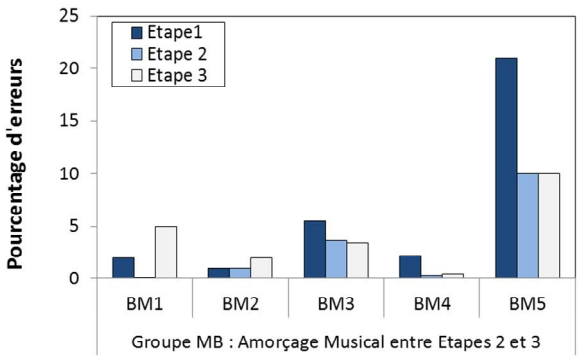


Figure 37 : F% des enfants du groupe BM, entraînés avec amorçage musical entre étapes 1 et 2, et entraînement baseline entre étapes 2 et 3.

8.2.3. GZ-F

GZ-F (GZ moins F) correspond à la *Performance Globale :* c'est le nombre de caractères traités moins les erreurs (omissions ou confusions), ce qui correspond à la vitesse pondérée par les erreurs. Cet indice est d'autant plus élevé que la performance est bonne. Il ne diffère pas entre les groupes à l'étape 1, $t(6.91) = 0.01$, $p = .9917$.

La Performance Globale s'améliore après l'entraînement amorcé musicalement, $t(9) = -2.97$, $p = .0078$, mais pas s'il n'est pas amorcé, $t(9) = -1.12$, $p = .1459$ (Figure 38). Le test de Wilcoxon confirme l'effet positif de l'entraînement amorcé, $V = 6$, $p = .0273$, et celui de l'entraînement non amorcé ne l'est toujours pas, $V = 13$, $p = .2863$.

L'ANOVA ne montre pas d'effet du Groupe, $F(1, 8) < 1$, mais il y a un effet principal de l'Etape, $F(2, 16) = 11.36$, $p < .0009$, avec une amélioration entre les étapes 1 et 2, $t(9) = -4.17$, $p = .0012$, et une stabilisation entre les étapes 2 et 3, $t(9) = -0.57$, $p = .2912$. L'interaction Etape × Groupe n'est pas significative, $F(2, 16) < 1$, ce qui s'explique par une amélioration significative entre les étapes 1 et 2 avec l'entraînement amorcé, $t(4) = -3.82$, $p = .0092$, et l'entraînement sans amorce, $t(4) = -2\ .23$, $p = .0450$ (Figure 39). Entre les étapes 1 et 2, seul le progrès constaté avec l'entraînement amorcé est cependant confirmé par une tendance avec le test de Wilcoxon, $V = 0$, $p = .0625$, alors que le progrès constaté avec l'entraînement baseline ne l'est pas, $V = 0$, $p = .1003$. Entre les étapes 1 et 2, les Figures 40 et 41 montrent un progrès chez chacun des 5 enfants avec entraînement amorcé (MB), mais seulement chez 4 des enfants BM ; entre les étapes 2 et 3, l'entraînement amorcé améliore la performance de 4 enfants sur 5 (BM), alors que l'entraînement non amorcé ne l'améliore que pour 2 enfants (MB).

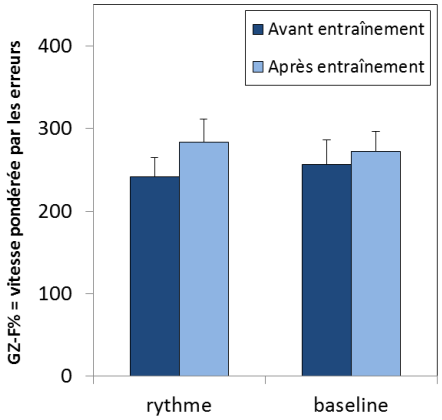


Figure 38 : GZ-F = Performance Globale (et erreur-type) des dix enfants avant et après l'entraînement avec amorçage musical ou l'entraînement baseline.

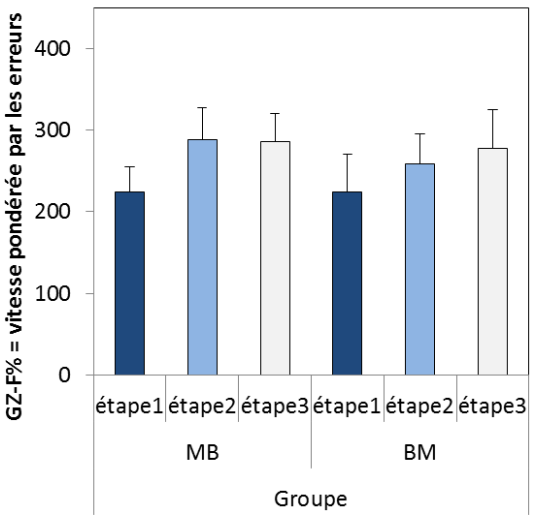


Figure 39 : GZ-F = Performance Globale (et erreur-type) aux trois étapes, pour le groupe MB (entraînement amorcé musicalement entre étapes 1 et 2), et le groupe BM (entraînement amorcé entre étapes 2 et 3).

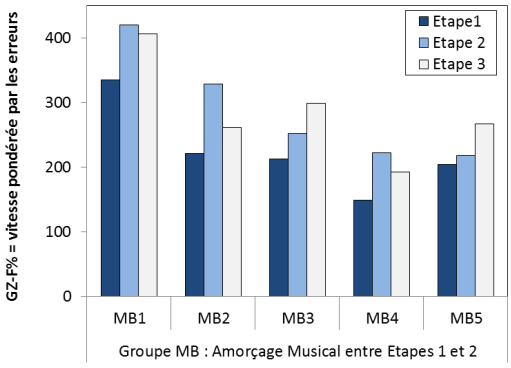


Figure 40 : GZ-F des enfants du groupe MB, entraînés avec amorçage musical entre étapes 1 et 2, et avec entraînement baseline entre étapes 2 et 3.

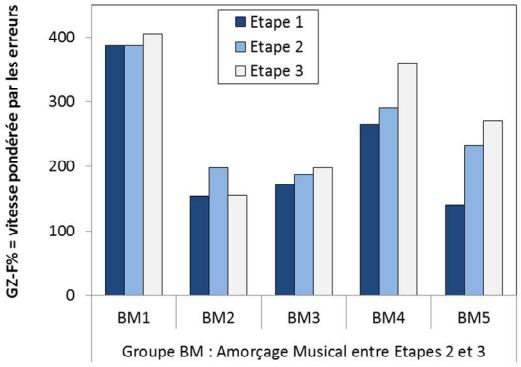


Figure 41 : GZ-F des enfants du groupe BM, entraînés avec amorçage musical entre étapes 1 et 2, et entraînement baseline entre étapes 2 et 3.

8.2.4. KL

L'*Indice de Performance de Concentration* (KL) correspond au nombre de caractères correctement cochés dont on soustrait les erreurs par confusion (caractères cochés à tort = fausses alarmes). Cet indice est d'autant plus élevé que la performance est bonne, et il ne diffère pas entre les groupes à l'étape 1, $t(7.87) = 0.47$, $p = .6521$.

Cet indice de concentration s'améliore après l'entraînement seulement s'il est amorcé, $t(9) = -2.88$, $p < .0091$, mais pas s'il ne l'est pas, $t(9) = -1.13$, $p = .1430$ (Figure 42). Le test de Wilcoxon confirme l'effet positif de l'entraînement amorcé, $V = 3$, $p = .0244$, alors que celui de l'entraînement non amorcé ne l'est pas, $V = 16$, $p = .4768$.

L'ANOVA ne montre pas d'effet du Groupe, $F(1, 8) < 1$, mais il y a un effet principal de l'Etape, $F(2, 16) = 15.66$, $p < .0002$, avec une amélioration entre les étapes 1 et 2, $t(9) = -0.22$, $p = .0008$, et une stabilisation entre les étapes 2 et 3, $t(9) = -0.08$, $p = .4139$. L'interaction Etape × Groupe n'est pas significative, $F(2, 16) = 1.94$, $p = .1764$, ce qui s'explique par une amélioration significative entre les étapes 1 et 2 avec l'entraînement amorcé, $t(4) = -4.79$, $p = .0044$, et avec l'entraînement sans amorce, $t(4) = -2.41$, $p = .0366$ (voir Figure 43). Entre les étapes 1 et 2, seul le progrès constaté avec l'entraînement amorcé est cependant confirmé par une tendance avec le test de Wilcoxon, $V = 0$, $p = .0625$, alors que le progrès avec l'entraînement baseline ne l'est pas, $V = 0$, $p = .1003$. Les Figures 44-45 ne montrent pas d'effet beaucoup plus tranché de l'un ou l'autre entraînement, en nombre d'enfants concernés par une amélioration.

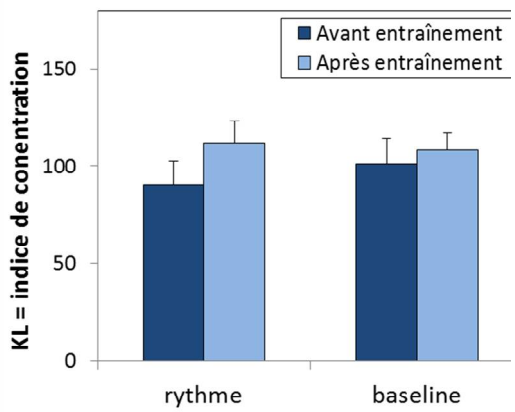


Figure 42: KL = indice de concentration (et erreur-type) des dix enfants avant et après l'entraînement avec amorçage musical ou l'entraînement baseline.

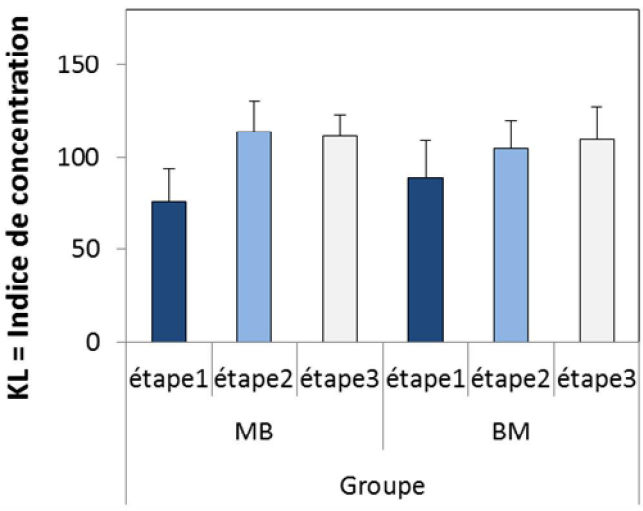


Figure 43 : KL = indice de concentration (et erreur-type) aux trois étapes, pour le groupe MB (entraînement amorcé musicalement entre étapes 1 et 2), et le groupe BM (entraînement amorcé entre étapes 2 et 3).

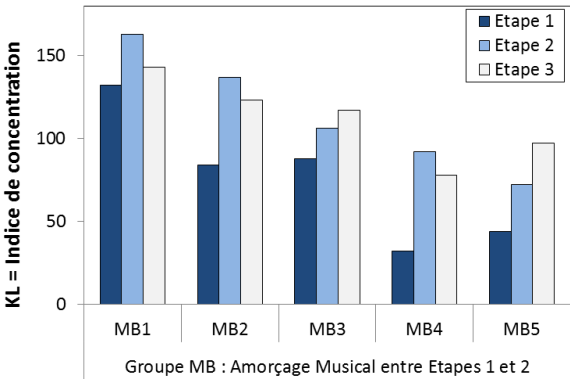


Figure 44 : KL des enfants du groupe MB, entraînés avec amorçage musical entre étapes 1 et 2, et avec entraînement baseline entre étapes 2 et 3.

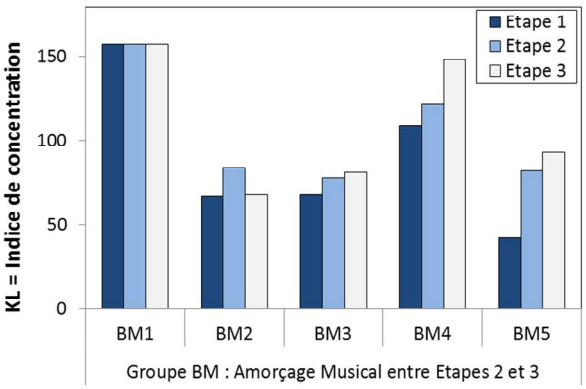


Figure 45 : KL des enfants du groupe BM, entraînés avec amorçage musical entre étapes 1 et 2, et entraînement baseline entre étapes 2 et 3.

9. Épreuves d'empan

9.1. Empan endroit

Le nombre d'éléments correctement rappelés tend fortement à être supérieur dans le groupe BM que dans le groupe MB à l'étape 1, $t(6.11) = -2.36$, $p = .0557$.

Les performances ne sont pas significativement améliorées par l'entraînement, qu'il soit amorcé musicalement, $t(9) = -0.45$, $p = .3309$, ou non, $t(9) = -1.00$, $p = .1717$ (Figure 46) et les tests de Wilcoxon ne révèlent aucun effet significatif non plus, respectivement, $V = 3$, $p = .9999$, et $V = 2.5$, $p = .4237$.

L'ANOVA ne montre pas d'effet significatif du Groupe, $F(1, 8) = 4.57$, $p = .0650$, ni

de l'Etape, $F(2, 16) < 1$, ni d'interaction Etape × Groupe, $F(2, 16) < 1$, et la Figure 47 ne montre aucune différence marquée entre les étapes quel que soit le groupe, ce que confirment les comparaisons avec le *t* de Student et le test de Wilcoxon. Les Figures 48 et 49 montrent qu'un seul enfant améliore nettement son rappel après l'entraînement (MB3) et cela se produit après l'entraînement amorcé musicalement.

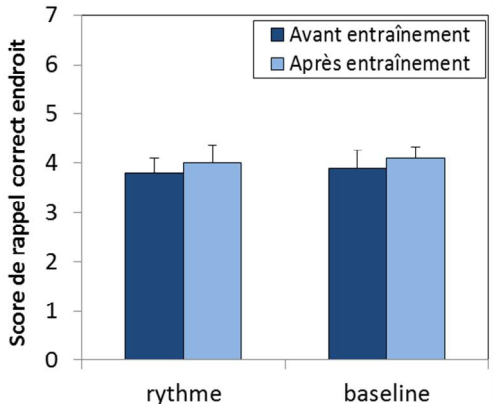


Figure 46 : score de rappel endroit (et erreur-type) des dix enfants avant et après l'entraînement avec amorçage musical ou l'entraînement baseline.

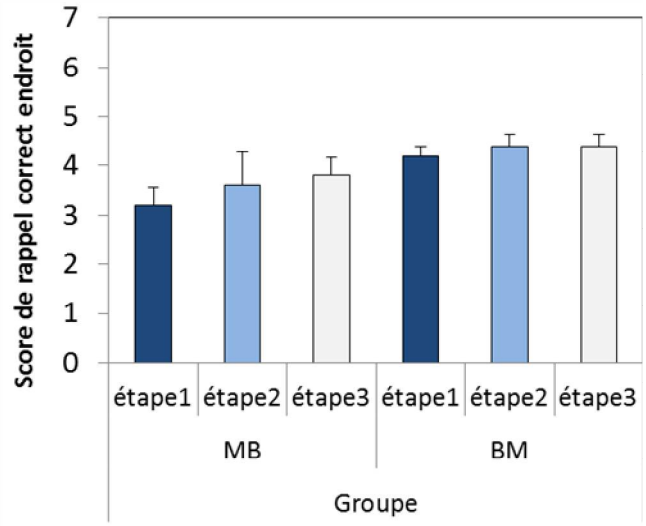


Figure 47 : score de rappel endroit (et erreur-type) aux trois étapes, pour le groupe MB (entraînement amorcé musicalement entre étapes 1 et 2), et le groupe BM (entraînement amorcé entre étapes 2 et 3).

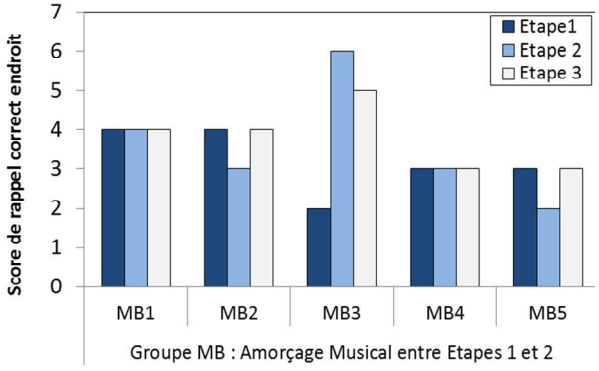


Figure 48 : score de rappel endroit des enfants du groupe MB, entraînés avec amorçage musical entre étapes 1 et 2, et avec entraînement baseline entre étapes 2 et 3.

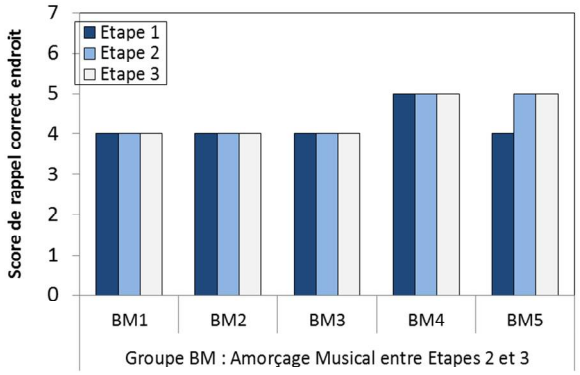


Figure 49 : score de rappel endroit dans le groupe BM, entraînés avec amorçage musical entre étapes 1 et 2, et entraînement baseline entre étapes 2 et 3.

9.2. Empan envers

Le nombre d'éléments correctement rappelés ne diffère pas entre les groupes BM et MB à l'étape 1, $t(8) = 0$, $p = 1$.

Les performances ne sont pas significativement améliorées par l'entraînement, qu'il

soit amorcé musicalement, $t(9) = 0.56$, $p = .7045$, ou non, $t(9) = 0.56$, $p = .7045$ (voir Figure 50), et les tests de Wilcoxon le confirment : respectivement, $V = 4$, $p = .7728$, et $V = 4$, $p = .7728$.

L'ANOVA ne montre pas d'effet significatif du Groupe, $F(1, 8) < 1$, ni de l'Etape, $F(2, 16) < 1$, ni d'interaction Etape × Groupe, $F(2, 16) = 2.18$, p = .1450, ce qui s'explique par une absence de différence entre toutes les comparaisons (Figure 51), avec les tests *t* de Student et Wilcoxon. L'examen des Figures 52-53 montre que c'est encore une fois seulement l'enfant MB3 qui progresse après l'entraînement amorcé, mais il y a aussi un autre enfant qui progresse (MB2) et cette fois après l'entraînement non amorcé.

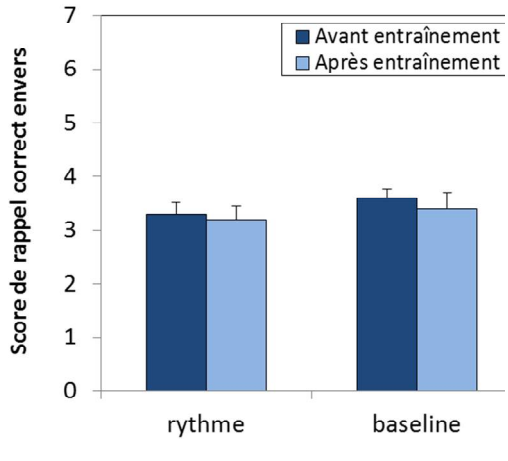


Figure 50: score de rappel envers et erreur-type des 10 enfants avant et après l'entraînement avec amorçage ou baseline.

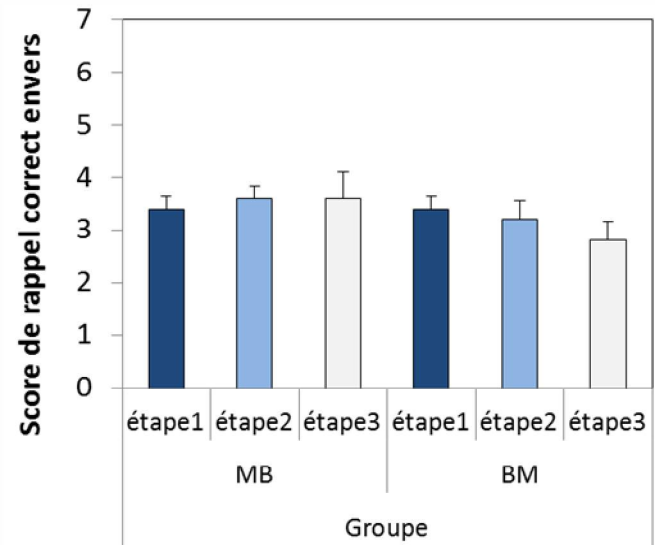


Figure 51 : score de rappel envers (et erreur-type) aux trois étapes, pour le groupe MB (entraînement amorcé musicalement entre étapes 1 et 2), et le groupe BM (entraînement amorcé entre étapes 2 et 3).

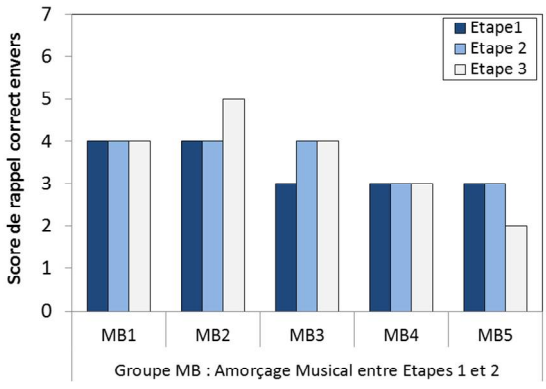


Figure 52 : score de rappel envers des enfants MB, entraînés avec amorçage musical entre étapes 1 et 2, et avec entraînement baseline entre étapes 2 et 3.

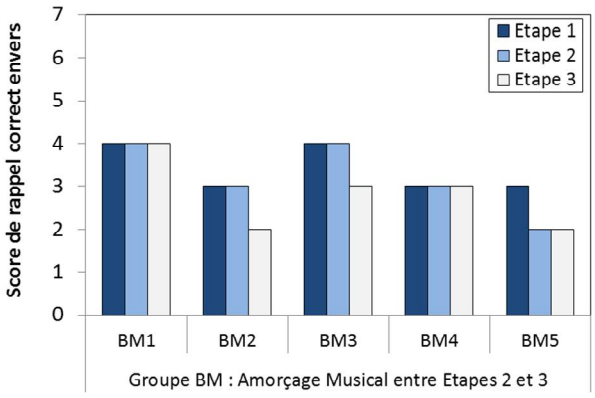


Figure 53 : score de rappel envers des enfants BM, entraînés avec amorçage musical entre étapes 1 et 2, et entraînement baseline entre étapes 2 et 3.

9.3. Empan visuel

Le nombre d'éléments correctement rappelés ne diffère pas significativement entre les groupes à l'étape 1, $t(7.48) = 0.65$, $p = .5358$.

Les performances ne sont pas significativement améliorées par l'entraînement, qu'il soit amorcé musicalement, $t(9) = 0.56$, $p = .7045$, ou non, $t(9) = -1.15$, $p = .1394$, et les tests de Wilcoxon le confirment, respectivement, $V = 4$, $p = .7728$, et $V = 2$, $p = .3447$ (Figure 54).

L'ANOVA ne montre pas d'effet significatif du Groupe, $F(1, 8) < 1$, ni de l'Etape, $F(2, 16) = 1.55$, $p = .2430$, ni d'interaction Etape × Groupe, $F(2, 16) = 2.07$, $p = .1590$, et la seule différence significative entre étapes, observée sur la Figure 55, $t(4) = -2.14$, $p = .0497$, correspond à un effet positif de l'entraînement non amorcé (entre les étapes 1 et 2, groupe BM). L'examen des Figures 56-57 ne montre qu'un seul progrès lié à un entraînement amorcé : il s'agit encore de l'enfant MB3 entre les étapes 1 et 2.

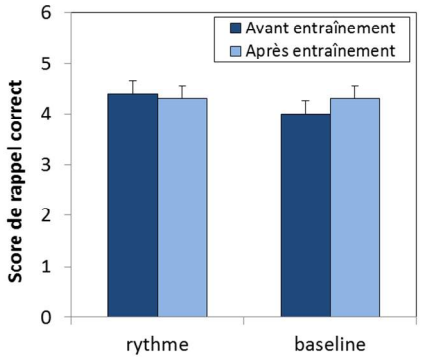


Figure 54: score de rappel (et erreur-type) des dix enfants avant et après l'entraînement avec amorçage musical ou l'entraînement baseline.

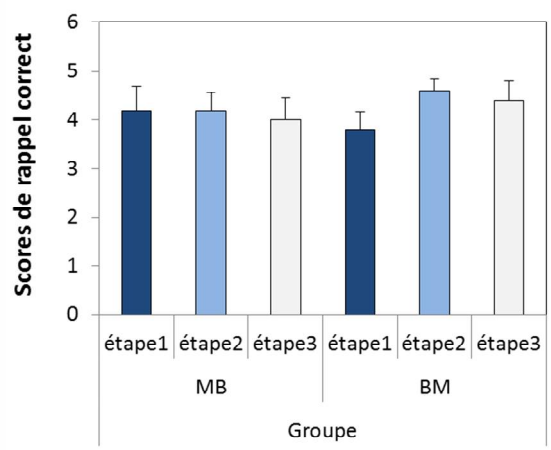


Figure 55: score de rappel (et erreur-type) aux trois étapes, pour le groupe MB (entraînement amorcé entre étapes 1 et 2), et le groupe BM (entraînement amorcé entre étapes 2 et 3).

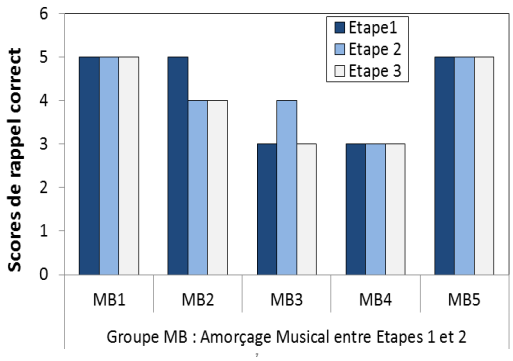


Figure 56 : score de rappel des enfants du groupe MB, entraînés avec amorçage musical entre étapes 1 et 2, et avec entraînement baseline entre étapes 2 et 3.

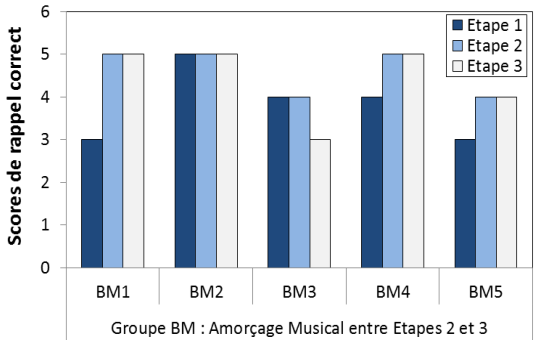


Figure 57: score de rappel des enfants du groupe BM, entraînés avec amorçage musical entre étapes 1 et 2, et entraînement baseline entre étapes 2 et 3.

DISCUSSION

L'objectif de l'étude était de mesurer l'impact d'un entraînement avec amorçage rythmique sur les compétences morphosyntaxiques d'enfants sourds profonds congénitaux implantés précocement. Pour ce faire, nous avions formulé différentes hypothèses que nous confrontons maintenant aux résultats. Notre analyse a porté sur les performances à plusieurs tests, réalisés par chaque enfant avant et après l'entraînement amorcé et avant et après un entraînement équivalent mais non-amorcé.

Deux tests d'EXALANG portaient directement sur le traitement de la morphosyntaxe, compétence entraînée au cours des deux remédiations. Ils visaient aussi à mettre en évidence les difficultés des enfants sourds implantés dans ce domaine. Nous attendions pour ces tests une amélioration après chacune des remédiations, celle-ci devant être plus importante après la remédiation amorcée censée optimiser la réussite des exercices de morphosyntaxe et donc accroître leur impact bénéfique à long terme.

Les tests de Zazzo et d2 avaient par contre pour objectif de tester l'attention *spatiale*. Cette compétence n'était pas directement entraînée par les exercices de morphosyntaxe, et le fait que les exercices aient été rendus plus efficaces par l'amorçage rythmique ne devait pas affecter les performances dans ces deux tests. En cas de progrès plus fort dans les tests de Zazzo et d2 après l'entraînement syntaxique amorcé plutôt que non amorcé, deux interprétations paraissaient cependant possibles. Tout d'abord, la répétition des amorces rythmiques pendant la période d'entraînement amorcé aurait pu stimuler l'attention de manière générale, et pas seulement l'attention temporelle, ceci de manière moins ponctuelle qu'on pouvait l'attendre. Une autre interprétation évoque aussi un effet qui ne serait pas seulement ponctuel mais qui aurait amélioré l'attention *temporelle* de manière profonde. Dans ce cas, il faudrait aussi admettre que les tests de Zazzo et de d2 impliquent des processus d'attention *temporelle*, en plus de l'attention spatiale. Cela n'est pas impossible, car ces tests demandent une recherche d'information guidée par une analyse séquentielle, et donc par un contrôle de la distribution temporelle de l'attention.

En revanche, aucun bénéfice supplémentaire n'était attendu grâce à l'entraînement amorcé plutôt que non amorcé pour des tests n'impliquant pas du tout l'attention temporelle : les épreuves d'empan mnésique. Ces tests visaient en outre à vérifier que les enfants ne présentaient pas de troubles de la mémoire, lesquels auraient pu être à l'origine de leurs difficultés morphosyntaxiques. Un tel déficit aurait pu expliquer une absence d'accroissement des bénéfices par l'amorçage rythmique (temporel) avant l'entraînement.

C'est sur la base de l'analyse de ces évaluations répétées que s'appuie la première

partie de la discussion. Dans une seconde partie, les difficultés rencontrées au cours de notre étude seront évoquées et des critiques seront formulées. Enfin nous conclurons sur l'intérêt de l'étude et ses perspectives en termes de rééducation.

10. Confrontation des hypothèses aux résultats obtenus

La première hypothèse théorique consistait à supposer que, privés de stimulations sonores généralement dès le plus jeune âge, les enfants sourds implantés présenteraient des anomalies de l'attention temporelle entrainant une séquentiation imparfaite du signal de parole en larges unités suprasegmentales importantes pour la syntaxe. Leurs difficultés dans ce domaine auraient donc une composante attentionnelle. Un premier aspect des résultats est cohérent avec cette hypothèse : il s'agit de la confirmation des déficits des enfants sourds implantés dans les tests de jugement grammatical et de compréhension syntaxique d'EXALANG avec des scores largement pathologiques pour plus de la moitié des enfants.

L'hypothèse d'une explication de ces difficultés de syntaxe par un déficit d'attention temporelle s'appuie notamment sur les travaux de Conway et coll. (2009) qui mettent en avant l'importance d'une stimulation auditive précoce pour multiplier les occasions de développer les processus d'attention temporelle. Même avec l'implant cochléaire, les enfants sourds rencontreraient toujours des difficultés de séquentiation en raison des lacunes précoces dans le développement de celle-ci.

Pour apporter des éléments permettant de discuter l'hypothèse sur les liens entre déficit syntaxique et déficit d'attention temporelle, nous avons testé l'attention temporelle de façon indirecte, en évaluant si un amorçage rythmique (stimulant et guidant donc l'attention temporelle) pouvait amener à mieux tirer parti d'une rééducation dans le domaine de la morphosyntaxe. Des lacunes en morphosyntaxe, telles que celles manifestées par des enfants sourds implantés et confirmées dans notre échantillon, pourraient en effet s'expliquer par une faiblesse des connaissances dans ce domaine, et/ou par un déficit dans l'analyse temporelle de la phrase sur un rythme adapté à l'extraction d'informations pertinentes pour la morphosyntaxe. En utilisant un amorçage rythmique musical, donc non-verbal, l'expérience permettait d'avoir une idée de la nature de ce qui est perfectible dans le domaine de la morphosyntaxe chez les enfants sourds. Plus précisément, en ne stimulant que l'attention temporelle à travers l'amorçage, il était possible de savoir si une aide apportée aux enfants sourds implantés pour mieux distribuer leur attention temporelle était possible, témoignant par là même de son déficit initial. C'est pourquoi un effet plus bénéfique de l'entraînement lorsqu'il est amorcé rythmiquement

pouvait apporter, indirectement, un argument à l'hypothèse d'un déficit d'attention temporelle chez les enfants sourds implantés. Un tel effet permettrait aussi de dire que les déficits de ces enfants en morphosyntaxique s'expliquent, au moins en partie, par un trouble de l'attention temporelle, et donc un défaut d'analyse, et pas seulement par des lacunes en termes de connaissances dans ce domaine.

L'analyse des résultats aux deux tests de morphosyntaxe va dans le sens de cette hypothèse. L'argument le plus fort vient de l'effet significativement plus important de l'entraînement amorcé que de l'entraînement non amorcé. L'interaction entre l'influence de la répétition du test (facteur Etape) et le groupe d'enfants défini par l'ordre de réalisation des deux entraînements est aussi un bon argument, car il s'explique par un bénéfice entre deux étapes successives de réalisation du test de jugement de grammaticalité seulement si un entraînement amorcé a été réalisé entre les deux étapes. Cette interaction ne se produit que pour ce test. Ceci va dans le sens de l'hypothèse selon laquelle les traitements morphosyntaxiques des enfants sourds sont perfectibles si on améliore leur attention temporelle, ce qui est cohérent avec un déficit initial d'attention temporelle, et avec l'idée d'une participation de ce déficit à la durabilité des déficits en morphosyntaxe après une petite enfance privée de stimulations auditives. Selon Kotz et coll.(2005), les amorces dotées d'une pulsation claire à 2 Hz prépareraient l'attention à découper le signal de parole en segments de taille adéquate au traitement syntaxique.

Les résultats dans l'autre épreuve de morphosyntaxe (test de compréhension syntaxique) vont dans le même sens, mais sont moins tranchés. L'analyse non-paramétrique des données montre l'effet particulièrement bénéfique d'un entraînement amorcé rythmiquement, mais cela surtout s'il est proposé en second dans la prise en charge, c'est-à-dire sans doute après que des difficultés syntaxiques explicables par d'autres lacunes (sans doute en termes de connaissances syntaxiques) aient été déjà dépassées. Si les bénéfices dus à l'entraînement amorcé sont moins massifs pour ce test, cela pourrait être dû au fait qu'il fait également appel à des fonctions autres que le jugement de grammaticalité : le balayage visuel, la compréhension fine des situations et des émotions ainsi que la connaissance du vocabulaire.

Les résultats obtenus dans l'étude sont également cohérents avec la seconde hypothèse théorique, laquelle supposait que le traitement de la musique avait un point commun avec le traitement du langage. L'observation d'un bénéfice plus fort apporté aux traitements morphosyntaxiques dans les tests linguistiques, grâce à l'ajout d'un amorçage musical, va dans le sens de cette hypothèse, d'autant que cet effet bénéfique de l'amorçage

musical n'est pas général et n'a par exemple pas d'impact sur les tests d'empan mnésique. L'attention temporelle est centrale dans l'analyse implicite du rythme musical, mais lorsqu'elle est correctement pré-orientée dans le temps pour favoriser une analyse syntaxique, cette attention temporelle permet aussi un meilleur traitement dans ce domaine linguistique. Ceci suggère que les processus engagés dans le traitement de la musique et du langage partagent des ressources cognitives et cérébrales communes. De nombreux chercheurs soutiennent cette hypothèse et évoquent un partage de circuits neuronaux pour percevoir et produire du rythme en musique et en langage. Les hypothèses SEP (1) "*Sound Envelope Processing*" et (2) "*Synchronization and Entrainment to Pulse*" proposées par Fujii et Wan (2014) décrivent plus précisément quatre circuits neuronaux communs à la musique et au langage. Langage et musique partagent aussi des caractéristiques acoustiques telles que la hauteur, le timbre, une organisation hiérarchique de l'information, mais surtout la dimension temporelle. Sachant que le rythme couplé à l'intonation constitue l'organisation temporelle de la prosodie, un bon traitement de la parole serait sous-tendu par une bonne capacité à analyser le rythme (Patel, 2007 et Schmidt-Kassow et coll., 2008). En faisant précéder l'analyse syntaxique requise dans les exercices de notre étude par une amorce musicale dont le rythme est facile à extraire, et qui est à 2 Hz, le bénéfice apporté par ces exercices, à moyen terme, lorsqu'ils sont testés après la période d'entraînement, est un bon argument pour soutenir que la séquentiation de l'information (i.e., la distribution temporelle de l'attention) à ce rythme est importante pour l'analyse morphosyntaxique d'une phrase entendue. En effet, la musique choisie pour l'amorçage, avec des pulsations à 2 Hz, soit des ondes lentes, favorise apparemment l'extraction d'unités d'information nécessaires au traitement syntaxique ensuite demandé sur une phrase entendue (Kotz et coll. 2010). Cela confirme, avec un principe d'expérience différent et de manière un peu moins directe, l'efficacité de l'amorçage rythmique à 2 Hz pour l'analyse syntaxique du français dans les études de Przybylski et coll. (2013) et Tillmann et coll. (2014). En effet, l'attention temporelle auditive se développant par cycles (Jones, 2002), le stimulus externe fourni par l'amorçage musical rythmique avec une notion de périodicité coïnciderait à une augmentation du niveau attentionnel dû à une élévation de l'excitabilité des neurones (Drake, 2010). Une synchronisation des oscillateurs internes avec ce stimulus créerait un pic d'attention à l'origine des cycles attentionnels dont nous parlons. Ceci concourt également à confirmer l'assertion selon laquelle il existe une plasticité cérébrale permettant à la pratique musicale de produire des modifications cérébrales ainsi que des transferts possibles de la musique vers certaines compétences

langagières (Peretz et coll., 2005). Dans un autre domaine, l'analyse phonologique, Cason et Schön (2012) ont montré les profits apportés par ce type d'exposition à la détection de phonèmes chez des adultes, à condition qu'il y ait cohérence entre la position du phonème cible dans la structure syllabique du support et le rythme de l'amorce. Une amorce musicale dont la métrique est binaire favorise ainsi la détection de phonème à la fin d'un pseudo-mot composé de deux syllabes. Tout cela suggère qu'il existe des structures cérébrales partagées ou *a minima* des ressources partiellement communes entre la perception du langage et de la musique pour le traitement de la métrique et de la pulsation. Les résultats obtenus aux épreuves de jugement grammatical décrites dans notre étude, permettent de confirmer notre hypothèse de partage des ressources cognitives et cérébrales entre la musique et le langage.

Par ailleurs, les effets sur les tests d'attention visuo-spatiale (Zazzo et d2) méritent discussion. Notons que les enfants sourds implantés sont déficitaires dans ce test comme dans celui du d2. Ils sollicitent non seulement des domaines non verbaux, mais aussi une autre modalité (la vision) et des processus attentionnels essentiellement spatiaux. Le test de Zazzo permet différentes mesures des performances, mais il n'est pas particulièrement influencé par la présence d'un amorçage lors de l'entraînement syntaxique. Cette absence d'effet met en relief l'effet obtenu sur les tests de morphosyntaxe. Par contre, le test d2 s'avère plus sensible à la présence de l'amorçage rythmique pendant l'entraînement. Deux mesures dans ce test (la performance globale et la vitesse) révèlent un bénéfice apporté par la présence des amorces rythmiques. Ce test d'attention implique bien sûr une attention de type spatial, mais sans doute également la dimension séquentielle de l'attention visuelle. L'entraînement que nous avons proposé avec amorçage musical aurait donc pu avoir une influence positive sur cette composante.

Un résultat moins attendu mais intéressant est que la présence de l'amorce rythmique pendant l'entraînement s'accompagne d'un progrès plus fort en répétition de mots par la suite. Ici encore, il s'agit sans doute d'un effet qui témoigne de l'importance de l'attention temporelle dans de nombreux processus liés au langage. Ici, une attention temporelle qui a été particulièrement stimulée pendant une période d'entraînement resterait plus efficace au-delà de la période qui suit immédiatement l'entraînement, et aurait des retentissements favorables sur la perception de la parole à reproduire.

11. Les limites de notre étude

11.1. L'échantillon

En termes de taille, notre échantillon composé de 10 enfants limite nécessairement la puissance de l'analyse statistique des résultats et la portée de l'interprétation ; celle-ci doit donc être formulée avec prudence au sujet des enfants sourds implantés. Au-delà des conséquences directement liées au nombre restreint d'enfants testés et entraînés, se pose le problème de la grande disparité des âges qui, sur cette taille d'effectif, a certainement un effet et introduit peut-être un biais. Outre la question de l'âge, les critères d'inclusion que nous avions déterminés n'ont pu empêcher des disparités en termes de niveau socioculturel ni, surtout, en termes de compétences langagières par rapport à la norme. Cette hétérogénéité des compétences par rapport à l'âge chronologique fait l'unanimité dans la littérature sur les enfants sourds. Il serait donc souhaitable, pour la poursuite de cette étude, d'évaluer ces compétences assez finement dans l'étape de recherche des participants afin de gagner en homogénéité et en représentativité de la population des enfants sourds implantés.

Afin de réduire l'impact de ces limites, nous avons appliqué un protocole comparant l'effet des deux remédiations dans lequel chaque participant est son propre témoin, puisque chacun effectue les deux types de remédiations. Seul l'ordre dans lequel celles-ci sont proposées reste ainsi un facteur interindividuel. L'autre précaution a été de ne pas se limiter à des analyses de la variance (dont les conditions d'application ne sont pas remplies à cause de la petite taille de l'échantillon) en complétant ces analyses par des tests non-paramétriques.

En ce qui concerne les critères d'exclusion, aucun enfant ne présentait de trouble associé diagnostiqué mais nous avons pu constater, pour l'enfant MB2, de fréquentes attitudes d'opposition avant ou pendant les entraînements, altérant la qualité de ceux-ci. Par ailleurs, le fait de ne pas exclure les enfants bilingues doit nous amener à nuancer les résultats obtenus. Dans notre cas, notons que les deux enfants MB1 et BM5 se trouvant dans ce cas se sont révélés être les plus performants après l'entraînement par amorçage rythmique. Si le groupe total était plus grand, il serait alors recommandé de refaire les analyses en excluant ces trois enfants, afin de s'assurer que les effets constatés ne s'expliquent pas essentiellement par leurs cas particuliers.

11.2. Le protocole

La méthode du cross-over a été choisie afin d'éviter de devoir tester une population contrôle. Cela permettait de réunir suffisamment d'enfants pour une étude se déroulant sur quelques mois, tout en permettant des comparaisons. Cette méthode présente néanmoins quelques inconvénients.

Tout d'abord, la prise en charge totale étant assez longue, des facteurs externes difficiles à maîtriser sont susceptibles d'avoir induit des variations intra-individuelles, compromettant un peu la stabilité de l'état attentionnel des enfants : un cadre familial parfois perturbé ou la survenue de petites maladies (les enfants étaient entraînés en hiver) ont pu introduire ce type de biais.

Par ailleurs, le protocole en cross-over implique d'évaluer les enfants à trois reprises avec les mêmes tests. Il est possible qu'une part de l'amélioration constatée soit due à la familiarisation avec ces derniers. C'est aussi pour tenir compte de l'impact du nombre de fois où les tests sont faits que nous avons réalisé les ANOVAs, permettant d'évaluer l'effet principal de cette quantité de passation des tests (facteur Etape), et de vérifier si cet effet interagissait avec le type d'entraînement réalisé.

Enfin, étant donné la durée du protocole, il est possible que l'effet de l'entraînement se confonde en partie avec celui du développement normal de l'enfant, ou encore avec des prises en charges orthophoniques ayant lieu par ailleurs trois fois par semaine (il n'était pas possible de suspendre ces rééducations).

11.3. Le matériel d'évaluation

Même si la batterie EXALANG ne donne en principe pas lieu à des effets d'entraînement si on ne donne pas les bonnes réponses aux patients, le simple fait que l'expérimentateur coche les pictos permettant l'évaluation de chaque épreuve permet à l'enfant de repérer assez facilement si ses réponses sont justes ou fausses. Ceci pourrait aussi introduire un biais même si, apparemment, les enfants ne se souvenaient pas de ce qu'ils avaient répondu lors de la passation précédente. Ceci reste toutefois difficile à objectiver.

Le test d'attention de Zazzo ayant plus de 20 ans d'existence, nous aurions pu chercher un test un peu plus récent pour nos évaluations. Cependant, celui-ci conserve non seulement toute sa pertinence mais il présente les qualités qui nous intéressaient pour notre étude. Tout comme le test de d2, Zazzo est un test d'attention sérielle. Contrairement à d'autres tests d'attention spatiale qui auraient par exemple porté sur l'orientation de l'attention à travers l'indiçage, ces tests impliquent des processus relevant de la

séquentiation dans sa dimension visuelle et donc l'attention temporelle. Telle est la justification de notre choix.

Quant au test de d2, normalement destiné aux adultes, nous avons utilisé l'étalonnage concernant les moins de 25 ans et correspondant à un niveau BEP/CAP. Ce choix a été motivé par le fait que nous cherchions à voir une éventuelle évolution, si faible soit elle, mais non une comparaison à la norme. Il aurait toutefois été intéressant, pour gagner en compréhension des difficultés de notre échantillon, de comparer ces scores à ceux d'une population contrôle.

11.4. Les conditions d'entraînement

Le temps d'entraînement par séance pour chaque enfant aurait dû être d'une vingtaine de minutes. Or les retards, la fatigue ou la mauvaise condition physique des enfants déjà évoquée plus haut ont fait que ces séances étaient parfois écourtées. Cela a sans doute nui à l'investissement attentionnel des enfants et limité un peu l'impact de l'entraînement.

Concernant les lieux d'entraînement, ceux-ci étaient parfois l'école, parfois le domicile des parents, ce qui suppose des conditions plus bruyantes que dans un cabinet d'orthophoniste. Ce fait est bien entendu largement préjudiciable aux enfants sourds même implantés. Cela n'a toutefois pas eu d'incidence sur l'homogénéité des groupes puisque ces différentes conditions de passation ont été réparties sur les groupes A et B.

Dernier point : au cours de nos entraînements, certains enfants ont parfois eu des difficultés avec leur matériel électrique : casse de la partie externe de l'implant (pour l'enfant MB5) ou oubli des piles (pour l'enfant MB 4), ce qui a nécessairement nui à la qualité de certains entraînements. De plus, un des enfants a été muni d'un implant controlatéral à la fin de notre expérience, après les derniers tests. Cela laisserait supposer qu'il ne bénéficiait peut-être pas de conditions auditives suffisantes, ce qui a peut-être restreint les effets de l'entraînement.

12. Intérêts et perspectives de notre étude

Tout comme les enfants TSL présentés dans notre étude de référence, les enfants sourds profonds congénitaux implantés présentent bien des difficultés sur le plan de l'attention temporelle entraînant une morphosyntaxe déficitaire. En utilisant nous aussi le protocole consistant à faire précéder notre entraînement linguistique de l'écoute d'une amorce rythmique régulière, nous avons obtenu des résultats très positifs en ce qui concerne la progression des enfants en jugement grammatical. L'entraînement linguistique amorcé s'est avéré sur ce plan particulièrement efficace. Ceci vient corroborer, une fois de plus, les études de Przybylski et coll. (2013) et Tillmann et coll. (2014), ainsi que l'actualité de la recherche sur la théorie des oscillations cérébrales. Ceci va dans le sens de ce qui a été entrepris depuis longtemps, de façon plus empirique, à savoir l'utilisation de la musique dans la rééducation linguistique de la surdité profonde et en particulier pour les enfants sourds congénitaux. Les études neurologiques menées aujourd'hui sur ce sujet apportent visiblement des éléments nouveaux tout à fait pertinents qui ne peuvent qu'encourager tous ceux qui souhaitent mobiliser leurs efforts pour tenter d'apporter une contribution positive à l'amélioration des performances linguistiques de la population sourde. Dans ce contexte, l'entraînement des enfants avec des rythmes réguliers pourrait être proposé dès l'éducation auditive précoce puis poursuivi lorsque l'enfant serait en mesure de réaliser des exercices linguistiques. Il serait alors intéressant, puisque nous connaissons l'impact de la musique sur la plasticité cérébrale, d'en mesurer les effets. Par ailleurs, une étude longitudinale, avec un échantillon d'enfants plus représentatif, pourrait être envisagée. Elle permettrait d'observer dans le temps l'impact d'un entraînement sur deux groupes d'enfants sourds : l'un avec amorçage rythmique, l'autre sans celui-ci. A ce titre, nous serions très heureuses d'y contribuer en mettant à disposition le matériel que nous avons créé pour nos séances d'entraînement.

CONCLUSION

Pour mener notre étude, nous nous sommes appuyées sur un mémoire de l'année précédente (Brisseau et Molinier, 2014) montrant l'efficacité d'un amorçage rythmique régulier sur les performances morphosyntaxiques des enfants TSL. Sensibles aux difficultés rencontrées par la population des enfants sourds, qui rappellent souvent celles des enfants dyslexiques et dysphasiques, il nous est apparu pertinent de d'utiliser ces mêmes amorces, cette fois auprès d'enfants sourds profonds congénitaux, et surtout en n'utilisant pas ces amorces directement sur les tests évaluant les progrès des enfants en morphosyntaxe, mais en les utilisant avant chaque exercice d'une remédiation, afin de tenter d'optimiser les effets positifs de celle-ci.

Pour cela, il a été nécessaire de réunir un échantillon d'enfants implantés précocement, ceci en raison des effets rapportés dans la littérature à propos de l'importance de la précocité de la réhabilitation prothétique pour l'apprentissage de la langue (Cason, & Schön, 2012). Sur le plan pratique, nous avons choisi la méthode du cross-over pour entraîner les enfants avec et sans amorçage rythmique régulier. Puis nous avons créé un matériel orthophonique permettant de cibler le plus précisément possible les difficultés syntaxiques des enfants sourds. Au vu de l'analyse des résultats, lorsque l'entraînement intégrant l'amorçage rythmique est utilisé, les bénéfices sont accrus sur les épreuves de jugement grammatical pour tous les enfants de notre échantillon sauf deux. Cela confirme donc bien la théorie de Giraud et coll., (2012) selon laquelle le stimulus externe fourni par un amorçage rythmique régulier permettrait une synchronisation des oscillateurs cérébraux avec celui-ci, favorisant ainsi l'extraction d'unités pertinentes pour l'analyse de la syntaxe. Si les bénéfices observés en compréhension syntaxique sont moins homogènes entre les participants, nous pensons pouvoir en attribuer la cause à l'implication d'autres mécanismes d'attention visuelle, non directement temporels, ainsi qu'à d'éventuelles lacunes lexicales du matériel et à la nécessité d'une compréhension fine des situations pour réussir la tâche, au-delà des compétences purement grammaticales. Ces résultats, très encourageants dans l'ensemble, nous conduisent à penser que ce type d'approche pourrait être intégré aux rééducations destinées aux enfants sourds profonds implantés dès l'éducation auditive précoce afin de profiter d'une plasticité cérébrale optimale pour la perception des informations pertinentes et améliorer ainsi leurs futures compétences langagières.

RÉFÉRENCES

[1] Albaret, J.-M. (2004). L'évaluation des processus attentionnels et de l'impulsivité. In C. Billard et al. (Eds.), *L'état des connaissances. Livret 6 : Attention Mémoire* (pp. 31-33). Paris : Signes éditions.

[2] Ambert-Dahan, E. (2011). Optimisation du mode de réhabilitation des surdités sévères et profondes de l'adulte: de nouveaux outils pour une réhabilitation auditive optimale.

[3] Anvari, S. H., Trainor, L. J., Woodside, J., & Levy, B. A. (2002). Relations among musical skills, phonological processing, and early reading ability in preschool children. *Journal of Experimental Child Psychology*, *83*(2), 111-130.

[4] Astésano, C. (2001). Rythme et accentuation en français: invariance et variabilité stylistique. Paris : L'Harmattan.

[5] Astésano, C., Bertrand, R., Espesser, R., & Nguyen, N. (2012). Perception des frontières et des proéminences en français. In *Actes de la conférence conjointe JEP-TALN-RECITAL* (Vol. 1).

[6] Audoit, A., & Carbonnière, B. (2005). Un retard de langage oral spécifique à l'enfant implanté. *Glossa*, *93*, 24-43.

[7] Besson, M., Chobert, J., & Marie, C. (2011). Transfer of Training between Music and Speech: Common Processing, Attention, and Memory. *Frontiers in Psychology*, *2*, 94.

[8] Bialystok, E. (2011). Reshaping the mind: The benefits of bilingualism. *Canadian Journal of Experimental Psychology/Revue canadienne de psychologie expérimentale*, *65*(4), 229.

[9] Boons, T., De Raeve, L., Langereis, M., Peeraer, L., Wouters, J., & van Wieringen, A. (2013). Expressive vocabulary, morphology, syntax and narrative skills in profoundly deaf children after early cochlear implantation. *Research in Developmental Disabilities*, *34*(6), 2008-2022.

[10] Brédart, S., & Rondal, J. A. (1999). *L'ANALYSE DU LANGAGE CHEZ L'ENFANT. Les activité métalinguistiques*. Bruxelles : Editions Mardaga.

[11] Brickenkamp, R. (1969). Manuel du test d2. *Editest, Brussels*.

[12] Briec, J. (2012). *Implant cochléaire et développement du langage chez les jeunes enfants sourds profonds* (Doctoral dissertation, Université Rennes 2).

[13] Brin, F., Courrier, C., Lederlé, E., & Masy, V. (2011). *Dictionnaire d'orthophonie*.

Paris : OrthoEdition.

[14] Brisseau, L., & Molinier, P. (2014). *Déficits grammaticaux chez des enfants avec trouble spécifique du langage : effets d'un amorçage rythmique* (Mémoire d'orthophonie, Paris VI).

[15] Cason, N., & Schön, D. (2012). Rhythmic priming enhances the phonological processing of speech. *Neuropsychologia, 50*(11), 2652-2658.

[16] Chobert, J., & Besson, M. (2013). Musical expertise and second language learning. *Brain Sciences, 3*(2), 923-940.

[17] Chin, S. B., & Pisoni, D. B. (2000). A phonological system at 2 years after cochlear implant. *Clinical Linguistics and Phonetics, 14*, 53-73.

[18] Cleophas, T. J. (1996). Crossover trials are only useful when there is a positive correlation between the response to different treatment modalities. *British Journal of Clinical Pharmacology, 41*(3), 235-239.

[19] Cohen, J. (1988). *Statistical power analysis for the behavioral sciences* (2nd edition). Hillsdale, NJ: Erlbaum.

[20] Conway, C. M., & Christiansen, M. H. (2005). Modality-constrained statistical learning of tactile, visual, and auditory sequences. *Journal of Experimental Psychology. Learning, Memory, and Cognition, 31*(1), 24-39.

[21] Conway, C. M., Karpicke, J., Anaya, E. M., Henning, S. C., Kronenberger, W. G., & Pisoni, D. B. (2011). Nonverbal cognition in deaf children following cochlear implantation: Motor sequencing disturbances mediate language delays. *Developmental Neuropsychology, 36*(2), 237-254.

[22] Conway, C. M., & Pisoni, D. B. (2008). Neurocognitive basis of implicit learning of sequential structure and its relation to language processing. *Annals of the New York Academy of Sciences, 1145*, 113-131.

[23] Conway, C. M., Pisoni, D. B., Anaya, E. M., Karpicke, J., & Henning, S. C. (2011). Implicit sequence learning in deaf children with cochlear implants. *Developmental Science, 14*(1), 69-82.

[24] Conway, C. M., Pisoni, D. B., & Kronenberger, W. G. (2009). The Importance of Sound for Cognitive Sequencing Abilities: The Auditory Scaffolding Hypothesis. *Current Directions in Psychological Science, 18*(5), 275-279.

[25] 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.

[26] Cummins, F., & Port, R. (1998). Rhythmic constraints on stress-timing in English. *Journal of Phonetics, 26*, 145-171.

[27] Dana-Gordon, C., Mazaux, J. M., & N'Kaoua, B. (2013). Bilinguisme et fonctionnement exécutif : les avantages cognitifs du bilingue. *Rééducation orthophonique, 253*, 53-80.

[28] Drake, C. (2010). Écouter et jouer la musique : une fenêtre sur les processus d'organisation temporelle. Lecture dédiée à la mémoire de Marie-Claire Botte. In B. Lechevalier, H. Platel, and F. Eustache (Eds.), *Le cerveau musicien. Neuropsychologie et psychologie cognitive de la perception musicale* (pp. 147-195). Bruxelles : de Boeck Universités.

[29] Dumont, A. (2008). *Orthophonie et surdité : communiquer, comprendre, parler*. Paris : Elsevier Masson.

[30] Dumont, A. (2013) Démutisation des surdités du premier âge, appareillées ou non, y compris en cas d'implant cochléaire. *Les approches thérapeutiques en orthophonie* (Tome 3) (pp. 9-47). Paris : OrthoEdition.

[31] Dumont, A. (2013) *Sens et Sons, entendre avec son cerveau*. Paris : OrthoEdition

[32] Ertmer, D. J., Young, N. M., & Nathani, S. (2007). Profiles of vocal development in young cochlear implant recipients. *Journal of speech, language, and hearing research: JSLHR, 50*(2), 393-407.

[33] Etien, S. (2011). Les enfants bilingues sont plus précoces. *La Recherche, 452*, 56-58.

[34] Fine, I., Finney, E. M., Boynton, G. M., & Dobkins, K. R. (2005). Comparing the effects of auditory deprivation and sign language within the auditory and visual cortex. *Journal of Cognitive Neuroscience, 17*(10), 1621-1637.

[35] Fitzroy, A. B., & Sanders, L. D. (2012). Musical expertise modulates early processing of syntactic violations in language. *Frontiers in Psychology, 3*, 603.

[36] Flaugnacco, E., Lopez, L., Terribili, C., Zoia, S., Buda, S., Tilli, S., Monasta, L., Montico, M, Sila, A., Ronfani, L., Schön, D. (2014). Rhythm perception and production predict reading abilities in developmental dyslexia. *Frontiers in Human Neuroscience, 8*, 392.

[37] Fodor, J. A. (1983). *The modularity of mind: An essay on faculty psychology*. Cambridge : MIT press.

[38] François, C., Tillmann, B., & Schön, D. (2012). Cognitive and methodological considerations on the effects of musical expertise on speech segmentation. *Annals of the New York Academy of Sciences, 1252*, 108-115.

[39] Fujii, S., & Wan, C. Y. (2014). The role of rhythm in speech and language rehabilitation: The SEP Hypothesis. *Frontiers in Human Neuroscience, 8*, 777.

[40] Geers, A. E., Nicholas, J. G., & Sedey, A. L. (2003). Language skills of children with early cochlear implantation. *Ear and Hearing, 24*(1 Suppl), 46S-58S.

[41] Ghitza, O. (2011). Linking speech perception and neurophysiology: Speech decoding guided by cascaded oscillators locked to the input rhythm. *Frontiers in Psychology, 2*, 130.

[42] Giraud. A. - L. (2008). Rythmes corticaux endogènes et spécialisation fonctionnelle du langage. *Médecine Sciences, 12*(24), 1061-1064.

[43] Giraud, A. - L., et Poeppel, D. (2012). Cortical oscillations and speech processing: Emerging computational principles and operations. *Nature Neuroscience, 15*(4), 511-517.

[44] Gosselin, N., Peretz, I., Clément, J., & Dalla Bella, S. (2010). Comment le cerveau reconnaît-il la musique ? Autonomie et fractionnement du Système de Reconnaissance Musicale. In B. Lechevalier, H. Platel, and F. Eustache (Eds.), *Le cerveau musicien. Neuropsychologie et psychologie cognitive de la perception musicale* (pp. 91-122). Bruxelles : de Boeck Universités.

[45] Goswami, U. (2011). A temporal sampling framework for developmental dyslexia. *Trends in Cognitive Sciences, 15*(1), 3-10.

[46] Habib, M., & Besson, M. (2008). Langage, musique et plasticité cérébrale : perspective pour la rééducation. *Revue de Neuropsychologie, 18*(1-2), 103-126.

[47] Hage, C., & Leybaert, J. (2006). *Compétences cognitives, linguistiques et sociales de l'enfant sourd : pistes d'évaluation.* Bruxelles : Editions Mardaga. 288 p.

[48] Jaeggi, S. M., Buschkuehl, M., Shah, P., & Jonides, J. (2013). The role of individual differences in cognitive training and transfer. *Memory et Cognition, 42*(3), 464-480.

[49] Jantzen, M. G., Howe, B. M., & Jantzen, K. J. (2014). Neurophysiological evidence that musical training influences the recruitment of right hemispheric homologues for speech perception. *Frontiers in Psychology, 5*, 171.

[50] Jentschke, S., & Koelsch, S. (2009). Musical training modulates the development of syntax processing in children. *NeuroImage, 47*(2), 735-744.

[51] 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.

[52] Klingberg, T., Fernell, E., Olesen, P. J., Johnson, M., Gustafsson, P., Dahlström, K.,

Gillberg, C. G., Forssberg, H., Westerberg, H. (2005). Computerized training of working memory in children with ADHD--a randomized, controlled trial. *Journal of the American Academy of Child and Adolescent Psychiatry*, *44*(2), 177-186.

[53] Koelsch, S., & Siebel, W. A. (2005). Towards a neural basis of music perception. *Trends in Cognitive Sciences*, *9*(12), 578-584.

[54] Kotz, S. A., Frisch, S., von Cramon, D. Y., & Friederici, A. D. (2003). Syntactic language processing: ERP lesion data on the role of the basal ganglia. *Journal of the International Neuropsychological Society: JINS*, *9*(7), 1053-1060.

[55] Kotz, S. A., Gunter, T. C., & Wonneberger, S. (2005). The basal ganglia are receptive to rhythmic compensation during auditory syntactic processing: ERP patient data. *Brain and Language*, *95*(1), 70-71.

[56] Kotz, S. A., & Schwartze, M. (2010). Cortical speech processing unplugged: a timely subcortico-cortical framework. *Trends in Cognitive Sciences*, *14*(9), 392-399.

[57] Kotz, S. A., & Schwartze, M. (2011). Differential input of the supplementary motor area to a dedicated temporal processing network: Functional and clinical implications. *Frontiers in integrative neuroscience*, *5*.

[58] Kotz, S. A., Schwartze, M., & Schmidt-Kassow, M. (2009). Non-motor basal ganglia functions: A review and proposal for a model of sensory predictability in auditory language perception. *Cortex*, *45*, 982–990.

[59] Kral, A. (2009). [Early hearing experience and sensitive developmental periods]. *HNO*, *57*(1), 9-16.

[60] Kral, A., & Sharma, A. (2012). Developmental neuroplasticity after cochlear implantation. *Trends in neurosciences*, *35*(2), 111-122.

[61] Kraus, N., & Chandrasekaran, B. (2010). Music training for the development of auditory skills. *Nature Reviews. Neuroscience*, *11*(8), 599-605.

[62] Kraus, N., Slater, J., Thompson, E. C., Hornickel, J., Strait, D. L., Nicol, T., & White-Schwoch, T. (2014). Music enrichment programs improve the neural encoding of speech in at-risk children. *The Journal of Neuroscience: The Official Journal of the Society for Neuroscience*, *34*(36), 11913-11918.

[63] Lazard, D. S., Giraud, A. L., Gnansia, D., Meyer, B., & Sterkers, O. (2012). Understanding the deafened brain: implications for cochlear implant rehabilitation. *European annals of otorhinolaryngology, head and neck diseases*, *129*(2), 98-103.

[64] Lehongre, K., Ramus, F., Villiermet, N., Schwartz, D., & Giraud, A.-L. (2011).

Altered low-γ sampling in auditory cortex accounts for the three main facets of dyslexia. *Neuron*, *72*(6), 1080-1090.

[65] Le Normand, M. T. (2009, February). L'acquisition du langage oral et écrit des enfants implantés cochléaires. In *Sciences du langage et demandes sociales : Actes du Colloque 2007 de l'Association des sciences du langage* (p. 19). Lambert-Lucas.

[66] Le Normand, M. T. (2004). Évaluation du lexique de production chez des enfants sourds profonds munis d'un implant cochléaire sur un suivi de trois ans. *Rééducation orthophonique*, *217*, 125-140.

[67] Le Normand, M. T. (2007). Modèles psycholinguistiques du développement du langage. *Le langage de l'enfant, aspects normaux et pathologiques. Paris: Masson*, 35-56.

[68] Lepot-Froment, C., et Clerebaut, N. (1996). *L'enfant sourd : Communication et langage*. Bruxelles : De Boeck Supérieur.

[69] Leybaert, J., Ligny, C., Schepers, F., Renglet, T., Simon, P., & Mansbach, A. L. (2004). Implant cochléaire, Acquisition du Langage et Plasticité cérébrale.

[70] Liu, F., Patel, A. D., Fourcin, A., & Stewart, L. (2010). Intonation processing in congenital amusia: discrimination, identification and imitation. *Brain*, *133*(6), 1682-1693.

[71] Loundon, N., & Busquet, D. (2009). *Implant cochléaire pédiatrique et rééducation orthophonique: comment adapter les pratiques ?* Paris : Flammarion Médecine-sciences.

[72] Maess, B., Koelsch, S., Gunter, T. C., & Friederici, A. D. (2001). Musical syntax is processed in Broca's area: An MEG study. *Nature Neuroscience*, *4*(5), 540-545.

[73] Magne, C., Schön, D., & Besson, M. (2006). Musician children detect pitch violations in both music and language better than nonmusician children: behavioral and electrophysiological approaches. *Journal of Cognitive Neuroscience*, *18*(2), 199-211.

[74] Mann, V. A., & Liberman, A. M. (1983). Some differences between phonetic and auditory modes of perception. *Cognition*, *14*(2), 211-235.

[75] Marie, C., Kujala, T., & Besson, M. (2012). Musical and linguistic expertise influence pre-attentive and attentive processing of non-speech sounds. *Cortex*, *48*(4), 447-457.

[76] Marie, C., Magne, C., & Besson, M. (2011). Musicians and the metric structure of words. *Journal of Cognitive Neuroscience*, *23*(2), 294-305.

[77] Marques, C., Moreno, S., Castro, S. L., & Besson, M. (2007). Musicians detect pitch violation in a foreign language better than nonmusicians: Behavioral and electrophysiological evidence. *Journal of Cognitive Neuroscience*, *19*(9), 1453-1463.

[78] Moreno, S., Marques, C., Santos, A., Santos, M., Castro, S. L., & Besson, M. (2009). Musical training influences linguistic abilities in 8-year-old children: More evidence for brain plasticity. *Cerebral Cortex (New York, N.Y.: 1991)*, *19*(3), 712-723.

[79] Musacchia, G., Sams, M., Skoe, E., & Kraus, N. (2007). Musicians have enhanced subcortical auditory and audiovisual processing of speech and music. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, *104*(40), 15894-15898.

[80] Musacchia, G., Strait, D., & Kraus, N. (2008). Relationships between behavior, brainstem and cortical encoding of seen and heard speech in musicians and non-musicians. *Hearing Research*, *241*(1-2), 34-42.

[81] Neville, H., & Bavelier, D. (2002). Human brain plasticity: Evidence from sensory deprivation and altered language experience. *Progress in Brain Research*, *138*, 177-188.

[82] Overy, K. (2000). Dyslexia, temporal processing and music: The potential of music as an early learning aid for dyslexic children. *Psychology of Music*, *28*(2), 218-229.

[83] Overy, K., Nicolson, R. I., Fawcett, A. J., & Clarke, E. F. (2003). Dyslexia and music: Measuring musical timing skills. *Dyslexia (Chichester, England)*, *9*(1), 18-36.

[84] Parbery-Clark, A., Strait, D. L., Anderson, S., Hittner, E., & Kraus, N. (2011). Musical Experience and the aging auditory system: Implications for cognitive abilities and hearing speech in noise. *PLoS ONE*, *6*(5). Consulté avril 23, 2015, à l'adresse http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3092743/

[85] Patel, A. D. (2003). Language, music, syntax and the brain. *Nature Neuroscience*, *6*(7), 674-681.

[86] Patel, A. D. (2007). *Music, Language, and the Brain*. Oxford University Press.

[87] Patel, A. D. (2011). Why would Musical Training Benefit the Neural Encoding of Speech? The OPERA Hypothesis. *Frontiers in Psychology*, *2*, 142.

[88] Patel, A. D. (2012). The OPERA hypothesis: assumptions and clarifications. *Annals of the New York Academy of Sciences*, *1252*, 124-128.

[89] Patel, A. D. (2014). Can nonlinguistic musical training change the way the brain

processes speech? The expanded OPERA hypothesis. *Hearing Research, 308*, 98-108.

[90] Patel, A. D., Gibson, E., Ratner, J., Besson, M., & Holcomb, P. J. (1998). Processing syntactic relations in language and music: An event-related potential study. *Journal of Cognitive Neuroscience, 10*(6), 717-733.

[91] Peretz, I., & Coltheart, M. (2003). Modularity of music processing. *Nature Neuroscience, 6*(7), 688-691.

[92] Peretz, I., & Zatorre, R. J. (2005). Brain organization for music processing. *Annual Review of Psychology, 56*, 89-114.

[93] Pisoni, D. B. (2000). Cognitive factors and cochlear implants: some thoughts on perception, learning, and memory in speech perception. *Ear and Hearing, 21*(1), 70-78.

[94] Pisoni, D. B., & Cleary, M. (2003). Measures of working memory span and verbal rehearsal speed in deaf children after cochlear implantation. *Ear and Hearing, 24*(1 Suppl), 106S-20S.

[95] Pisoni, D. B., & Geers, A. E. (2000). Working memory in deaf children with cochlear implants: Correlations between digit span and measures of spoken language processing. *The Annals of otology, rhinology & laryngology. Supplement, 185*, 92.

[96] Poeppel, D. (2003). The analysis of speech in different temporal integration windows: Cerebral lateralization as 'asymmetric sampling in time'. *Speech Communication, 41*, 245-255.

[97] Przybylski, L., Bedoin, N., Krifi-Papoz, S., Herbillon, V., Roch, D., Léculier, L., Kotz, S. A., Tillmann, B. (2013). Rhythmic auditory stimulation influences syntactic processing in children with developmental language disorders. *Neuropsychology, 27*(1), 121-131.

[98] Quené, H., & Port, R. F. (2005). Effects of timing regularity and metrical expectancy on spoken-word perception. *Phonetica, 62*(1), 1-13.

[99] Regol, V., 2001, *L'Acquisition des déterminants chez quatre enfants post-implants : le rôle de la répétition,* Mémoire de DEA en sciences du langage, Université Lumière-Lyon 2.

[100] Regol, V. & Hilaire G. (2002). Développement morpho-phonologique de deux enfants en train d'acquérir le français après un implant cochléaire. *Actes des XXIVes Journées d'Etudes sur la Parole* (24-27 juin) (pp.201-204), Nancy, France. .

[101] Rochette, F. (2012). *Entraînement auditif et musical chez l'enfant sourd profond :*

effets sur la perception auditive et effets de transferts (Thèse de Doctorat, Université de Bourgogne).

[102] Sammler, D., Koelsch, S., Ball, T., Brandt, A., Elger, C. E., Friederici, A. D., Grigutsch, M., Huppertz, H. J., Knösche, T. R., Wellmer, J., Widman, G., Schulze-Bonhage, A. (2009). Overlap of musical and linguistic syntax processing: Intracranial ERP evidence. *Annals of the New York Academy of Sciences, 1169*, 494-498.

[103] Schlumberger, E., Narbona, J., & Manrique, M. (2004). Non-verbal development of children with deafness with and without cochlear implants. *Developmental Medicine and Child Neurology, 46*(9), 599-606.

[104] Schmidt-Kassow, M., & Kotz, S. A. (2008). Entrainment of syntactic processing? ERP-responses to predictable time intervals during syntactic reanalysis. *Brain Research, 1226*, 144-155.

[105] Schön, D., Magne, C., & Besson, M. (2004). The music of speech: Music training facilitates pitch processing in both music and language. *Psychophysiology, 41*(3), 341-349.

[106] Schroeder, C. E., Lakatos, P., Kajikawa, Y., Partan, S., & Puce, A. (2008). Neuronal oscillations and visual amplification of speech. *Trends in Cognitive Sciences, 12*(3), 106-113.

[107] Sharma, A., Gilley, P. M., Dorman, M. F., & Baldwin, R. (2007). Deprivation-induced cortical reorganization in children with cochlear implants. *International Journal of Audiology, 46*(9), 494-499.

[108] Sharma, A., Tobey, E., Dorman, M., Bharadwaj, S., Martin, K., Gilley, P., & Kunkel, F. (2004). Central auditory maturation and babbling development in infants with cochlear implants. *Archives of Otolaryngology--Head et Neck Surgery, 130*(5), 511-516.

[109] Sibbald, B., & Roberts, C. (1998). Understanding controlled trials. Crossover trials. *BMJ (Clinical research ed.), 316*(7146), 1719.

[110] Spencer, P. E. (2004). Individual differences in language performance after cochlear implantation at one to three years of age: Child, family, and linguistic factors. *Journal of Deaf Studies and Deaf Education, 9*(4), 395-412.

[111] Steinbeis, N., & Koelsch, S. (2008). Shared neural resources between music and language indicate semantic processing of musical tension-resolution patterns. *Cerebral Cortex (New York, N.Y.: 1991), 18*(5), 1169-1178.

[112] Svirsky, M. A., Robbins, A. M., Kirk, K. I., Pisoni, D. B., & Miyamoto, R. T. (2000). Language development in profoundly deaf children with cochlear implants. *Psychological science*, *11*(2), 153-158.

[113] Svirsky, M. A., Silveira, A., Neuburger, H., Teoh, S. W., & Suarez, H. (2004). Long-term auditory adaptation to a modified peripheral frequency map. *Acta oto-laryngologica*, *124*(4), 381-386.

[114] Tillmann, B. (2005). Implicit investigations of tonal knowledge in nonmusician listeners. *Annals of the New York Academy of Sciences*, *1060*, 100-110.

[115] Tillmann, B., Bedoin, N., Przybylski, L., Roch, D., Brisseau, L., Molinier, P., Léculier, L., Krifi-Papoz, S., Kotz, S., Herbillon, V. (2014). Rhythmic auditory stimulation influences linguistic processing in children with developmental language disorders. *Congrès Européen de Stimulation Cognitive* « Comprendre, évaluer, prescrire, dispenser, diffuser », Dijon, France.

[116] Tillmann, B., & Schön, D. (2012). La musique au secours du langage : De l'étude des corrélats neuronaux vers des perspectives de réhabilitation. *Actes du Congrès de la Société de Neuropsychologie de Langue Française* (03-06 décembre 2012), Paris.

[117] Thibault, M. P., Helloin, M. C., & Croteau, B. (2003). Exalang-5/8. Une batterie d'examen du langage oral et écrit chez l'enfant de 5 à 8 ans. *Tranel*, (38-39), 129-152.

[118] Tobey, E. A., Thal, D., Niparko, J. K., Eisenberg, L. S., Quittner, A. L., & Wang, N. Y. (2013). Influence of implantation age on school-age language performance in pediatric cochlear implant users. *International journal of audiology*, *52*(4), 219-229.

[119] Truy, E., & Lina-Granade, G. (2009). Méthodes instrumentales de réhabilitation de l'audition : intérêts et limites. *Les surdités de l'enfant. Paris: Masson*, 11-20.

[120] Tuller, L. (2000). Aspects de la morphosyntaxe du français des sourds. *Recherches linguistiques de Vincennes*, 29, 143-156.

[121] Ullman, M. T. (2004). Contributions of memory circuits to language: The declarative/procedural model. *Cognition*, *92*(1-2), 231-270.

[122] Vincent-Durroux, L. (2014). *La langue orale des jeunes sourds profonds*. De Boeck-Solal.

[123] Virole B. (1999). *Psychologie de la surdité*. Belgique : DeBoeck supérieur.

[124] Virole, B., et Esperne, N. (2011). *Musique et surdité.*

[125] Wavreille, F., Hébrard, N., Hyman, C., Laurent, K., & Tombel, V. (2012). Les

troubles expressifs sont-ils spécifiques à une pathologie? Cas de la dysphasie et de la surdité. In *Entretiens de Bichat 2012*

[126] Young, G. A., & Killen, D. H. (2002). Receptive and expressive language skills of children with five years of experience using a cochlear implant. *The Annals of Otology, Rhinology, and Laryngology*, *111*(9), 802-810

ANNEXES

Annexe A Tableau présentant les moyennes en NB (Note Brute) et ET (Ecart Type) des deux groupes à l'évaluation pré-prise en charge 1.

	Moyenne groupe MB		Moyenne groupe BM	
	NB	ET	NB	ET
Épreuves de langage oral				
Jugement de grammaticalité	6,4	2,61	7	5,15
Compréhension syntaxique	6,8	3,7	5,6	3,13
Répétition de mots/logatomes	3,6	1,95	3	1,73
Épreuves attentionnelles				
Inexactitude (Zazzo)	50,80%	-3.88	65,00%	-3.8
Vitesse (Zazzo)	62,2	2.3	43,4	0.9
Rendement (Zazzo)	140,2	3.25	115	1.9
GZ (D2)	255,2	-2.5	236,4	-2.7
F% (D2)	12,62	RP <10 ; Q1e	6,34	RP<10 ; Q1e
GZ-F (D2)	224,4	-3	223,8	-3
KL (D2)	76	-2	88,6	-2
Épreuves mnésiques				
Empan endroit	3,2	0,84	4,2	0,45
Empan envers	3,4	0,55	3,4	0,55
Empan visuel	4,2	1,1	3,8	0,84

La valeur de F% n'étant pas répartie selon une loi normale, seuls les résultats en rangs percentiles (RP) 10, 25, 50, 75, 90 sont donnés. Ces valeurs correspondent à des coupures importantes permettant de situer le sujet de manière satisfaisante. Il y a également la présence de valeurs Quartiles (Q) pour RP avec les étendues suivantes : Q1 = 1-25, Q2 = 26-50, Q3 = 51-75, Q4 = 76-100. L'étendue Q1e rassemble les 10% les plus faibles et Q4e les 10% les plus élevées de l'échantillon (manuel du D2).

Annexe B Tableaux présentant les résultats en NB des enfants et les moyennes des groupes MB et BM aux différentes épreuves.

Pour rappel, l'étape 1 correspond à l'évaluation pré-prise en charge 1, l'étape 2 à l'évaluation post-prise en charge 1et l'étape 3 à l'évaluation post- prise en charge 2.

Annexe B1 : Tableau des résultats en NB des enfants des deux groupes à l'épreuve de Jugement de grammaticalité aux différentes étapes de notre étude.

	Etape1	Etape 2	Etape 3		Etape 1	Etape 2	Etape 3
MB1	8	17	10	BM1	7	10	18
MB2	10	10	11	BM2	9	4	16
MB3	4	16	14	BM3	5	9	14
MB4	4	11	14	BM4	14	14	16
MB5	6	4	6	BM5	0	5	16
Moyenne	6.4	11.6	11		7	8.4	16

Annexe B2 : Tableau des résultats en NB des enfants des deux groupes à l'épreuve de compréhension syntaxique aux différentes étapes de notre étude.

	Etape1	Etape 2	Etape 3		Etape 1	Etape 2	Etape 3
MB1	10	13	14	BM1	8	12	15
MB2	5	9	7	BM2	5	6	7
MB3	11	11	12	BM3	5	8	9
MB4	6	9	7	BM4	9	11	11
MB5	2	4	6	BM5	1	6	7
Moyenne	6.8	9.2	9.2		5.6	8.6	9.8

Annexe B3 : Tableau des résultats en NB des enfants des deux groupes à l'épreuve de répétition de mots/ logatomes aux différentes étapes de notre étude.

	Etape1	Etape 2	Etape 3		Etape 1	Etape 2	Etape 3
MB1	7	10	11	BM1	4	4	9
MB2	3	3	3	BM2	3	3	4
MB3	3	4	4	BM3	4	4	4
MB4	2	3	2	BM4	4	5	5
MB5	3	3	3	BM5	0	3	4
Moyenne	3.6	4.6	4.6		3	3.8	5.2

Annexe B4 : Tableau des résultats en NB des enfants des deux groupes à l'épreuve de double barrage de Zazzo aux différentes étapes de notre étude.

Inexactitude :

	Etape1	Etape 2	Etape 3		Etape 1	Etape 2	Etape 3
MB1	17%	13%	6,00%	BM1	41,00%	25,00%	18%
MB2	59%	59%	55%	BM2	76,00%	68,00%	77%
MB3	56,00%	56,00%	17,00%	BM3	76%	72%	12,00%
MB4	60,00%	42,00%	46%	BM4	54%	43%	2,00%
MB5	62,00%	53,00%	46%	BM5	78,00%	54,00%	48%
Moyenne	50.80%	44.60%	34%		65%	52.40%	31.40%

Vitesse :

	Etape1	Etape 2	Etape 3		Etape 1	Etape 2	Etape 3
MB1	114	133,69	129,4	BM1	67,5	82,5	82,5
MB2	47	45	47,5	BM2	27,5	32,5	35,2
MB3	60	52,5	67,5	BM3	37	47,5	45
MB4	30	47,5	57,5	BM4	50	62,5	67,5
MB5	60	60	60	BM5	35	52,5	55
Moyenne	62.2	67.74	72.38		43.4	55.5	57.04

Rendement :

	Etape1	Etape 2	Etape 3		Etape 1	Etape 2	Etape 3
MB1	211	220	241	BM1	154	192	206
MB2	102	102	113	BM2	189	79	58
MB3	110	109	210	BM3	61	69	221
MB4	122	103	136	BM4	115	141	246
MB5	156	118	134	BM5	56	115	132
Moyenne	140.2	130.4	166.8		115	119.2	172.6

Annexe B5 : Tableau des résultats en NB des enfants des deux groupes à l'épreuve du d2 aux différentes étapes de notre étude.

GZ :

	Etape1	Etape 2	Etape 3		Etape 1	Etape 2	Etape 3
MB1	349	439	447	BM1	395	395	411
MB2	239	370	267	BM2	155	200	158
MB3	221	258	322	BM3	182	194	205
MB4	192	240	197	BM4	271	291	362
MB5	275	252	284	BM5	179	259	280
Moyenne	255.2	311.8	303.4		236, 4	267.8	283.2

F% :

	Etape1	Etape 2	Etape 3		Etape 1	Etape 2	Etape 3
MB1	4%	4,10%	9%	BM1	2%	0,02%	5%
MB2	7,50%	3%	1,87%	BM2	1%	1%	2%
MB3	3,60%	3%	7,14%	BM3	5,50%	3,60%	3,40%
MB4	22%	3%	4%	BM4	2,20%	0,34%	0,50%
MB5	26%	3%	17%	BM5	21%	10%	10%
Moyenne	12.62%	6.08%	7.80%		6.34%	2.99%	4.18%

GZ-F :

	Etape1	Etape 2	Etape 3		Etape 1	Etape 2	Etape 3
MB1	335	421	407	BM1	387	387	406
MB2	221	329	262	BM2	154	198	155
MB3	213	252	299	BM3	172	187	198
MB4	149	222	193	BM4	265	290	360
MB5	204	218	267	BM5	141	232	270
Moyenne	224.4	288,4	285,6		223.8	258.8	277.8

KL :

	Etape1	Etape 2	Etape 3		Etape 1	Etape 2	Etape 3
MB1	132	163	143	BM1	157	157	157
MB2	84	137	123	BM2	67	84	68
MB3	88	106	117	BM3	68	78	81
MB4	32	92	78	BM4	109	122	148
MB5	44	72	97	BM5	42	82	93
Moyenne	76	114	111.6		88.6	104.6	109.4

Annexe B6 : Tableau des résultats en NB des enfants des deux groupes à l'épreuve d'empan endroit aux différentes étapes de notre étude.

	Etape1	Etape 2	Etape 3		Etape 1	Etape 2	Etape 3
MB1	4	4	4	BM1	4	4	4
MB2	4	3	4	BM2	4	4	4
MB3	2	6	5	BM3	4	4	4
MB4	3	3	3	BM4	5	5	5
MB5	3	2	3	BM5	4	5	5
Moyenne	3.2	3.6	3.8		4.2	4.4	4.4

Annexe B7 : Tableau des résultats en NB des enfants des deux groupes à l'épreuve d'empan envers aux différentes étapes de notre étude.

	Etape1	Etape 2	Etape 3		Etape 1	Etape 2	Etape 3
MB1	4	4	4	BM1	4	4	4
MB2	4	4	5	BM2	3	3	2
MB3	3	4	4	BM3	4	4	3
MB4	3	3	3	BM4	3	3	3
MB5	3	3	2	BM5	3	2	2
Moyenne	3.4	3.6	3.6		3.4	3.2	2.8

Annexe B8 : Tableau des résultats en NB des enfants des deux groupes à l'épreuve d'empan visuel aux différentes étapes de notre étude

	Etape1	Etape 2	Etape 3		Etape 1	Etape 2	Etape 3
MB1	5	5	5	BM1	3	5	5
MB2	5	4	4	BM2	5	5	5
MB3	3	4	3	BM3	4	4	3
MB4	3	3	3	BM4	4	5	5
MB5	5	5	5	BM5	3	4	4
Moyenne	4.2	4.2	4		3.8	4.6	4.4

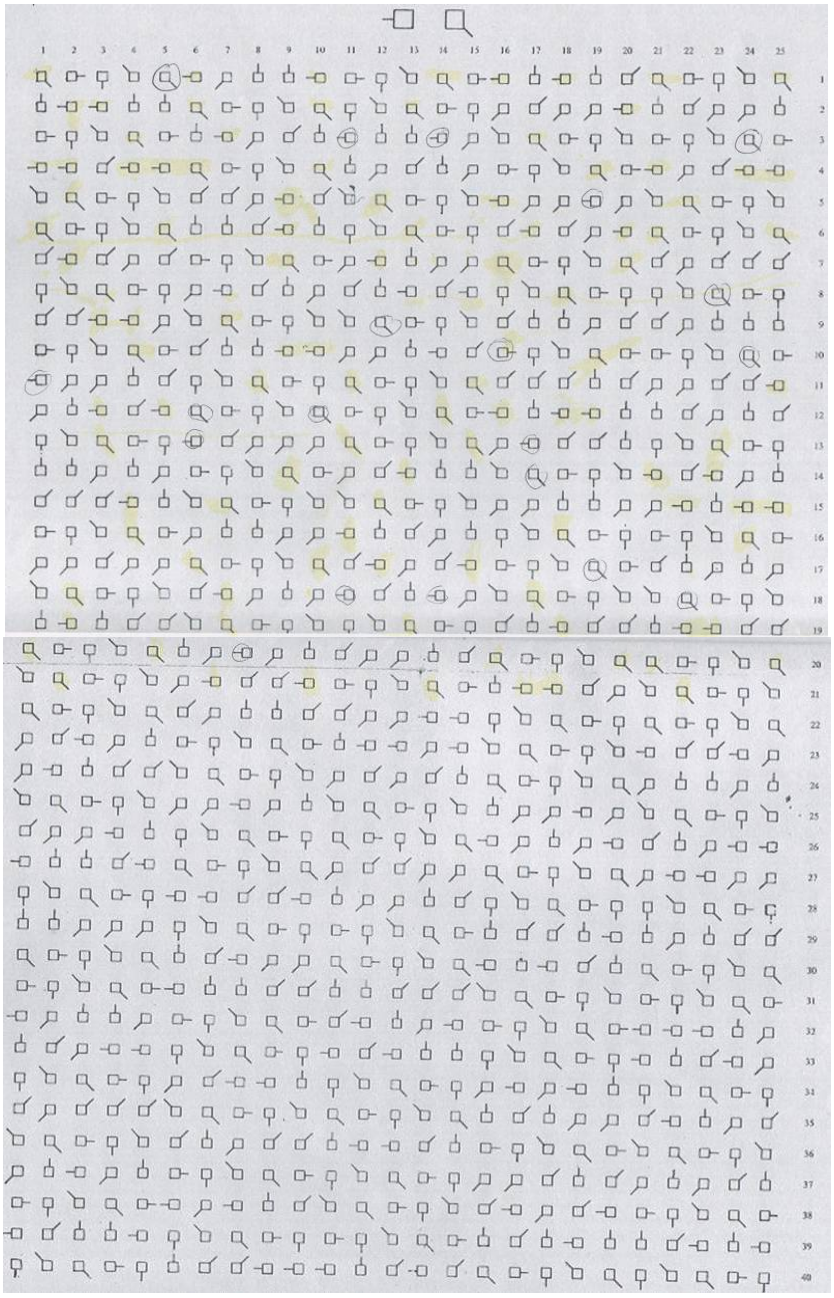
Annexe C : Tableau des moyennes des notes brutes de l'ensemble de la population avant et après un entraînement avec amorçage rythmique et avant et après un entraînement avec amorce ligne de base à chacune des épreuves de notre bilan.

Épreuves	**Amorce rythmique**		**Amorce ligne de base**	
	Avant	**Après**	**Avant**	**Après**
JG	7.4	13.8	9.3	9.7
CS	7.7	9.5	7.4	8.9
Répétition	3.7	4.9	3.8	4.2
In (Zazzo)	51.60%	38%	54%	43.20%
Vit (Zazzo)	58.85	62.389	55.569	63.94
Rend (Zazzo)	129,7	151.5	122.7	143
GZ (d2)	261.5	297.5	274.1	285.6
F% (d2)	7.80%	5.13%	6.21%	5.40%
GZ-F (d2)	241.6	283.1	256.1	272.2
KL (d2)	90.3	111.7	101.3	108.1
EEndroit	3.8	4	3.9	4.1
EEnvers	3.3	3.2	3.6	3.4
EVisuel	4.4	4.3	4	4.3

JG = Jugement de grammaticalité
CS = Compréhension syntaxique
In = inexactitude
Vit = vitesse
Rend = rendement
EEndroit = empan endroit
EEnvers = empan envers
EVisuel = empan visuel

Annexe D : Épreuve du barrage de Zazzo effectuée par un des enfants lors de la deuxième évaluation.

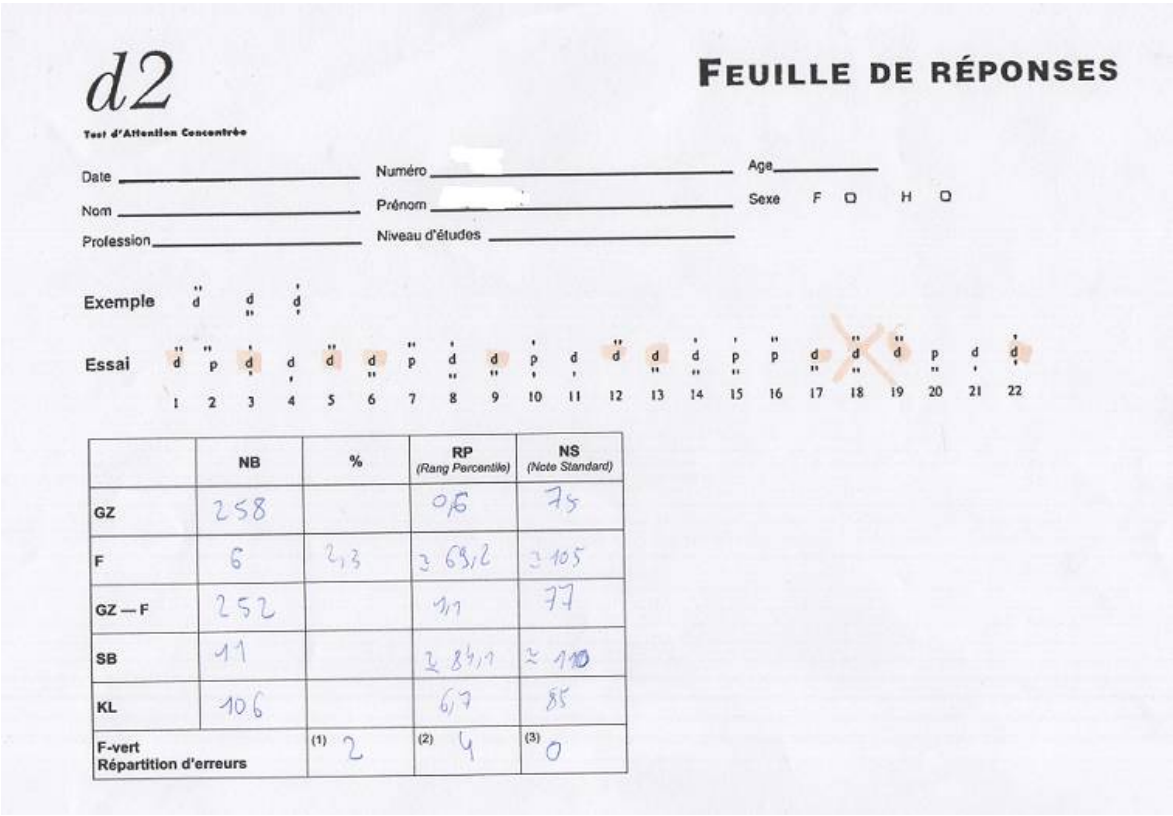
Consigne adaptée par nos soins : " Tu as devant toi une grande feuille avec plein de carrés avec des petites barres. Et tu as en haut, ici (montrer à l'enfant les deux cibles), *deux carrés. Regarde les bien. Regarde la première ligne et chaque fois que tu verras l'un de ces 2 carrés, tu devras faire un trait dessus, puis continuer ton travail. Il faut que tu barres les carrés ligne par ligne et que tu commences toujours à gauche* (montrer à l'enfant le sens). *Il faut travailler vite et bien, c'est à dire qu'il ne faut pas perdre de temps, mais aussi éviter d'oublier des carrés à barrer."*



Il est possible de voir la difficulté de l'enfant à terminer la tâche en dix minutes.

Annexe E Épreuve du D2 effectuée par un des enfants lors de la deuxième évaluation.

Consigne adaptée par nos soins : Regarde sur cette feuille tu vois des « d » et des « p » avec des petits traits au dessus ou en dessous. Tu dois barrer les « d » et seulement les « d » avec deux petits traits au dessus ou deux petits traits en dessous ou un trait au dessus et un trait en dessous. (Cacher la feuille) Que dois-tu barrer ?
Essaie avec cette ligne de « d » et de « p » et barre les bonnes lettres. C'est bon ? On corrige ! (Vérifier avec l'enfant qu'il n'en a pas oublié ni ajouté –ici on voit que l'enfant a barré l'item 18 alors qu'il ne le devait pas)



d2

Test d'Attention Concentrée

FEUILLE DE RÉPONSES

Date _____ Numéro _____ Age _____

Nom _____ Prénom _____ Sexe F ☐ H ☐

Profession _____ Niveau d'études _____

Exemple d" d" d'

Essai d" p d' d d" d" p d' d" p' d' d" d" d' p' p d" d" d" p" d d'

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22

	NB	%	RP (Rang Percentile)	NS (Note Standard)
GZ	258		0,5	75
F	6	2,3	≥ 69,2	≥ 105
GZ — F	252		1,1	77
SB	11		≥ 84,1	≥ 110
KL	10,6		6,7	85
F-vert Répartition d'erreurs		(1) 2	(2) 4	(3) 0

Consigne : Tu te rappelles les « d » que tu viens de barrer ? Sur cette feuille il se trouve 14 lignes avec des « d » et des « p ». Tu dois barrer les « d » avec deux points soit en dessous, soit au dessus sois un en dessous et un au dessus. Tu dois commencer à gauche et barrer jusqu'à ce que je te dise « STOP ! ». A ce moment là tu dois vite passer à la ligne d'en dessous et continuer à barrer les bons "d" jusqu'à ce que je dise encore « STOP ! » (montrer à l'enfant sur un brouillon). *Tu dois aller le plus vite possible mais sans oublier de « d » avec deux points !*



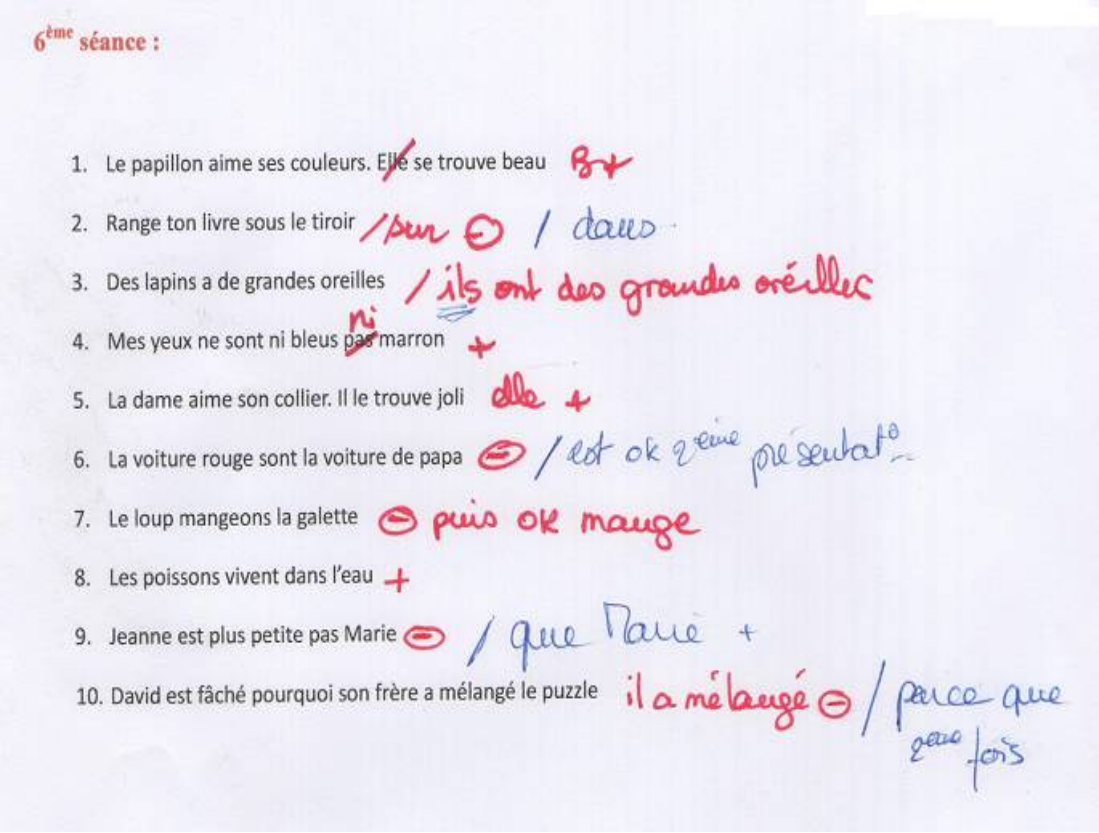
	GZ	F1	F2	KL
1.	19	0	0	9
2.	21	0	1	7
3.	18	0	1	7
4.	13	0	0	7
5.	23	0	0	9
6.	18	0	0	8
7.	18	1	0	7
8.	24	0	1	9
9.	18	0	0	8
10.	15	0	1	7
11.	14	0	0	4
12.	23	1	0	9
13.	19	0	0	9
14.	15	0	0	6

Annexe F Exemple d'exercices de l'entraînement effectués au cours de l'étude.

Annexe F1 Exercices de jugement de grammaticalité avec annotations du correcteur

Consigne : « Tu vas entendre de la musique. Ecoute bien. Après je vais te lire des phrases et tu dois me dire si elles sont bonnes ou pas. Si une phrase n'est pas bonne tu dois la corriger. »

Pour les 5-8 ans : Sixième séance d'un enfant ayant un entraînement rythmique après avoir eu un entraînement baseline.



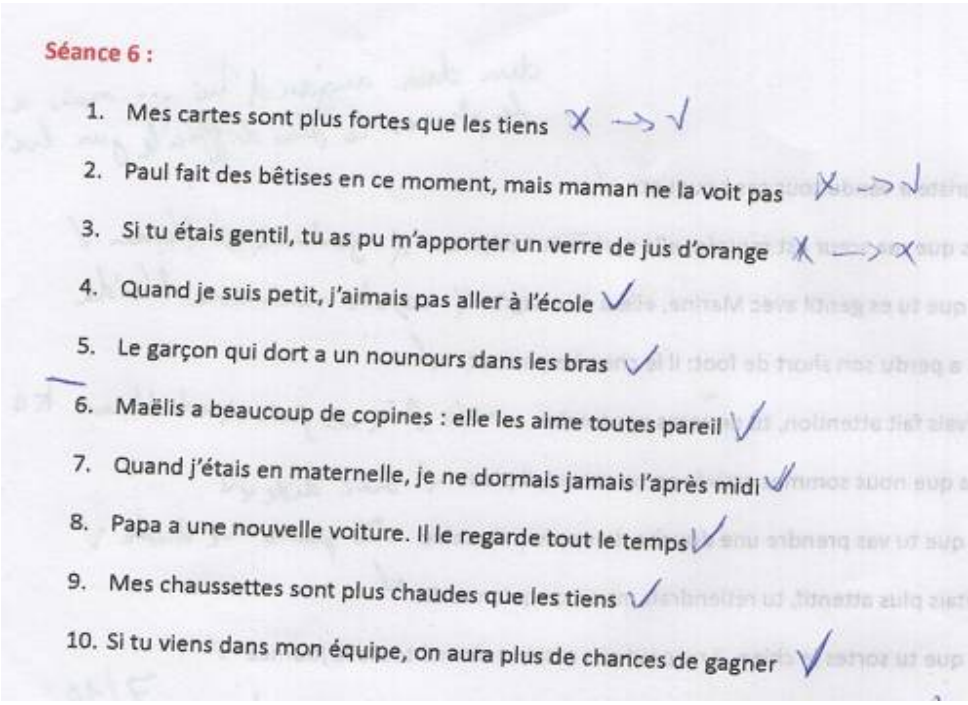
6ème séance :

1. Le papillon aime ses couleurs. Elle se trouve beau B+
2. Range ton livre sous le tiroir / pas ⊖ / dans
3. Des lapins a de grandes oreilles / ils ont des grandes oreilles
4. Mes yeux ne sont ni bleus pas marron +
5. La dame aime son collier. Il le trouve joli elle +
6. La voiture rouge sont la voiture de papa ⊖ / est ok 2ème présentation
7. Le loup mangeons la galette ⊖ puis ok mange
8. Les poissons vivent dans l'eau +
9. Jeanne est plus petite pas Marie ⊖ / que Marie +
10. David est fâché pourquoi son frère a mélangé le puzzle il a mélangé ⊖ / parce que 2 fois

Il est à noter que cet enfant avait tendance à remplacer tous les sujets par des pronoms sujets (cf phrase 3: Des lapins → ils).

Pour les 8-11 ans : Sixième séance d'un enfant ayant un entraînement baseline entre les étapes 2 et 3 (donc après avoir eu un entraînement rythmique en étape 1).

Consigne : « Tu vas entendre du bruit. Ecoute bien et essaie de deviner ce que c'est. Après je vais te lire des phrases et tu dois me dire si elles sont bonnes ou pas. Si une phrase n'est pas bonne tu dois la corriger. »



Séance 6 :

1. Mes cartes sont plus fortes que les tiens ✗ → ✓
2. Paul fait des bêtises en ce moment, mais maman ne la voit pas ✗ → ✓
3. Si tu étais gentil, tu as pu m'apporter un verre de jus d'orange ✗ → ✗
4. Quand je suis petit, j'aimais pas aller à l'école ✓
5. Le garçon qui dort a un nounours dans les bras ✓
6. Maëlis a beaucoup de copines : elle les aime toutes pareil ✓
7. Quand j'étais en maternelle, je ne dormais jamais l'après midi ✓
8. Papa a une nouvelle voiture. Il le regarde tout le temps ✓
9. Mes chaussettes sont plus chaudes que les tiens ✓
10. Si tu viens dans mon équipe, on aura plus de chances de gagner ✓

Cet enfant disait que les phrases étaient correctes alors que cela n'était pas le cas d'où les croix sans commentaires supplémentaires.

Annexe F2 Différents exercices de compréhension syntaxique effectués par les enfants.

<u>a. Désignation d'image : choix entre plusieurs images:</u>

Consigne : « Regarde bien ces deux/ quatre images. Tu vas entendre de la musique/ du bruit. Écoute bien. Après je vais te lire des phrases qui parlent d'une de ces images. Tu dois me montrer la bonne image à chaque phrase. »



1. Le collier de la dame en rose est bleu —
2. La casquette du petit garçon en marron est bleue —
3. La barbe du monsieur en gris est orange. y'a pas de barbe
4. Le verre du monsieur en bleu est gros → montre le garçon au pull bleu près. + en montrant le monsieur






Ils dorment.






Le gâteau au chocolat n'a pas de bougies.






La pomme verte est coupée.

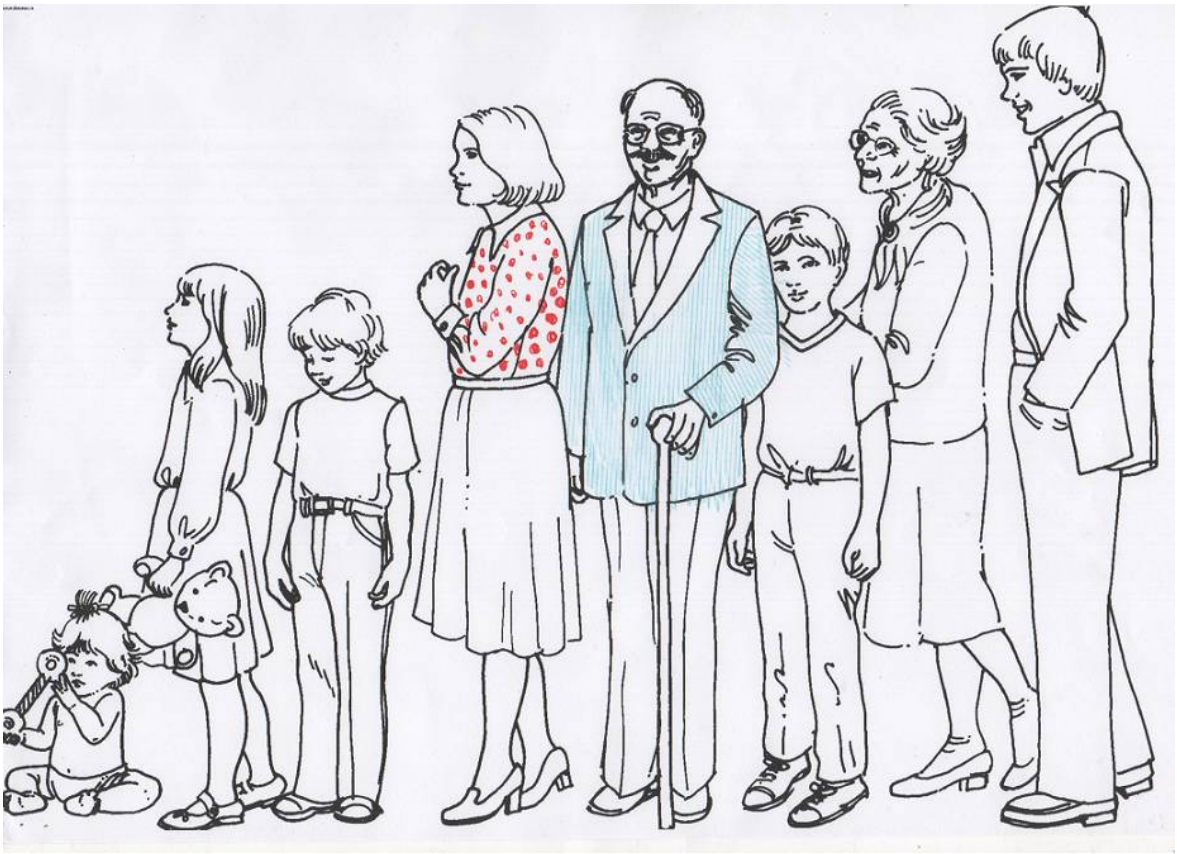





Les pommes de terre sont lavées mais pas coupées.

b. Désignation d'éléments/ coloriage/ dessin sur une image ::

Consigne : « Regarde bien cette image. Tu vas entendre de la musique/ du bruit. Écoute bien. Après je vais te lire des phrases qui parlent de cette image. Tu dois me montrer ou dessiner ou colorier l'image selon ce que tu comprends »



Montre-moi :

Enoncés inventés par nos soins :

1. La personne qui a des lunettes et qui est au milieu a une veste bleue.
2. La plus petite des personnes a les cheveux blonds.
3. Le garçon qui regarde son petit frère jouer a une ceinture rouge.
4. La femme la plus âgée a des chaussures jaunes.
5. La femme qui est à côté du grand-père a une chemise à pois rouge.

Variante pour les 8-11 :

2. Sa mère lui a donné un jouet pour qu'il s'amuse.
3. Il le regarde s'amuser
4. On a l'impression qu'il nous regarde.



Source image : C’est dans l’image !, A*telier de l’oiseau magique*.

Énoncés inventés par nos soins :

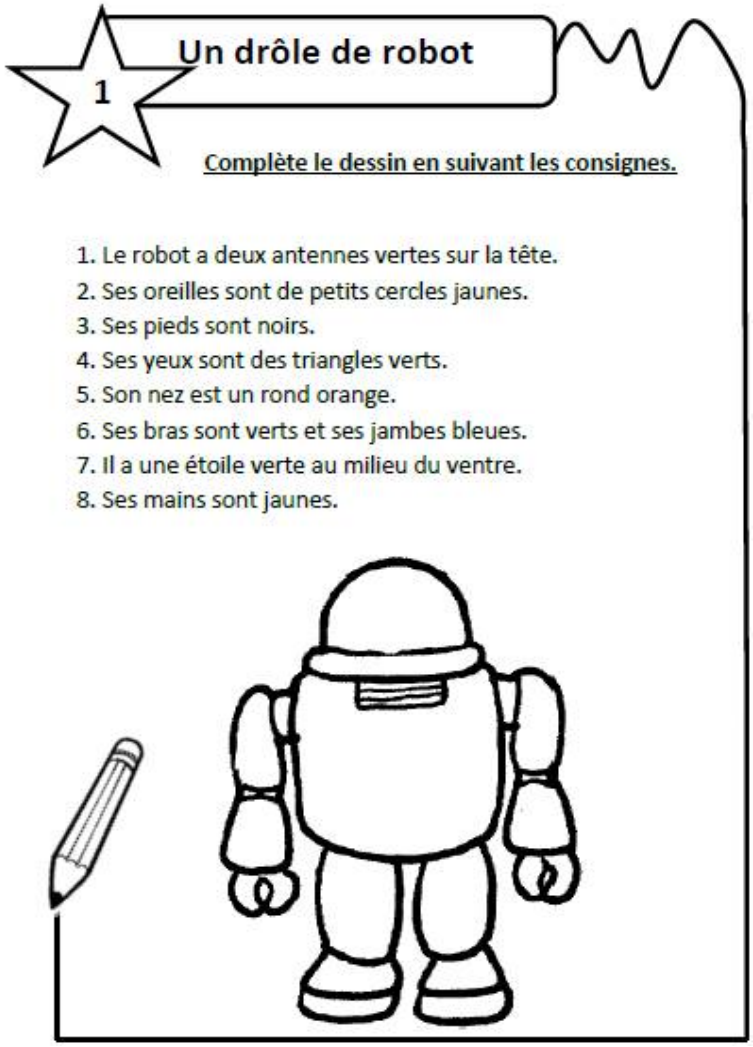
1. La fille qui glisse a une veste rouge.
2. Quelques filles qui jouent aux cartes ont les cheveux orange.
3. Le garçon qui va être touché par la fille aux yeux bandés a un pantalon bleu.
4. Toutes les personnes qui ont les bras levés ont les mains marron sauf les filles.
5. Quelques garçons ont les cheveux blonds.

Erreurs de cet enfant :

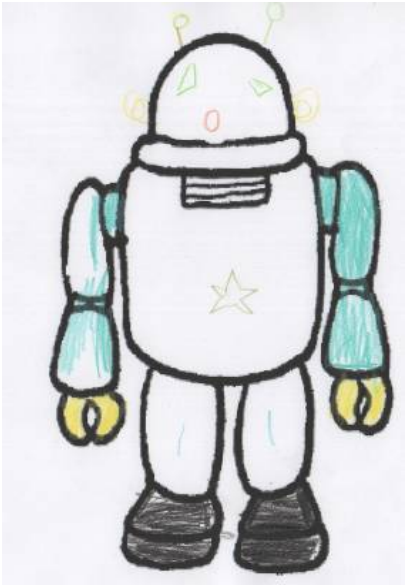
2. Colorie les cheveux de toutes les filles qui jouent aux cartes.
3. Ne trouve pas de qui il s’agit.

Variante pour les 8-11 ans :

4. Toutes les personnes qui ont les bras levés ont les mains marron sauf celles aux pulls rayés.
5. Quand il sera relevé, il recommencera. (à désigner)



Source : Lire et comprendre les phrases. Cycle 2. *dlpc.jimdo.com*



Résumé :

La morphosyntaxe reste le domaine linguistique le plus déficitaire chez les enfants sourds malgré l'implantation cochléaire précoce. En nous basant sur des études montrant les interactions entre musique et langage, nous avons testé si des exercices de morphosyntaxe pouvaient les aider à davantage progresser lorsque leur réalisation était précédée de l'écoute d'une musique au rythme régulier avec une structure métrique très facile à repérer. Dix enfants de 6 à 10 ans, sourds profonds congénitaux implantés au plus tard à 2 ans 3 mois ont été entraînés avec huit séances d'exercices de morphosyntaxe précédés d'un amorçage non rythmique ligne de base classiquement et huit autres séances où des exercices équivalents étaient précédés d'une amorce rythmique musicale. Les résultats montrent que ces enfants progressent davantage dans des tests de jugement de grammaticalité et de compréhension syntaxique si l'entraînement est amorcé. Ces résultats sont interprétés dans le cadre de la Théorie de l'Attention Dynamique et des recherches sur les oscillations cérébrales. Une séquence musicale dont la pulsation sous-jacente facile à détecter est à 2 Hz pourrait faciliter la synchronisation des oscillateurs internes avec le rythme du signal sonore et susciter une distribution temporelle de l'attention favorisant un séquençage de celui-ci en unités de durée adaptée à l'analyse syntaxique.

Mots clefs : Enfants sourds implantés – amorçage rythmique – capacités morphosyntaxiques

Abstract :

Processing of morphosyntactic structures remains the most deficient area of language processing for deaf children, despite early cochlear implantation. Based on studies showing the interaction between music and language processing, as well as common mechanisms for these two areas, we tested whether a musical rhythmic prime could improve the beneficial impact of a morphosyntactic training For that purpose, we trained a group of ten congenitally deaf children aged from 6 to 10 years, who have been implanted no later than at the age of 2 years 3 months, with two series of eight exercise sessions involving syntactic processing. In one of the series, the children were presented with a rhythmic prime (promoting the extraction of the relevant information from the speech signal) before the exercises, whereas in the other series, the exercises were preceded by a non-rhythmic auditory baseline prime. The data revealed a significant improvement of the children's syntactic performances after the training, due to the regular rhythmic priming. In accordance with the Dynamic Attending Theory, this result suggests that the regularity of a musical prime with an underlying 2 Hz beat could promote the internal oscillators' synchronization with the sound signal, enabling the extraction of relevant linguistic units to process syntactic information.

Keys words : Implanted children – rythmic priming – morphosyntactic abilities

Nombre de pages : 60
Nombre de pages comprenant les annexes : 76
Nombre de références : 126