



## AVERTISSEMENT

Ce document est le fruit d'un long travail approuvé par le jury de soutenance et mis à disposition de l'ensemble de la communauté universitaire élargie.

Il est soumis à la propriété intellectuelle de l'auteur. Ceci implique une obligation de citation et de référencement lors de l'utilisation de ce document.

D'autre part, toute contrefaçon, plagiat, reproduction illicite encourt une poursuite pénale.

Contact : [ddoc-memoires-contact@univ-lorraine.fr](mailto:ddoc-memoires-contact@univ-lorraine.fr)

## LIENS

Code de la Propriété Intellectuelle. articles L 122. 4

Code de la Propriété Intellectuelle. articles L 335.2- L 335.10

[http://www.cfcopies.com/V2/leg/leg\\_droi.php](http://www.cfcopies.com/V2/leg/leg_droi.php)

<http://www.culture.gouv.fr/culture/infos-pratiques/droits/protection.htm>



MEMOIRE présenté pour l'obtention du  
**CERTIFICAT DE CAPACITE D'ORTHOPHONISTE**

Par

**HUET Clémence**  
**JULIEN-LAFERRIERE Aude**

**EFFETS D'UN ENTRAINEMENT MUSICAL SUR LES**  
**FONCTIONS ATTENTIONNELLES**

Maîtres de Mémoire  
**TILLMANN Barbara**  
**BEDOIN Nathalie**

Membres du Jury

**GONZALEZ Sibylle**  
**LEVY-SEBBAG Hagar**  
**BUSSY Gérald**

Date de Soutenance  
**27 juin 2013**

---

# ORGANIGRAMMES

---

## 1. Université Claude Bernard Lyon1

Président  
**Pr. GILLY François-Noël**

Vice-président CEVU  
**M. LALLE Philippe**

Vice-président CA  
**M. BEN HADID Hamda**

Vice-président CS  
**M. GILLET Germain**

Directeur Général des Services  
**M. HELLEU Alain**

### 1.1. Secteur Santé :

U.F.R. de Médecine Lyon Est  
Directeur **Pr. ETIENNE Jérôme**

U.F.R d'Odontologie  
Directeur **Pr. BOURGEOIS Denis**

U.F.R de Médecine et de  
maïeutique - Lyon-Sud Charles  
Mérieux  
Directeur **Pr. BURILLON Carole**

Institut des Sciences Pharmaceutiques  
et Biologiques  
Directeur **Pr. VINCIGUERRA Christine**

Institut des Sciences et Techniques de  
la Réadaptation  
Directeur **Pr. MATILLON Yves**

Comité de Coordination des  
Etudes Médicales (C.C.E.M.)  
**Pr. GILLY François Noël**

Département de Formation et Centre  
de Recherche en Biologie Humaine  
Directeur **Pr. FARGE Pierre**

### 1.2. Secteur Sciences et Technologies :

U.F.R. de Sciences et Technologies  
Directeur **M. DE MARCHI Fabien**

IUFM  
Directeur **M. MOUGNIOTTE Alain**

U.F.R. de Sciences et Techniques  
des Activités Physiques et  
Sportives (S.T.A.P.S.)  
Directeur **M. COLLIGNON Claude**

POLYTECH LYON  
Directeur **M. FOURNIER Pascal**

Institut des Sciences Financières et  
d'Assurance (I.S.F.A.)  
Directeur **M. LEBOISNE Nicolas**

Ecole Supérieure de Chimie Physique  
Electronique de Lyon (ESCPE)  
Directeur **M. PIGNAULT Gérard**

IUT LYON 1  
Directeur **M. VITON Christophe**

Observatoire Astronomique de  
Lyon **M. GUIDERDONI Bruno**

---

---

2. **Institut Sciences et Techniques de Réadaptation FORMATION  
ORTHOPHONIE**

Directeur ISTR  
**Pr. MATILLON Yves**

Directeur de la formation  
**Pr. Associé BO Agnès**

Directeur de la recherche  
**Dr. WITKO Agnès**

Responsables de la formation clinique  
**GENTIL Claire**  
**GUILLON Fanny**

Chargée du concours d'entrée  
**PEILLON Anne**

Secrétariat de direction et de scolarité  
**BADIOU Stéphanie**  
**BONNEL Corinne**  
**CLERGET Corinne**

---

---

## REMERCIEMENTS

---

Nous tenons à remercier de prime abord nos maitres de mémoire, Barbara Tillmann et Nathalie Bedoin, pour leur suivi à la fois exigeant et bienveillant, tout au long de ces deux années de travail. Leur disponibilité et leur investissement nous ont encouragées à donner le meilleur de nous-mêmes.

Nous remercions également Sibylle Gonzalez – sans qui cette étude n’aurait pu avoir lieu – de nous avoir aiguillées au début du projet ainsi que de nous avoir permis de rencontrer ses patients pour qu’ils participent à notre étude.

Un grand merci aussi à Vania Herbillon, pour ses conseils avisés et de nous avoir permis d’utiliser son matériel expérimental pour notre étude.

Notre gratitude va également aux enfants et aux familles qui ont participé à notre protocole. Merci pour votre enthousiasme, l’énergie et le temps que vous avez investi dans le projet. Travailler avec vous a été un vrai plaisir.

Nous remercions les enfants de l’école Notre-Dame de Montreuil-Juigné ainsi que leurs professeurs qui nous ont accueillies et permis de recueillir des données dont nous avions besoin.

Merci à Anne qui nous a prêté autant ses compétences musicales que les touches de son piano magique. Et merci à Mel pour ses relectures.

Enfin, nous remercions nos familles et en particulier nos parents, de nous avoir soutenues dans notre projet professionnel et pendant ces quatre années d’études. Merci à nos amis (et plus si affinité), colocataires et surtout aux « blablas » (Steph, Anne-So, Tiphaine, Clémence, Laure, Eloïse, Anne, Alexia et Seb). Nos pensées vont également à Madina et à sa famille.

---

---

# SOMMAIRE

---

<b>ORGANIGRAMMES</b> .....	<b>2</b>
1. <i>Université Claude Bernard Lyon1</i> .....	2
2. <i>Institut Sciences et Techniques de Réadaptation FORMATION ORTHOPHONIE</i> .....	3
<b>REMERCIEMENTS</b> .....	<b>4</b>
<b>SOMMAIRE</b> .....	<b>5</b>
<b>INTRODUCTION</b> .....	<b>7</b>
<b>PARTIE THEORIQUE</b> .....	<b>8</b>
I. L'ATTENTION ET SON TROUBLE.....	9
1. <i>L'attention : définition, concepts</i> .....	9
2. <i>Attention et langage</i> .....	12
3. <i>Le Trouble à type de Déficit de l'Attention (TDA)</i> .....	14
II. LA MUSIQUE : CORRELATS COGNITIFS ET NEURONAUX .....	16
1. <i>La plasticité cérébrale</i> .....	16
2. <i>Musique et langage</i> .....	18
3. <i>Musique et attention</i> .....	19
III. REMEDIATION PAR LA MUSIQUE .....	21
1. <i>Effet de la stimulation musicale à court terme</i> .....	21
2. <i>L'entraînement musical : exemples et hypothèses</i> .....	22
<b>PROBLEMATIQUE ET HYPOTHESES</b> .....	<b>24</b>
I. PROBLEMATIQUE : .....	25
II. HYPOTHESES .....	25
1. <i>Hypothèse théorique générale</i> .....	25
2. <i>Hypothèses opérationnelles</i> .....	25
<b>PARTIE EXPERIMENTALE</b> .....	<b>27</b>
I. ECHANTILLON .....	28
1. <i>Procédure pour la constitution de l'échantillon</i> .....	28
2. <i>Présentation des participants de l'étude</i> .....	28
II. DESCRIPTION DES TACHES UTILISEES POUR LES PRE- ET POST-TESTS (MATERIEL ET PROCEDURE) ...	30
1. <i>Tâches relatives aux fonctions exécutives et à l'inhibition volontaire : Epreuve de Go/no go</i> ..	31
2. <i>Tâches relatives à la vigilance et à la stabilité de l'attention</i> .....	33
3. <i>Tâches relatives à l'inhibition non volontaire et à l'attention visuo-spatiale</i> .....	35
4. <i>Tâches relatives au traitement langagier</i> .....	36
III. ENTRAÎNEMENTS .....	39
1. <i>Entraînement musical</i> .....	39
2. <i>Entraînement parole</i> .....	43
<b>PRESENTATION DES RESULTATS</b> .....	<b>45</b>
I. RESULTATS DES TESTS.....	46
1. <i>Expérience de Go/nogo en modalité auditive</i> .....	46
IV. RESULTATS AUX GRILLES D'OBSERVATION.....	58
1. <i>Déroulement de l'entraînement</i> .....	59
2. <i>Observations après l'entraînement</i> .....	61
<b>DISCUSSION DES RESULTATS</b> .....	<b>62</b>
I. DISCUSSION DES RESULTATS .....	63
1. <i>Peut-on démontrer un déficit attentionnel chez nos participants ?</i> .....	63
2. <i>Effet de l'entraînement musical sur l'attention et le traitement langagier</i> .....	65
3. <i>Nuances à apporter par rapport aux résultats</i> .....	69
4. <i>Conclusion</i> .....	70
V. DISCUSSION DE LA METHODE.....	70
1. <i>Choix des tâches et configuration du test/re-test</i> .....	70
2. <i>Sélection de la population</i> .....	71

---

3.	<i>Pertinence de l'entraînement musical</i> .....	71
4.	<i>Pertinence de l'entraînement du groupe contrôlé</i> .....	72
5.	<i>Ouverture</i> .....	73
VI.	APPORTS.....	74
1.	<i>Pour les participants</i> .....	74
2.	<i>Pour la profession et la recherche</i> .....	74
3.	<i>Pour notre pratique clinique</i> .....	75
	<b>CONCLUSION</b> .....	<b>77</b>
	<b>BIBLIOGRAPHIE</b> .....	<b>78</b>
	<b>GLOSSAIRE</b> .....	<b>84</b>
	<b>ANNEXES</b> .....	<b>85</b>
	ANNEXE I : LETTRE D'INFORMATIONS DONNEE AU PARENTS DES PARTICIPANTS A L'EPREUVE.....	86
	ANNEXE II : FICHE DE RENSEIGNEMENTS ADRESSEE A TOUS LES PARTICIPANTS.....	89
	ANNEXE III : FIGURES D'EPREUVES.....	90
1.	<i>Epreuve de stabilité de l'attention</i> .....	90
2.	<i>Epreuve d'indication endogène en modalité visuelle</i> .....	90
3.	<i>Epreuve d'indication endogène en modalité auditive</i> .....	90
	ANNEXE IV : MATERIEL DE L'EPREUVE DE SEGMENTATION SYLLABIQUE.....	91
1.	<i>Liste des stimuli de l'expérience de segmentation syllabique à l'écrit</i> .....	91
2.	<i>Liste des mots et pseudo-mots présentés à l'oral dans l'épreuve auditive en fonction des conditions S+ et S-</i> .....	92
3.	<i>Liste des mots et pseudo-mots avec frontière V.C présentés à l'oral dans l'épreuve auditive</i> ... 92	92
	ANNEXE V : PLATEAU DU JEU DE L'ENTRAINEMENT MUSICAL.....	93
	ANNEXE VI : EXEMPLES DE CARTES DES DIFFERENTES ACTIVITES.....	94
1.	<i>Les rythmes</i> .....	94
2.	<i>Les riffs</i> .....	94
	ANNEXE VII : RECAPITULATIF DES ACTIVITES DU JEU.....	95
	ANNEXE VIII : LISTE DES MORCEAUX UTILISES POUR L'ECOUTE QUOTIDIENNE.....	96
	ANNEXE IX : ENTRAINEMENT LIVRE AUDIO.....	97
1.	<i>Liste des livres audio utilisés</i> .....	97
2.	<i>Exemples de questions de compréhension</i> .....	97
	ANNEXE X : FEUILLES DE ROUTE A REMPLIR QUOTIDIENNEMENT.....	98
1.	<i>Entraînement musical</i> .....	98
2.	<i>Entraînement parole</i> .....	100
	ANNEXE XI : GRILLES DE FIN D'ENTRAINEMENT MUSICAL.....	101
1.	<i>Pour l'enfant</i> .....	101
2.	<i>Pour le parent</i> .....	106
	ANNEXE XII : DIPLOMES DELIVRES EN FIN D'ENTRAINEMENT.....	108
1.	<i>Entraînement musical</i> .....	108
2.	<i>Entraînement parole</i> .....	108
	ANNEXE XIII : EXEMPLE DE MATERIEL SONORE UTILISE POUR LE JEU DE L'ENTRAINEMENT MUSICAL ... 109	109
	<b>TABLE DES ILLUSTRATIONS</b> .....	<b>110</b>
I.	LISTE DES FIGURES.....	110
VII.	LISTE DES TABLEAUX.....	111
	<b>TABLE DES MATIERES</b> .....	<b>113</b>

---

## INTRODUCTION

---

« La musique est une sorte d'arithmétique cachée ou inconsciente à laquelle se livre une âme qui ne se rend pas compte qu'elle est en train de compter » dit Leibniz en 1712 (cité dans Bouveresse, 2009). Si la musique était l'apanage, à l'époque, d'une petite élite de privilégiés, du premier phonographe à la fin du XIXe siècle, aux supports digitaux aujourd'hui, l'accès à la musique s'est popularisé, et l'engouement n'en est que plus fort. En Grèce antique, elle était déjà utilisée à des fins thérapeutiques, et a continué de l'être au fil des temps. Les effets apaisants et anxiolytiques de l'écoute de musique furent exploités auprès de soldats traumatisés des grandes guerres, puis en psychiatrie auprès de nombreux malades. Avec l'avènement des sciences cognitives, la recherche a pu s'intéresser de plus en plus précisément au traitement perceptif et productif de la musique, aux différents mécanismes impliqués et les éventuels effets observés dans d'autres domaines de la cognition. « L'effet Mozart » en est une illustration, l'idée étant qu'écouter de la musique composée par WA Mozart rendait les enfants plus intelligents. Cette théorie a été par la suite réfutée et précisée comme nous le verrons par la suite, mais montre bien la direction dans laquelle la recherche va concernant la musique comme outil de remédiation cognitive.

En orthophonie, nous sommes amenés à rencontrer des patients porteurs de troubles du langage, dont la comorbidité avec les troubles de l'attention est fréquente. Par ailleurs, les enfants porteurs d'un trouble déficitaire de l'attention se retrouvent en général en difficulté dans les apprentissages. En effet, si leurs habiletés cognitives et leur intelligence sont en moyenne préservées, les tâches scolaires qui impliquent les fonctions exécutives (notamment l'attention soutenue) peuvent les mettre en échec. La difficulté concerne également les tâches globales : ils ont souvent manqué une ou plusieurs informations (consignes, matériel à traiter, etc.). Il semblerait que la compétence langagière soit en partie liée aux capacités attentionnelles, or, le déficit de l'attention nous laisse souvent quelque peu désarmés.

L'attention, et, par extension, la compétence langagière peuvent-elles bénéficier de la musique comme outil de remédiation cognitive ? Pour répondre à cette question, nous verrons tout d'abord quels liens peuvent être établis entre attention, langage et musique, et notamment comment la musique a déjà pu être utilisée dans le cadre de la réhabilitation. Dans cette perspective de réhabilitation, nous avons mené une étude évaluant l'impact sur l'attention et le langage d'un entraînement musical, que nous vous décrirons. Enfin, nous pourrions discuter de ce qui a été obtenu et ce qu'on peut en tirer, en lien avec la recherche antérieure.

---

**Chapitre I**  
**PARTIE THEORIQUE**

---

---

## **I. L'Attention et son trouble**

L'attention est impliquée dans de nombreuses fonctions cognitives (reconnaissance d'objets, traitement de l'espace, fonctions exécutives, langage, musique...) et il existe plusieurs formes d'attention, chacune sous-tendue par des réseaux neuronaux spécifiques et complexes. Le dysfonctionnement de l'un de ces réseaux, parfois lié à une atteinte neuronale, dans le cadre de pathologies neurodégénératives, psychiatriques, de troubles du développement, ou encore d'un TDA/H (Trouble Déficitaire de l'Attention, avec ou sans Hyperactivité), se traduit par un ou plusieurs déficits attentionnels. Nous nous intéressons dans cet exposé théorique à l'implication des fonctions attentionnelles dans le traitement du langage et de la musique, chez des enfants relevant d'un TDA/H, afin d'étudier comment une stimulation cognitive musicale peut les aider à mieux contrôler leur attention.

### **1. L'attention : définition, concepts**

L'attention est à l'origine un concept intuitif dont la définition exacte fait encore débat. Décrite en 1890 par William James comme étant « la prise de possession par l'esprit, sous une forme claire et vive, d'un objet ou d'une suite de pensées parmi plusieurs qui semblent possibles [...] Elle implique le retrait de certains objets afin de traiter plus efficacement les autres. ». L'attention inclurait entre autres la sélectivité, l'orientation, la vigilance, l'éveil (« arousal ») et la motivation. Elle est modélisée notamment en tant que système de ressource à capacité limitée, ou alors comme un système central de contrôle du flux d'information. Différents modèles ont vu le jour avec Broadbent (1958), Kahneman (1973), Schiffrin et Schneider (1977), Norman et Shallice (1980), Wickens (1984), Baddeley (1986) qui modélise la mémoire de travail en étroite liaison avec l'attention, Mesulam (1990), ou encore Posner (1994), Van Zommeren et Brouwer (1994), et Laberge (1998) (cités dans Bukiatmé & Chausson, 2004). Nous allons en reprendre ici quatre ayant fait l'objet d'applications en clinique.

#### **1.1. Posner et al. (1990, 1994) : fonctions exécutives, alerte et orientation**

Posner et collaborateurs décrivent trois mécanismes sous-tendus par l'attention (Posner & Peterson, 1990): 1) les fonctions exécutives, responsables du contrôle et de la planification d'actions dirigées vers un but, de la résolution de conflits, ainsi que la détection et correction d'erreurs et l'inhibition de réponses automatiques, 2) l'alerte, qui maintient l'état d'éveil, de vigilance et de réactivité et 3) l'orientation vers les stimuli sensoriels, impliquée dans le déplacement du foyer attentionnel et la focalisation sur les éléments importants lors d'une tâche.

---

## **1.2. Van Zomeren et Brouwer (1994) : Système superviseur attentionnel et sous-types de l'attention**

La modélisation des fonctions attentionnelles de Van Zomeren et Brouwer (1994, cité dans Bukiatmé & Chausson, 2004) classifie celles-ci selon la sélectivité et l'intensité, avec en aval et en amont un système superviseur attentionnel (SAS).

La sélectivité, renvoie à la capacité de filtrer l'information afin de se concentrer sur les seules dimensions et stimuli auxquels la personne accorde de l'intérêt : elle traite le ou les stimuli pertinents, et inhibe ceux qui ne le sont pas. Cette définition permet de distinguer deux modes de traitements. L'attention sélective, ou focalisée, permet à l'individu de concentrer son attention sur une cible en rejetant les distracteurs (stimuli non-pertinents) afin d'éviter les interférences. L'attention divisée correspond quant à elle à la capacité à partager ses ressources attentionnelles entre deux stimuli ou deux activités. La capacité limitée des réserves de ressources attentionnelles impose à cela des restrictions. L'attention divisée dépend donc de la répartition des ressources dans les différentes tâches engagées, mais aussi des stratégies de traitement choisies, de la vitesse de mise en œuvre des processus cognitifs, des capacités de changements d'orientation (lorsque le passage d'une tâche à l'autre implique un changement d'orientation spatiale).

L'intensité de l'attention équivaut au niveau d'activation de l'attention dans le temps. L'alerte, consiste en une mobilisation énergétique de l'attention. On distingue 1) l'alerte phasique, soit le rehaussement instantané de l'attention dans l'attente d'un stimulus connu, et 2) l'alerte tonique, soit l'état d'éveil global de l'organisme. A un degré d'intensité plus élevé, on retrouve l'attention soutenue, qui est un effort volontaire de concentration pour maintenir l'alerte sur une durée importante (et la stabilité des performances), et continuer à sélectionner la ou les bonnes pendant une certaine durée. On distingue la vigilance (lorsque les cibles sont rares et les distracteurs fréquents), et le monitoring (lorsque les cibles sont fréquentes et les distracteurs rares).

Le système superviseur attentionnel (SAS) renvoie à la capacité de traiter l'information et au contrôle attentionnel, donc à la stratégie de sélection et à la coordination des processus cognitifs. Il intervient dans la prise de décision, la correction d'erreurs ou la gestion de l'imprévu, les situations difficiles ou dangereuses. Il intervient dans les cas où l'inhibition d'une réaction inhabituelle est nécessaire, et dans les situations nouvelles (Norman & Shallice, 1980, cité dans Bukiatmé & Chausson, 2004). Cela implique la planification, l'utilisation des connaissances antérieures, l'élaboration de stratégies et l'inhibition de réponses non-pertinentes. Son rôle est comparable à celui de l'administrateur central ou système central exécutif du modèle de la mémoire de travail (MdT) que nous allons maintenant aborder.

## **1.3. Modélisation de la mémoire de travail (Baddeley, 1986)**

Les rôles de l'attention et de la mémoire, notamment dans la planification et la régulation de l'activité humaine sont très liés : il est parfois difficile de dissocier leurs fonctionnements. Dans le modèle de Baddeley (2012), l'attention est fortement impliquée. La mémoire de travail (MdT), est définie comme un système à capacité

---

limitée, dans lequel une ou plusieurs informations sont maintenues et manipulées lors de la réalisation de différentes tâches cognitives (compréhension, raisonnement, etc.). L'attention interviendrait en amont et en aval de ce système, à la fois à l'encodage et lors de la réponse (sélection des informations, inhibition des réponses non-pertinentes, planification, etc.). L'administrateur central, ou système central exécutif, gère l'allocation des ressources attentionnelles, la coordination et la mise en œuvre des systèmes-esclaves (boucle phonologique, calepin visuo-spatial), et est à l'origine de décisions telles que transférer ou non l'information en MLT – c'est un rôle de contrôle et de sélection. Parmi les systèmes esclaves auxquels cet administrateur central a recours pour le maintien temporaire de l'information, on trouve la boucle phonologique. Elle joue un rôle important dans la réception du langage et comporte deux sous-composantes : le stock phonologique, c'est-à-dire la mémoire qui maintient l'information verbale durant une durée très brève, et le processus de récapitulation articulatoire. Ce processus consiste en une répétition subvocale qui permet de rafraîchir l'information contenue dans le stock phonologique et de prolonger son maintien. L'autre système esclave, le calepin visuo-spatial, comporte deux sous-composantes comparables : la fenêtre visuelle, et un processus de rafraîchissement de l'image.

#### **1.4. La théorie de l'attention dynamique (Jones, 1976)**

A l'inverse de ces modèles par étapes, la théorie de l'attention dynamique (Jones & Boltz, 1989 ; Drake, Jones & Baruch, 2000) suppose que l'attention est un principe cyclique et oscillatoire : les ressources attentionnelles ne seraient pas distribuées de manière continue à travers le temps, mais de manière cyclique. Jones introduit la notion de période de référence (referent period), qui correspond au cycle d'oscillations internes propres à chaque individu, initialement indépendant des stimulations externes. Le niveau de référence (referent level), lui, renvoie au stimulus externe et au niveau hiérarchique de sa métrique\* sur lequel l'attention se focalise. La synchronisation (attunement) a lieu lorsque la période de référence s'accorde avec le rythme des niveaux de référence : ainsi, lorsqu'un individu est confronté à un environnement temporellement structuré, il ajuste spontanément la période des oscillations de l'attention avec la période des événements. Les pics d'énergie attentionnelle sont plus ou moins élevés selon le niveau hiérarchique de l'élément ciblé, plus ou moins fort ou faible, dans le schème métrique. La régularité de ces oscillations permet de développer des attentes (l'attention est rehaussée par anticipation), et de mieux traiter l'élément anticipé. La théorie de l'attention dynamique permet d'étudier le traitement de séquences structurées d'événements auditifs, visuels et moteurs. Initialement développée dans le cadre de la perception des séquences musicales, cette théorie a également été appliquée à la perception de la parole (I.2.3, II.3.2).

#### **1.5. Perspective développementale**

Le développement de l'attention est un processus de maturation très lent (Neville, 2009) : si les mécanismes d'alerte sont présents dès la petite enfance, maintenir l'attention de manière volontaire et soutenue est une capacité qui se développe lentement, jusqu'à l'âge adulte. Selon une étude menée par Ridderinkhof et Van der Stelt (2000), dès le plus jeune âge, l'enfant est capable de sélectionner parmi d'autres un stimulus et de traiter préférentiellement l'information la plus pertinente. Mais la vitesse et l'efficacité des systèmes qui sous-tendent cette capacité s'améliorent au cours du développement. Nous

---

verrons plus tard que l'attention est sous-tendue par des systèmes neuraux très plastiques, ce qui va dans le sens d'un développement long et façonné par ce à quoi l'individu est confronté.

## **2. Attention et langage**

Le rôle de l'attention dans les mécanismes langagiers est encore un domaine de recherche actif. Cependant, il est supposé que l'attention intervient à différents niveaux du traitement du langage, et que son déficit entrave l'acquisition tout comme le bon traitement du langage.

### **2.1. Corrélations entre troubles du langage et déficit attentionnel**

Des corrélations entre troubles du langage (dysphasie, aphasie) et trouble de l'attention ont été observées dans différentes études (Peach, Rubin, & Newhoff, 1994 ; Petry, Crosson, Gonzalez-Rothi, Bauer & Schauer, 1994 ; Robin & Rizzo, 1989, cités par Poncelet & Majerus, 2004). Par ailleurs, on sait qu'un déficit attentionnel a des conséquences sur l'apprentissage (Touzin, 2004), notamment sur les performances scolaires dont la lecture. Les dyslexiques n'échappent pas à la corrélation précédemment citée, et 40% d'entre eux présentent un trouble de l'attention, soit huit fois plus que la moyenne de la population tout-venant.

Aussi, certaines études étudiant le lien entre langage et attention, relèvent les éléments suivants : une limitation des ressources ou de l'allocation des ressources attentionnelles serait probablement corrélée à certains troubles aphasiques (Hula & McNeil, 2008 ; LaPointe & Erickson, 1991 ; McNeil, Odell & Tseng, 1991, Murray, Holland & Beeson, 1997, cités par Kurland, 2011). Des études sur l'attention sélective ont montré que la sélection d'un message passe par la discrimination, l'inhibition ou le rehaussement de caractéristiques physiques telles que les différences acoustiques entre les voix, la localisation spatiale de la source sonore (Cherry, 1953, cité par Gnansia & Lorenzi, 2009) – d'où ce que l'on appelle communément le « cocktail party effect ». Hula et McNeil (2008, cité par Kurland, 2011), montrent par ailleurs que la performance langagière de personnes non-atteintes neurologiquement peut être dégradée au point de ressembler aux performances d'aphasiques, par exemple dans des conditions particulièrement difficiles de double tâche. Cela va dans le sens d'une conception de l'attention comme réservoir à capacité limitée, limites dont le dépassement entrave les traitements linguistiques.

### **2.2. Implication de l'attention dans le traitement langagier**

Comme dans beaucoup d'autres domaines, l'attention interviendrait dans divers mécanismes langagiers (Kurland, 2011). Si un déficit attentionnel n'est pas systématiquement à l'origine d'un trouble du langage, il le majore très souvent, que ce soit dans le cadre de troubles développementaux ou acquis. L'attention intervient notamment dans l'attribution des rôles syntaxiques (fonctions grammaticales) et dans le traitement des références (pronoms, anaphores), que ce soit dans la structuration du discours, l'association sémantique ou la lecture (Mychikov & Posner, 2005). En effet, l'orientation des ressources attentionnelles est en partie déterminée par des indices

---

sémantiques et syntaxiques dans la phrase. Cela permet de déterminer la fonction grammaticale et donc le rôle syntaxique que joue un mot dans une phrase, mais aussi de faire des inférences quant aux pronoms utilisés pour ne pas répéter un mot, et à plus forte raison lorsqu'il y a « anaphore zéro » (élision totale du sujet : « Pierre pousse la porte et \_\_\_ rentre chez lui »). Quant à la lecture, qui est automatisée aux alentours de neuf ans, elle nécessite durant son apprentissage à la fois une boucle phonologique fonctionnelle, une fenêtre attentionnelle suffisamment large pour permettre le traitement simultané de plusieurs lettres, et une capacité à tenir compte de la forme globale du mot pour coder la position des lettres et ne pas être perturbé par les lettres des autres mots (inhibition du détail). Un déficit dans l'un de ces mécanismes attentionnels peut réduire les capacités à utiliser la procédure d'assemblage (qui nécessite notamment l'orientation séquentielle de l'attention), ou d'adressage (qui mobilise la fenêtre attentionnelle, la répartition de l'attention sur les lettres, et l'inhibition des lettres des autres mots).

Par ailleurs, nous avons vu l'implication de l'attention dans la mémoire de travail (Baddeley, 1986, dans Baddeley, 2012), et notamment de la boucle phonologique (mémoire de travail verbale), elle aussi très importante pour les apprentissages langagiers (Comblain, 2000). Ainsi, sans contrôle attentionnel, la boucle phonologique dysfonctionne et perturbe le traitement du langage. A noter que Kofler, Bolden, Rapport et Altro (2008) ont montré que la mémoire de travail (calepin visuo-spatial et boucle phonologique) est déficitaire chez les enfants porteurs d'un trouble de l'attention.

### **2.3. La théorie de l'attention dynamique appliquée au traitement du langage**

Des propriétés rythmiques et métriques\* ont pu être attribuées à la parole (Port, 2003, Quéné & Port, 2005): très jeune, l'enfant est sensible à l'aspect rythmique de la prosodie de la parole (Bertoncini, 1993 ; Mehler, Dupoux, Nazzi & Dehane-Lambertz, 1996, cités par Port, 2003). En langage, le rythme\* est marqué par les indices phonologiques segmentaux (qui renvoient aux phonèmes, syllabes, voyelles et consonnes qui s'enchaînent dans le temps) et suprasegmentaux (qui se réfèrent à des indices acoustiques de la prosodie : durée, la hauteur, l'intensité, et donc les accentuations). Si l'on se réfère à la définition de la métrique et à son organisation hiérarchique, on peut alors se situer à différents niveaux dans la perception de la parole : ainsi, les cycles attentionnels peuvent être construits à l'échelle de la phrase (syntaxe), du mot, ou des sons (phonèmes). En effet, les indices acoustiques marquant un temps fort dans la parole sont liés à des schèmes moteurs (comme la respiration) et articulatoires qui s'aligneraient dans un premier temps sur la période de référence (décrite précédemment, voir I.1.4) des oscillations attentionnelles internes. En présence d'un stimulus externe régulier, une synchronisation peut avoir lieu. Cette propriété de la parole est particulièrement flagrante dans la poésie, le chant, ou la déclamation, mais aussi dans le cas de la lecture de listes de mots ou de nombres. Cependant, l'existence des temps forts qui attirent un pic d'énergie attentionnelle de manière cyclique concernerait également la parole spontanée ordinaire. Ainsi, la théorie de l'attention dynamique, si elle a été initialement conçue dans le cadre de la perception musicale, s'appliquerait à la perception du langage. Goswami (2010) postule par extension qu'un traitement déficitaire des indices acoustiques du rythme dans la prosodie peut entraver l'acquisition du langage en perturbant l'analyse suprasegmentale qui participe à l'extraction de mots et de syllabes dans le flux de la parole et en altérant le

---

développement des représentations phonologiques. L'incapacité à extraire des régularités et à anticiper les temps forts (corrélés aux pics attentionnels) de la parole entraverait donc certaines capacités déficitaires dans la dyslexie.

### **3. Le Trouble à type de Déficit de l'Attention (TDA)**

Le Trouble Déficit de l'Attention, avec ou sans Hyperactivité (TDA/H) est un syndrome caractérisé par un déficit attentionnel, associé ou non à une impulsivité et / ou une hyperactivité. Ce trépied syndromique peut être associé à un ensemble de comorbidités ayant des conséquences sur le développement cognitif, langagier, affectif et émotionnel. Environ 5% de la population en générale serait porteuse d'un TDA/H.

#### **3.1. Historique du TDA/H**

Dès le XIXe siècle sont décrits des cas d'instabilité motrice. Par la suite, dans le DSM II (1974) figurera le « Syndrome Hyperkinétique » : l'hyperkinésie est alors encore un critère essentiel pour poser le diagnostic. La prise en compte du déficit attentionnel devra attendre la fin des années 1970, il sera inclus dans le DSM III (1980) et deviendra un pilier du syndrome TDA/H. Cette terminologie (Trouble Déficit de l'Attention / Hyperactivité) remplace par ailleurs celle de THADA (Trouble d'Hyperactivité Avec Déficit d'Attention) aujourd'hui.

#### **3.2. Etiologie**

Le TDA/H s'apparente à un trouble neurodéveloppemental multifactoriel : il s'agirait d'une affection neurobiologique vraisemblablement causée par une mauvaise régulation des systèmes dopaminergique (responsable des mouvements volontaires) et noradrénergique (responsable de l'éveil et notamment de l'éveil attentif). Il existe un important facteur héréditaire : l'influence génétique du TDA/H est de l'ordre de 80% (Fliers, Franke et Buitelaar, 2005) (héritabilité similaire à celle de la taille).

#### **3.3. Définition**

Le TDA/H est défini par son trépied syndromique : le déficit attentionnel qui se manifeste sur le plan comportemental par l'incapacité à terminer une tâche, le refus ou l'évitement des tâches exigeant une attention soutenue, des oublis fréquents, une distractibilité importante ; l'impulsivité, caractérisée par le besoin irrépressible d'agir, la difficulté à attendre, et la tendance à interrompre l'autre (« l'action précède la pensée ») ; et l'hyperactivité, définie par une agitation constante, une activité désordonnée et inefficace, et une incapacité à tenir en place (en classe notamment).

Pour la CIM 10 et le DSM IV, un nombre suffisant de symptômes d'inattention, d'impulsivité et hyperactivité est requis, en décalage avec le développement général du patient, persistants depuis plusieurs mois, et observables dans les différents contextes où le patient est amené à vivre. Selon le DSM IV, il existe trois profils de TDA/H : avec

---

prédominance « déficit attentionnel », avec prédominance « hyperactivité / impulsivité », ou de type mixte (trouble attentionnel, et hyperactivité et / ou impulsivité associées).

Le diagnostic se fait à partir de l'âge de sept ans, et sur la base de diverses informations recueillies par le clinicien. L'entretien avec les parents peut apporter des informations quant aux symptômes, leur ancienneté et la plainte. Il sera complété par l'entretien avec l'enfant, qui, pas toujours apte à décrire les manifestations de son trouble, peut apporter des éléments sur les conséquences de celui-ci. L'observation, éventuellement complétée par un recueil vidéo à domicile, est un élément important du diagnostic. Les questionnaires (dont l'échelle de Conners) peuvent être utiles pour évaluer la sévérité du trouble et son évolution, ainsi que la tendance inattentive ou hyperactive (ou mixte). En ce qui concerne l'évaluation neuropsychologique, il n'existe pas de profil psychométrique spécifique au TDA/H, cependant la distribution des scores aux subtests peut indiquer un trouble de l'attention. L'utilisation de batteries d'évaluation neuropsychologiques peut par ailleurs fournir des informations sur les performances attentionnelles en tant que telles. Il convient également de procéder à un diagnostic différentiel en éliminant les différents troubles autres que le TDA/H qui pourraient être responsables des symptômes : troubles psychiatriques, troubles envahissants du développement, malnutrition, etc. La réponse au traitement sera par ailleurs un bon indicateur de la fiabilité du diagnostic.

Les comorbidités sont importantes chez les TDA/H (60 à 87% des cas) : on retrouve notamment les troubles oppositionnels avec provocation (agressivité, colères) et les troubles de la conduite (transgression des règles sociales, non-respect d'autrui), les troubles du sommeil (chez 50% des patients), une propension plus importante aux conduites addictives, les troubles anxieux et dépressifs, et bien sûr les troubles des apprentissages.

Concernant le langage plus particulièrement, on peut retrouver chez l'enfant TDA/H une apparition retardée du langage, des troubles spécifiques du langage (dysphasie), des troubles pragmatiques liés notamment à l'impulsivité (règles sociales limitées, prise de parole excessive lors de conversation) ; une apparition retardée du discours intérieur, des difficultés dans l'expression des idées et l'organisation de la pensée, des difficultés dans la résolution de problèmes.

Le TDA/H en tant que tel et les comorbidités décrites ci-dessus (ou troubles secondaires) ont un impact tant au niveau scolaire (abandon de la scolarité, accès moindre aux études supérieures), que social (déficit des relations amicales, actes antisociaux, troubles oppositionnels et de conduite), professionnel (perte du travail plus fréquente pour cette population), et de la santé (plus grande fréquence des addictions).

### **3.4. Aspects thérapeutiques**

La prise en charge du patient TDA/H peut être de deux types axes : le traitement médicamenteux et la prise en charge non-médicamenteuse. Le premier n'est exploité que pour 10% en France (contrairement, historiquement, aux pratiques américaines) des patients diagnostiqués, et consiste en l'administration d'un psychostimulant : le méthylphénidate. L'action de ce médicament consiste en l'inhibition de recapture de la dopamine par les capteurs pré-synaptiques, comblant ainsi son déficit, ce neurotransmetteur étant présent dans les circuits de l'attention, du maintien de l'état

---

d'éveil et de l'inhibition motrice. La neurotransmission de noradrénaline est par ailleurs augmentée, améliorant ainsi les fonctions exécutives dont l'inhibition (qui réduit le « bruit »).

La prise en charge non-médicamenteuse consiste en premier lieu en l'information du patient et de sa famille : bien que le patient soit le principal intéressé, le TDA/H perturbe souvent le fonctionnement familial. La guidance parentale aura éventuellement sa place dans la prise en charge, ainsi que des aménagements éducatifs (à la maison et à l'école), afin que les apprentissages soient préservés. Une thérapie cognitivo-comportementale pourra également être proposée : après une analyse fonctionnelle du comportement du patient, qui permet de cerner les facteurs provoquant ou maintenant des conduites inadéquates, la récompense et le renforcement positif sont utilisés pour améliorer le contrôle de l'activité motrice, l'impulsivité et bien sûr l'attention. Enfin, une réhabilitation neuropsychologique peut être envisagée, avec un travail ciblé sur les différents domaines de l'attention ainsi qu'un effort de généralisation à la vie quotidienne.

En France (Hodkins et al., 2013), plus de la moitié des patients bénéficient à la fois du traitement médicamenteux et d'une thérapie comportementale (54,2%), 28,5% bénéficient exclusivement du traitement médicamenteux, seulement 7,7% suivent uniquement une thérapie comportementale, et 9,2% ne bénéficient d'aucun traitement.

### **3.5. Autres étiologies du déficit attentionnel**

Si le TDA/H est un syndrome à type de déficit neurodéveloppemental, d'autres étiologies sont à prendre en compte comme étant à l'origine d'un déficit attentionnel. La dépression, par défaut de motivation, de mobilisation des ressources – attentionnelles notamment –, ainsi que l'anxiété, via des préoccupations impérieuses qui détournent les capacités attentionnelles, peuvent avoir des conséquences importantes sur le fonctionnement attentionnel. Des lésions frontales, dues à un accident vasculaire cérébral, un trauma crânien, ou encore une tumeur sont aussi connues pour leurs conséquences majeures sur l'attention. Ces différentes étiologies font partie du diagnostic différentiel du TDA/H.

## **II. La musique : corrélats cognitifs et neuronaux**

Notre mémoire s'intéresse à la fonction cognitive attentionnelle, et notamment en lien avec la musique, comme outil d'entraînement de cette fonction. Ces dernières années, les neurosciences ont mis en évidence un effet de la musique sur le cerveau et ce, grâce à la plasticité cérébrale. Cette partie du mémoire a pour objectif de présenter le concept de plasticité cérébrale et les liens entre musique et langage et musique et attention.

### **1. La plasticité cérébrale**

#### **1.1. Définition, concept**

Toute notre vie durant, notre cerveau s'organise et se réorganise en fonction de l'interaction avec l'environnement, de manière durable. Il peut s'agir de neurogénèse (ou

---

plasticité neuronale, Dortier, 2011), d'une modification des connexions entre les neurones (plasticité synaptique), ou des connexions entre les aires cérébrales, via les axones (plasticité des aires cérébrales). Selon Schiffmann (2011) : « les connexions sont établies selon un plan génétiquement programmé mais leur maintien et leur qualité peuvent être largement régulés par l'activité neuronale et donc l'expérience » (p.16).

## **1.2. Neuroplasticité des fonctions attentionnelles**

Les fonctions attentionnelles et leurs substrats neuronaux seraient soumis à une plasticité considérable (Neville, 2009). Par exemple, on observe chez les personnes sourdes des performances en attention visuelle bien plus importantes que chez les entendants. L'inverse a été observé également : les capacités d'attention auditive des personnes aveugles sont meilleures que chez les voyants. Cela est à nuancer avec le fait qu'il semblerait que la plasticité diminue avec l'âge. Dans le sens de ce qui a été dit précédemment concernant le processus long de maturation des fonctions attentionnelles, cette période de développement coïnciderait avec une grande vulnérabilité et plasticité de l'attention.

## **1.3. Musique et plasticité cérébrale**

La musique est une activité qui peut agir sur notre cerveau, en modifiant sa structure et son fonctionnement. Que ce soit en production ou en perception, des effets sur la plasticité cérébrale ont été observés. La pratique répétée de musique « 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 et inhibitrices » (Habib & Besson, 2008). Il a été observé chez des musiciens (Schön et François, 2011), ayant derrière eux une longue pratique, une quantité de substance grise dans la région de l'aire auditive primaire (partie antérieure du gyrus de Heschl) plus importante que chez les non-musiciens. De plus, une asymétrie du gyrus de Heschl a pu être constatée : Schneider et al. (2002) ont comparé les cerveaux de musiciens professionnels, de musiciens amateurs et de non musiciens. Le volume total du gyrus de Heschl était 14% plus important dans l'hémisphère droit des musiciens professionnels. Selon Habib et Besson (2008), « les musiciens professionnels représentent une population neurologiquement spécifique, possédant des différences macroscopiquement détectables de leur morphologie cérébrale ».

Par ailleurs, des violonistes et des pianistes présentent des différences au niveau de leur cortex somatosensoriel, notamment vers la zone de la main : cette zone est plus développée qu'à la normale bilatéralement chez le pianiste, unilatéralement chez le violoniste (Elbert et al., 1995 ; Schön et François, 2011). Ainsi, des différences structurelles et fonctionnelles sont observées dans le cerveau conséquemment à la pratique de la musique. Les études comparant musiciens et non-musiciens ont posé la question de savoir si les différences de performances étaient dues à la pratique de la musique ou si c'est justement parce qu'ils avaient des dispositions particulières dès la naissance que les individus sont devenus musiciens. Afin de pouvoir répondre à cette question, des études longitudinales ont été menées avec des participants non musiciens à la base, auxquels on a proposé un entraînement musical.

---

Hyde (2009) a mené une étude avec deux groupes d'enfants de 6 ans, dont l'un a bénéficié de 15 mois d'entraînement à un instrument de musique et l'autre seulement d'un cours par semaine de chant et de percussion à l'école. Les enfants ont été testés avant et après l'entraînement avec des tâches musicales et non musicales. Ils ont aussi passé une IRM. Les enfants ayant eu l'entraînement musical se sont améliorés dans les tâches musicales et des changements anatomiques au niveau du cerveau (le gyrus de Heschl, correspondant aux aires motrices, le corps calleux, la région auditive primaire) ont pu être mis en évidence. Ces résultats incitent à penser que les particularités des cerveaux de musiciens sont dues à leur pratique et non à des prédispositions cérébrales antérieures.

Par ailleurs, il a été observé à travers différentes études un effet de transfert positif entre la musique et les habiletés temporo-spatiales, les mathématiques, la lecture, la prosodie de la parole, la mémoire verbale, et l'intelligence générale (Hetland 2000 ; Costa-Giomi ; 2004 ; Bultzlaff, 2000 ; Thompson et al 2004 ; Chan et al, 1998 ; Ho et al, 2003 ; Schellenberg, 2004, cités par Habib et Besson, 2008). La plasticité du cerveau induite par la pratique et l'écoute de la musique profiterait donc à d'autres habiletés cognitives, comme nous allons le détailler ci-après.

## **2. Musique et langage**

Il a été démontré que des aires cérébrales, longtemps considérées comme spécifiques au langage, étaient aussi activées par le traitement de la musique (Maess et al 2001, Levitin & Menon, 2003, Abrams et al, 2010 cités par Besson, Chobert & Marie, 2011). La musique et le langage ont des caractéristiques communes : les paramètres acoustiques, la fréquence\*, la durée, l'intensité\* et le timbre\* ainsi que les structures organisationnelles. La musique ayant des effets avérés sur le cerveau, des études ont été menées pour connaître son impact sur d'autres compétences comme le langage. Un transfert d'apprentissage a pu être constaté dans ce domaine : Schön et François (2011) ont conduit une expérience auprès de musiciens et non-musiciens à qui l'on a présenté des séquences de langage et de musique avec une fin cohérente ou incohérente. Les musiciens se sont avérés être plus performants dans la discrimination des incohérences à la fois en musique et en langage. L'hypothèse est que la musique fait appel à des compétences partagées aussi par le langage : l'analyse perceptive du son, les compétences mnésiques et attentionnelles, la mise en place d'une structure temporelle précise, la discrimination de la hauteur\* sont autant de caractéristiques acoustiques et cognitives propres à la fois à la musique et au langage.

Les musiciens sont meilleurs que les non-musiciens pour détecter des modifications de hauteur subtiles dans des phrases, qu'elles soient énoncées dans leur langue maternelle ou dans une langue étrangère, ainsi que la qualité de certaines voyelles ou consonnes dans différentes langues (Schön et al., 2004, cité par Besson, Chobert et Marie 2011; Marques et al., 2007 ; Sadakata & Sekiyama, 2011). Moreno et al (2008) ont aussi montré qu'il y avait un transfert des habiletés musicales sur l'aptitude à lire des mots complexes et sur la sensibilité aux changements de hauteur dans la parole : les enfants ayant suivi l'entraînement musical étaient plus sensibles aux violations fines des hauteurs (dans la parole et dans la musique) que ceux ayant suivi un entraînement en peinture. Des études ont aussi montré que les aptitudes musicales prédisent les habiletés à percevoir et produire les contrastes phonétiques lors de l'apprentissage d'une seconde langue (Slevc et

---

Miyake, 2002). Par ailleurs, en ce qui concerne la langue maternelle, les aptitudes musicales seraient un prédicteur des habiletés en lecture chez le jeune enfant (Anvari et al, 2002). En effet, les compétences en musique auraient un effet positif sur le traitement phonologique.

Patel (2009) suppose que la musique et le langage ont des processus communs qui agissent sur le traitement des différents types d'informations : la mélodie\* versus l'intonation, la succession d'accords versus séquences de mots. Ainsi, les musiciens montrent un encodage supérieur des patterns de hauteur linguistique (Wong et al, 2007 cité dans Patel 2009) et ils font preuve d'un temps de réponse plus rapide pour détecter l'apparition d'une syllabe cible (Musacchia et al 2007, cité dans Patel 2009). Les auteurs supposent que cette différence dans le temps de réponse indique que les musiciens ont plus de réponses neuronales synchronisées à l'apparition d'un son, ce qui est le signe d'un haut fonctionnement du système auditif périphérique. Kraus et Chandrasekaran (2010), eux, ont mis en lien la pratique musicale et l'analyse des sons du langage : la pratique musicale jouerait un rôle sur des aspects plus fins du son, comme les formants vocaliques, les transitoires rapides qui permettent de distinguer les consonnes et aussi sur la sélection de l'information pertinente à traiter.

Enfin, nous avons vu dans la section I.1.3, que la théorie de l'attention dynamique pouvait s'appliquer à la perception de la parole. Or cette théorie était initialement étudiée dans le cadre de la perception de la musique.

### **3. Musique et attention**

D'après Tillmann et Schön (2012), « au niveau cognitif, le traitement des structures musicales nécessite de la mémoire, de l'attention et la capacité d'intégration temporelle des événements afin de créer une représentation mentale cohérente. ». Selon cette assertion, l'attention est donc une fonction nécessaire au traitement de la musique, ce qui impliquerait qu'une stimulation musicale stimulerait en parallèle les fonctions attentionnelles, composantes de l'attention sélective, impliquée dans l'écoute attentive. Cette dernière se combine avec l'attention globale qui contribue à apprécier la musique.

#### **3.1. Quelques études**

Selon S. Koelsch (2009), la musique participe à la modulation de nombreux facteurs dont l'attention: dans une situation donnée, la musique peut captiver l'attention d'un sujet et par ce fait, diminuer l'effet d'autres stimuli qui seraient des distracteurs. C'est un effet direct de l'écoute de musique. Différentes études ont été menées pour objectiver ces effets. Knox, Yokota-Adachi, Kerschner et Jutai (2003 ; cités dans Thaut, 2009) ont démontré une amélioration des capacités attentionnelles chez des patients cérébrolésés après leur participation à un programme d'entraînement de l'attention musical de 10 semaines.

Janata, Tillmann et Narucha (2002), ont pu montrer que l'écoute attentive de musique polyphonique\* requiert de la mémoire de travail, de l'attention, et de l'imagerie motrice. Lors de cette écoute attentive, l'individu sélectionne les flux auditifs en fonction du timbre. Le timbre est ici un paramètre acoustique qui permet de suivre une ligne

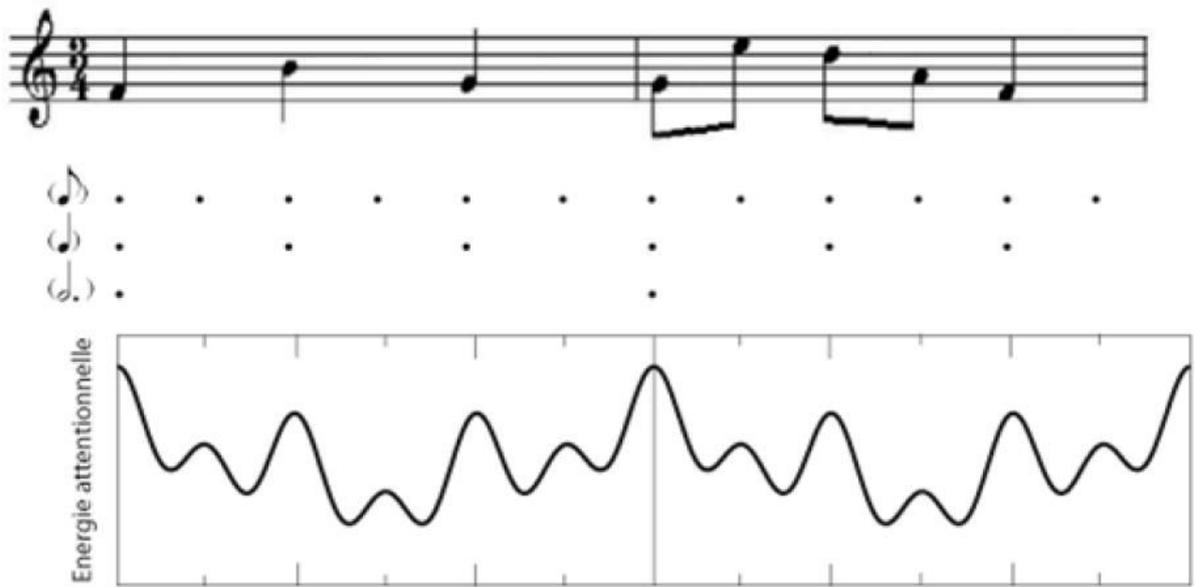
---

mélodique donc de rehausser le signal à sélectionner et donc de supprimer les informations non-pertinentes pour la tâche (les distracteurs).

Schellenberg, Husain et Forde Thompson (2002) ont décortiqué l'«effet Mozart» en montrant que l'écoute de musique, selon le mode (majeur\* ou mineur\*) et le tempo\* (rapide ou lent), entraîne un changement de l'humeur (mood), de l'éveil (arousal) et du plaisir. Cela induit ainsi de meilleures performances sur des tâches spatiales dans la condition mode majeur et rythme entraînant. L'effet d'amélioration sous-tendu par une plus grande efficacité des fonctions exécutives serait donc induit par la musique à condition qu'elle possède certaines propriétés (mode majeur, tempo rapide). En outre c'est lorsque c'est une musique que l'auditeur apprécie qu'il y a un changement d'humeur (mood) et d'éveil (arousal) que l'effet est positif sur la performance aux tâches du WISC-III (Schellenberg, 2005). Nous verrons plus tard que le changement d'humeur et l'éveil et l'éveil peuvent être provoqués par la musique sans ces conditions (Soto et al., 2009).

### **3.2. Une meilleure répartition de l'attention dans le temps**

La théorie de l'attention dynamique et sa conception cyclique de l'attention a de prime abord été conçue dans le cadre de la perception de la musique. Comme nous l'avons vu, cette théorie permet de concevoir que l'auditeur peut avoir des attentes et anticiper les éléments à venir et le moment où ils vont apparaître, en synchronisant sa période de référence avec les niveaux de référence de la séquence écoutée. La métrique de la musique est particulièrement propice à ce fonctionnement en tant qu'oscillateur externe, en ce sens que sa métrique est ordonnée par des règles claires. Au niveau de la phrase, de la mesure, de la fraction de mesure jusqu'à la note de musique, l'alternance des temps forts et faibles constituent des schèmes métriques qui s'emboîtent les uns dans les autres à différents niveaux. Il y aurait des pics attentionnels corrélés avec les moments les plus saillants de la pièce de musique, selon les différents niveaux métriques, définis par différents accents : rythmiques, mélodiques, et les «joint accents» qui correspondent à l'association des deux accents précédents. En clair, les relations métriques et rythmiques entraînent une variation de l'attention accordée aux événements sonores, ce qui aboutit à des cycles attentionnels synchronisés avec la structure de la pièce de musique (synchronisation des oscillateurs internes et externes). L'hypothèse est que la musique aiderait à diriger l'énergie attentionnelle dans le temps, à mieux se focaliser sur les régularités extérieures et donc à avoir un quota d'attention disponible au moment où cela est nécessaire, c'est-à-dire quand un événement apparaît. Les données indiquent qu'il y a un meilleur traitement pour les événements qui apparaissent en contexte régulier, et des événements qui apparaissent au moment attendu. L'auditeur développe des attentes synchronisées avec la structure métrique de la musique entendue.



**Figure 1: Attention dynamique et oscillateurs attentionnels : deux mesures sont représentées au-dessus d'une courbe d'oscillations attentionnelles synchronisées avec les trois niveaux métriques de la séquence, in Marmel p.75**

---

---

Dans la même direction, Thaut, Peterson & McInosh (2005, cités dans Moussard, Rochette et Bigand, 2012) font l'hypothèse que « la structure temporelle de la musique favoriserait la rapidité de traitement et le fonctionnement attentionnel ». La pratique de la musique modifierait l'organisation des aires corticales en augmentant le nombre de neurones impliqués, favorisant leur degré de synchronisation temporelle, et donc augmenterait la force des connexions synaptiques excitatrices et inhibitrices (Moussard, Rochette & Bigand, 2012).

### **III. Remédiation par la musique**

Depuis les trente dernières années, les études se sont multipliées sur les effets d'une stimulation musicale, induisant différentes explications quant aux effets bénéfiques de la stimulation à court ou moyen terme pour les participants non-musiciens. La musique ayant des effets sur le cerveau et sur les fonctions cognitives, il nous semblait intéressant, dans la perspective de notre futur métier de rééducateur, de la considérer comme un outil possible de remédiation. Des auteurs ont montré l'efficacité d'entraînements musicaux, c'est l'objet de cette troisième partie.

#### **1. Effet de la stimulation musicale à court terme**

H. Abikoff et al. (1996) ont montré que, pour une population d'enfants porteurs d'un TDA/H, l'écoute d'une musique choisie pendant des épreuves d'arithmétique serait à l'origine d'une amélioration des performances à ceux-ci. Ces résultats vont dans le sens de la théorie du sous-éveil (underarousal) / stimulation optimale : la distractibilité des enfants TDA/H serait une tentative fonctionnelle de moduler le sous-éveil en recherchant une augmentation du niveau de stimulation ou nouveauté, notamment lors de tâches monotones et routinières, afin de rétablir un état d'éveil optimal. Le groupe 'contrôle' (pas de déficit) en effet, n'a retenu aucun bénéfice de la stimulation musicale alors que les performances des enfants TDA/H ont augmenté de 23% leurs performances dans la condition musique par rapport à la condition silence (et de 33% par rapport à la condition parole). Pour eux, la stimulation musicale externe augmente les performances et suggère qu'elle augmente bien en niveau d'éveil de manière à ce qu'il soit plus optimal.

Une autre étude a montré chez des patients héminégligents que les performances spatiales dans l'hémichamp négligé étaient améliorées suite à une stimulation par une musique que les patients apprécient (Soto et al., 2009). Certains éléments physiologiques tels que la fréquence cardiaque et la réponse galvanique de la peau (signaux électriques) ont été enregistrés pour évaluer l'humeur (mood) et l'éveil (arousal) pour la musique préférée, et pour une musique moins appréciée. Lorsque l'éveil et l'humeur étaient optimaux, les performances sur les tâches spatiales étaient meilleures. Les auteurs notent que les caractéristiques de mode et tempo n'étaient pas les mêmes selon les individus. Ce serait donc le plaisir induit par une musique appréciée qui favoriserait l'implication de systèmes neuroplastiques qui soutiennent un contrôle attentionnel flexible, comme il est conclu dans l'étude.

Les effets à court termes d'une stimulation rythmique sur les performances en analyse syntaxique ont été étudiés chez des patients dysphasiques ou dyslexiques par Przybylski et al. (2013). La reconnaissance de violations syntaxiques s'est avérée meilleure après une

---

stimulation rythmique régulière, chez les enfants dysphasiques et les enfants dyslexiques. Ils auraient bénéficié pour cela d'une meilleure répartition de l'attention et développé des attentes plus adéquates, en référence à la théorie dynamique de l'attention.

## **2. L'entraînement musical : exemples et hypothèses**

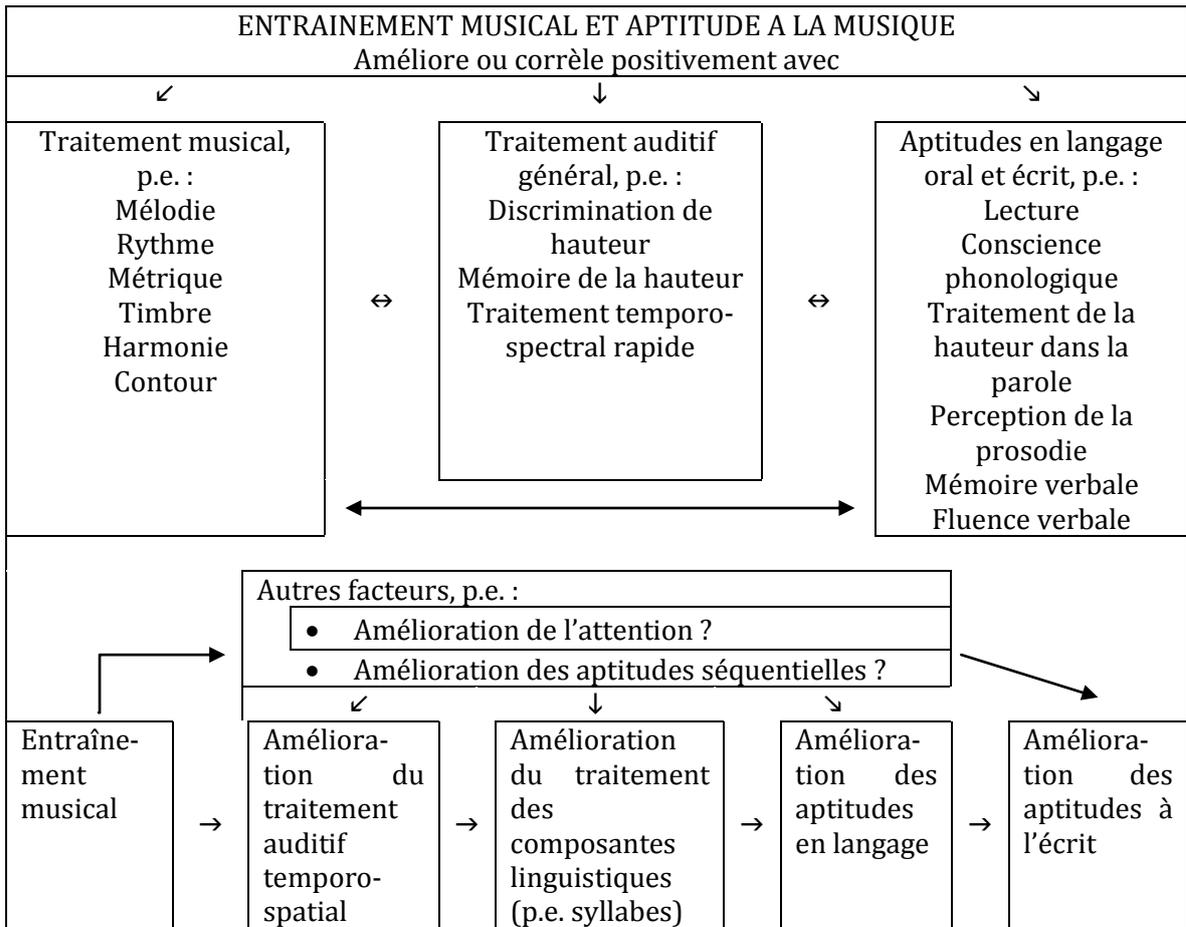
### **2.1. Remédiation par la musique avec la dyslexie, dysphasie et autres troubles du langage**

Les travaux d'Overy (2003) ont mis en évidence que la musique pouvait servir comme outil en support et en consolidation à la rééducation de la dyslexie chez l'enfant. Il a été proposé à des enfants dyslexiques une série de jeux musicaux axés sur le rythme avec progression sur quinze semaines. Les tâches de transcription écrite et de traitement phonologique s'en sont vues améliorées, et une corrélation entre la performance en transcription et une tâche de « timing » a pu être observée. Cela va dans le sens de la théorie du « déficit du traitement temporel de la dyslexie », soit le traitement d'information brèves (Tallal, 2004 ; Tallal & Gaab, 2006, in Habib & Besson, 2008).

Chobert, François, Velay et Besson (2012) ont par ailleurs fait suivre un entraînement musical de douze mois à des enfants de huit à dix ans. Ces enfants, par rapport à un groupe comparable qui a suivi un entraînement en peinture, ont mieux progressé dans la perception de syllabes et de leurs attaques. Ces études montrent un effet sur les aptitudes langagières, conséquence d'un entraînement musical. Concernant les liens établis entre musique et langage (production et perception), un consensus admet notamment que des processus similaires sont observés : encodage sensoriel du son, traitement des contours mélodiques, traitement de la syntaxe musicale ou langagière (Patel, 2009). D'autres hypothèses sont plus précises comme nous allons maintenant le voir.

En effet, Patel (2011) émet une hypothèse qu'il appelle (« OPERA hypothesis » : sigle pour Overlap (recouvrement), Precision, Emotion, Repetition et Attention), selon laquelle cinq conditions permettent à l'entraînement musical d'améliorer le traitement du langage. Le recouvrement (Overlap) correspond au fait que la musique et le langage engagent des circuits neuronaux similaires. La Précision renvoie à l'idée que le traitement de la musique demande un traitement autant voire plus minutieux des indices acoustiques que pour la parole. L'Emotion correspond au fait que la musique produit des réactions positives (humeur) favorables comme nous l'avons vu (Schellenberg, 2005, Soto et al., 2009) précédemment, si elle est appréciée, ce qui induit une amélioration des performances. La Répétition est une condition qui favorise la neuroplasticité tant à l'initiation qu'à l'ancrage des apprentissages, de manière à rendre les acquisitions durables. Enfin, l'Attention serait à la base de l'encodage efficace des caractéristiques du son reçu (Schofield, 2010, cité par Patel, 2011). Elle serait nécessaire à toutes les autres conditions et donc à l'efficacité de l'entraînement. L'idée est qu'un entraînement actif sera plus efficace qu'un entraînement passif, afin que sélectivité et division de l'attention puissent opérer, à un niveau de vigilance et d'attention soutenue.

D'après les données de Tallal et Gaab (2006), et celles d'Overy (2003), les relations supposées entre entraînement musical, traitement auditif et aptitudes en langage oral et



**Figure 2: relations supposées entre entraînement musical, traitement auditif et aptitudes en langage oral et écrit (d'après Overy, 2003, et Tallal & Gaab, 2006), in Habib & Besson (2008).**

---

écrit ont pu être récapitulées dans le schéma ci-contre (Figure 2), repris par Habib et Besson (2008). L'amélioration de l'attention fait ici l'objet d'une hypothèse explicative de l'amélioration des fonctions langagières par la remédiation musicale.

Les effets de transfert d'habiletés entre la musique et le langage sont encore à ce jour très étudiés et l'implication d'une éventuelle amélioration de l'attention est considérée de plus en plus. Besson, Chobert et Marie (2011), en étudiant la question de ce transfert d'habiletés entre musique et langage, se sont intéressées, outre les processus de traitement communs, à l'attention et à la mémoire. L'attention auditive jouerait un rôle chez les musiciens en ce sens qu'ils sauraient comment la diriger, et vers quels éléments, afin de mieux traiter le stimulus. Nous allons maintenant voir comment la musique a pu servir d'outil de remédiation pour l'attention spécifiquement.

## **2.2. Entraînement de l'attention par la musique**

La musique peut capturer automatiquement l'attention, et notamment inhiber les stimuli induisant des expériences négatives, stipule Koelsch (2009), dans un article intitulé « Une Perspective neuroscientifique de la thérapie musicale ». Voici deux exemples d'études qui montrent que l'attention peut bénéficier d'une stimulation musicale.

Neville (2009) a mené l'étude suivante : des enfants ont suivi, quatre fois par semaine, quarante minutes par jour pendant huit semaines, des cours de musique, en parallèle d'un groupe contrôle qui suivait des activités entraînant les fonctions attentionnelles. Les résultats ont montré que les progrès des deux groupes étaient comparables, confirmant l'hypothèse des chercheurs qui suggérait que la pratique musicale était bénéfique aux fonctions cognitives notamment grâce au fait que la musique sollicite et développe les fonctions attentionnelles.

Särkämö et al. (2008) ont comparé deux groupes d'adultes cérébrolésés (victimes d'un accident vasculaire cérébral) et présentant une hémiparésie – soit un déficit attentionnel porté sur un hémichamp. Dans le premier groupe, les patients écoutaient chaque jour (au moins une heure) la musique qu'ils souhaitaient, du genre musical qu'ils préféraient. Dans le deuxième groupe, les patients écoutaient chaque jour des livres audio, au même rythme, pendant trois ou six mois selon les patients. Les patients du groupe musique ont fait des progrès plus importants dans les tâches d'attention focalisée, notamment dans l'hémichamp négligé, ainsi que dans les tâches de mémoire verbale. L'effet positif observé après la période d'écoute de musique peut être en partie être imputé au plaisir pris (les musiques étaient des morceaux préférés de chacun) et donc de l'effet sur l'humeur (mood), et sur l'éveil (arousal) (Schellenberg, 2005). Par ailleurs, les auteurs rappellent que des processus de traitement de la musique recouvrent des circuits neuronaux sous-jacents à des formes d'attention, de mémoire de travail notamment.

Le tissu scientifique présenté ci-dessus permet d'établir des liens entre attention et langage, langage et musique, et musique et attention. La perspective de réhabilitation par la musique s'est beaucoup développée dans les dernières décennies, et si tout n'est pas encore certain à ce niveau, c'est en étudiant plus encore le sujet que ces liens pourront se confirmer, ce que nous proposons de faire dans ce mémoire en vérifiant les effets sur l'attention et certaines composantes du langage d'un entraînement musical chez des enfants présentant un trouble à type de déficit de l'attention.

---

**Chapitre II**  
**PROBLEMATIQUE ET HYPOTHESES**

---

---

## **I. Problématique :**

De nombreuses études ont démontré que la musique peut agir sur le cerveau et sur les fonctions cognitives en améliorant les performances des personnes testées. Dans la littérature, des liens ont été observés et discutés entre langage et attention, langage et musique, et musique et attention. Aujourd'hui cependant, aucune étude n'a été menée en utilisant un entraînement musical intensif auprès d'enfants ayant un trouble attentionnel. L'objectif de notre projet est donc d'étudier si un entraînement musical, peut être un outil d'entraînement efficace pour les fonctions attentionnelles et par extension avoir des effets sur certaines composantes du traitement du langage. De tels effets sont envisageables grâce au phénomène de plasticité cérébrale.

## **II. Hypothèses**

### **1. Hypothèse théorique générale**

Nous avançons l'hypothèse que les fonctions attentionnelles déficitaires chez les enfants ayant un trouble attentionnel peuvent être améliorées par une stimulation musicale régulière. Par extension, certaines compétences langagières impliquant l'attention se verraient elles aussi améliorées.

### **2. Hypothèses opérationnelles**

#### **2.1. Hypothèse opérationnelle 1**

Pour les enfants ayant suivi un entraînement musical, les performances en post-tests (après les 6 semaines d'entraînement) seraient supérieures aux performances en pré-tests et ce, pour les tâches attentionnelles et pour les tâches langagières.

Nous attendons, pour les enfants ayant suivi l'entraînement musical, une amélioration des performances dans diverses épreuves mobilisant l'attention, mais certaines formes d'attention seraient plus clairement améliorées car directement visées par l'entraînement ou exercées dans la même modalité sensorielle que l'entraînement. Ainsi, les performances impliquant des fonctions exécutives s'amélioreraient, en particulier si elles concernent l'inhibition volontaire. Ensuite, nous pensons que ces mêmes enfants amélioreront leur attention soutenue et leur vigilance, systématiquement mobilisée lors des entraînements avec la nécessité de conduire des exercices jusqu'au bout. L'inhibition non-volontaire pourrait elle aussi progresser mais dans une moindre mesure, car le caractère involontaire ou même inconscient de sa mise en œuvre la rend moins sensible aux effets de contexte et d'entraînement. Enfin, nous nous attendons à des répercussions sur le traitement langagier, lorsque ceux-ci mobilisent l'attention, la prise de conscience, la manipulation délibérée d'unités sonores : la métaphonologie (conscience syllabique et phonémique). Les enfants de l'étude souffrant d'une forte impulsivité, une amélioration dans les différents domaines témoignerait d'un véritable progrès surtout si l'exactitude

---

des réponses augmente (même si c'est au prix d'un ralentissement des réponses traduisant une meilleure concentration). Alors qu'une accélération des réponses associée à une diminution de l'exactitude ne pourrait être considérée comme un progrès étant donné leurs troubles attentionnels.

## **2.2. Hypothèse opérationnelle 2**

Si l'amélioration éventuellement observée chez les enfants entraînés par la musique n'est pas seulement due à l'avancée en âge, à l'effet de prise en charge, ou à l'effet test/re-test, nous nous attendons à ce que les deux enfants entraînés avec la parole (livres audio) progressent moins que les enfants entraînés par la musique. Pour les enfants du groupe parole, nous attendons surtout une amélioration en attention soutenue puisque c'est cette composante qui est principalement entraînée.

---

**Chapitre III**  
**PARTIE EXPERIMENTALE**

---

---

## **I. Echantillon**

### **1. Procédure pour la constitution de l'échantillon**

Nous avons recruté des enfants de 7 à 9 ans, ayant reçu un diagnostic de trouble attentionnel, avec une hyperactivité la plus limitée possible, afin que cette dernière ne compromette pas la réalisation du protocole (notamment la passation des tests et l'entraînement). Nous avons défini les critères d'exclusion suivants : la pratique de la musique, la médication (méthylphénidate), le retard mental, les troubles associés dans la mesure du possible, les troubles envahissants du développement, le trouble de l'humeur et le trouble anxieux.

Les enfants ont été recrutés en faisant appel à divers professionnels : neurologue et orthophonistes de Lyon. Nous avons rédigé une lettre d'informations destinée aux parents sollicités afin de leur donner les détails sur les modalités de l'expérience (matérielles, organisationnelles, etc.) (cf. Annexe I).

### **2. Présentation des participants de l'étude**

Nous avons réparti les 4 enfants sélectionnés en deux groupes : un groupe entraînement musical (présenté en premier) pour lequel nous attendons une amélioration des fonctions attentionnelles et un groupe entraînement parole (décrit ensuite et étudié en parallèle) pour lequel nous attendons une amélioration des fonctions attentionnelles mais moindre que pour le premier groupe. Les enfants qui ont suivi l'entraînement musical ont l'initial « M », les enfants qui ont suivi l'entraînement parole ont l'initial « P ».

Chez chaque enfant sélectionné, un trouble de l'attention a été diagnostiqué.

#### **2.1. Groupe entraînement musical**

##### Enfant 1 : M1

M1 est un garçon âgé de 7 ans 11 mois au début de notre protocole. Il est scolarisé en classe de CE2. Le bilan attentionnel a été réalisé par une neuropsychologue et une neurologue de Lyon. M1 est suivi par une orthophoniste pour des troubles du graphisme (souvent associé au TDA/H) et un trouble d'articulation, et par une psychomotricienne pour le repérage dans l'espace.

##### Enfant 2 : M2

M2 est un garçon âgé de 7 ans 11 mois au début de notre protocole. Il est scolarisé en classe de CE2. Il est par ailleurs suivi en orthophonie en langage oral (diagnostic de dysphasie phonologico-syntaxique). Le bilan attentionnel a été réalisé par une neuropsychologue et une neurologue de Lyon.

## 2.2. Groupe entraînement parole

### Enfant 3 : P1

P1 est un garçon de 6 ans 11 mois au début de notre protocole. Il est scolarisé en classe de CE1. Il est par ailleurs suivi en orthophonie pour un retard de langage oral, en ergothérapie (pour un diagnostic de dyspraxie), et par une psychologue pour l'estime de soi.

### Enfant 4 : P2

P2 est un garçon de 9 ans 5 mois au début de notre protocole. Il est scolarisé en classe de CM1. Il est par ailleurs suivi en orthophonie pour le langage écrit et par un psychologue (problèmes psycho-affectifs).

## 2.3. Synthèse des données recueillies auprès des professionnels de santé, de la famille et de l'observation clinique

**Tableau 1: synthèse des données concernant les participants à l'étude.**

Enfant	Profil attentionnel	Bilans	Troubles associés	Observations cliniques
<i>Entraînement musical</i>				
M1	Conners : - difficultés dans les apprentissages Impulsivité et hyperactivité	-TEACH : Attention divisée faible Attention visuelle sélective normale/sub-normale Attention auditive hétérogène	-Troubles orthoptiques -Retard de parole/langage	-Difficultés de concentration et d'organisation (école, maison) -Baisse de vigilance et agitation en alternance (observés en séance) -Agitation motrice et difficultés à changer de tâche
M2	-Profil mis en évidence avec les critères du DSM IV plutôt mixte : -7/9 critères d'inattention, -3/6 critères d'hyperactivité, -2/3 critères d'impulsivité.	Conners : -3DS (apprentissage) -3DS (impulsivité/hyperactivité)  TEACH : -Déficit légèrement plus exprimé sur le versant attentionnel -difficulté en attention soutenue et divisée	-Trouble du langage oral (dysphasie) -Dyspraxie constructive	-problèmes d'attention (école) -agitation (maman) -attiré de manière irrésistible par ce qui bouge ou fait du bruit autour de lui -pose beaucoup de questions, même lorsqu'il est en train d'effectuer une tâche -peu de résistance à la distraction

<i>Entraînement « parole »</i>				
P1	-Profil plutôt mixte DSM IV : -7/9 critères d'inattention, - 4/6 critères d'hyperactivité -2/3 critères d'impulsivité	TEACH : Très en dessous de ce qui est attendu pour son âge (recherche dans le ciel et carte géographique)	-Dyspraxie visuo-spatiale -Trouble du langage	-en séance de tests, parfois semble « absent », redemande les consignes, appuie sur toutes les touches pour les tests informatisés, chante pendant les épreuves, se met torse-nu. -difficultés d'attention et de concentration (école)
P2	-difficultés en attention soutenue, en attention divisée, en attention sélective et en vigilance. -inhibition aussi notée comme déficitaire.	-Bilan avec psychologue : difficultés d'attention et de concentration.  KITAP : -score fragile en attention soutenue  NEPSY : -score fragile en attention auditive -faibles capacités d'attention sélective visuelle  STROOP : met en évidence une faiblesse des capacités d'inhibition d'une réponse verbale		-enfant « dans la lune » (maman) -en séance, attention très labile, attiré par tous les mouvements autour de lui -vif intérêt pour ce qui lui est proposé (attitude très positive face aux tâches proposées)

## **II. Description des tâches utilisées pour les pré- et post-tests (matériel et procédure)**

Nous avons réalisé pour chaque enfant un bilan-type grâce à des tests susceptibles de mieux caractériser certaines de ses difficultés dans les domaines de l'attention et du langage. Cet ensemble de test est réalisé avant et après les entraînements. La majorité des épreuves sont expérimentales.

Les influences de tests/retests ainsi que les influences de la maturation cognitive à travers le temps devraient être comparables entre les deux groupes. Les différences de progrès

entre les deux groupes pourront donc être imputables aux caractéristiques de l'entraînement.

Les compétences attentionnelles testées sont les fonctions exécutives, l'inhibition volontaire, la vigilance et la stabilité de l'attention, l'inhibition non-volontaire et l'attention visuo-spatiale. Les tâches langagières évaluent essentiellement les compétences phonologiques (segmentation syllabique à l'écrit et à l'oral) et métaphonologiques. En outre, un audiogramme de screening a été réalisé avant l'entraînement, afin de vérifier une audition normale.

La passation individuelle des épreuves nécessite trois séances d'environ 1H30 par enfant, à son domicile, dans un espace calme et isolé du reste de la famille. L'enfant est assis à son bureau. Tous les enfants ont passé les tests dans le même ordre, ceci en pré- et en post-tests.

**Tableau 2: Récapitulatif des épreuves qui ont été passées avec les participants**

<i>Epreuve</i>	<i>Modalité</i>	<i>Objectifs</i>
<b>FONCTIONS EXECUTIVES – INHIBITION VOLONTAIRE</b>		
<b>Go / no go</b>	Auditive	Evaluer les capacités d'inhibition volontaire d'une réponse motrice automatisée
	Visuelle	
<b>VIGILANCE ET STABILITE DE L'ATTENTION</b>		
<b>Maintien de l'attention</b>	Auditive	Evaluer l'attention soutenue -stabilité de l'attention
<b>Stabilo</b>	Visuelle	-vigilance
<b>INHIBITION NON-VOLONTAIRE – ATTENTION VISUO-SPATIALE</b>		
<b>Orientation avec indicateur endogène (Posner)</b>	Auditive	-Evaluer la détection et le jugement de position (gauche-droite) d'une cible visuelle -Evaluer un déficit de désengagement (si coût anormalement fort), et un déficit de l'inhibition automatique de l'hémi-espace non indicé (si coût anormalement faible) -Evaluer l'inhibition non volontaire
	Visuelle	
<b>TRAITEMENT LANGAGIER</b>		
<b>Syllacut (segmentation syllabique)</b>	Auditive	Evaluer des compétences phonologiques – métaphonologiques
	Visuelle	
<b>BALE</b>	Auditive	
	Visuelle	

## **1. Tâches relatives aux fonctions exécutives et à l'inhibition volontaire : Epreuve de Go/no go**

*Objectif des épreuves* : l'épreuve évaluait les capacités d'inhibition d'une réponse motrice automatisée donnée à des stimuli auditifs ou visuels selon la modalité. La réponse était difficile à réfréner à cause de la forte proportion d'items Go par rapport aux items No-go.

---

## 1.1. Epreuve de Go/no go en modalité auditive

Matériel et stimuli: La tâche de go/no go classique (tâche 4a) mobilisant surtout l'inhibition de réponse et une tâche de détection de cibles rares mobilisant l'attention soutenue (tâche 4b). L'épreuve de go/no go présentait 120 items, répartis en 4 blocs: 100 items go et 20 items no go. Pour les deux tâches, les stimuli étaient de structure VCV (voyelle-consonne-voyelle), duraient 1 seconde et les voyelles étaient toujours /y/. La cible à détecter était toujours /yty/ (condition go) et, pour chaque bloc, un seul type de VCV déviant (condition no go) était présenté. Un bloc proposait un déviant qui différait de la cible par son voisement V (/ydy/, condition V), un bloc proposait un déviant qui différait par le voisement et le mode articulatoire M (/zy/, condition VM), dans un autre bloc le déviant différait en voisement et lieu articulatoire L (/yby/, condition VL), et dans un autre bloc, la différence portait sur le voisement, le mode articulatoire et le lieu articulatoire (/yvy/, condition VML).

Le contexte préalable aux items déviants était équilibré entre les blocs quant au nombre de répétitions de l'item go avant ce no go (1, 2, 3, 5, 6, 7, 9 ou 10 répétition(s)). Les stimuli ont été enregistrés avec le logiciel ROCme ! (Recording of Oral Corpora Made Easy) (Ferragne, Flavier, & Fressard, 2012) à partir d'une voix de femme parlant un français standard. Pour tous les stimuli, l'amplitude maximale a été normalisée avec le logiciel Praat (Boersma, 2011).

Procédure: L'expérience a été programmée avec E-Prime 2. Elle comportait deux phases (« inhibition » et « attention soutenue »), chacune constituée de 4 blocs ponctués de pauses (tous les 60 items). Les stimuli étaient diffusés au moyen d'un casque audio. L'enfant entendait les items go (/yty/) et les items no go qui changeaient pour chaque bloc (/yby/, /zy/, /yvy/, /ydy/). La consigne était d'appuyer le plus rapidement possible sur une touche du clavier avec l'index droit lorsque la cible (/yty/) était entendue et de retenir son geste lorsqu'autre chose était présenté. Le participant disposait de 2 secondes entre le début du stimulus et le début du suivant pour répondre. Au début de chaque partie, il y avait un petit bloc d'essais. L'ordre des blocs choisi pour la passation de l'épreuve d'inhibition était gardé pour la passation de l'épreuve d'attention soutenue. L'expérience durait vingt minutes, mobilisant ainsi une attention soutenue.

## 1.2. Epreuve de Go/no go en modalité visuelle

Matériel et stimuli: La liste comportait 384 items répartis en 3 blocs auxquels s'ajoutaient 90 essais répartis au début des blocs. Les stimuli étaient 6 dessins d'animaux et 6 artéfacts, bleu ou rose, réalisés par Nathalie Bedoin (DDL, UMR 5596 CNRS - Université Lyon 2), entièrement coloriés ou dessinés au trait. Chaque item était composé de deux dessins (5°\*5° d'angle visuel) côte à côte au-dessus ou au-dessous d'un trait horizontal partageant l'écran en deux. Dans le bloc 1, 96 items présentaient un animal et un artéfact dans la partie supérieure de l'écran, au-dessus du trait horizontal. Dans 50% des cas, l'animal (cible) était à droite. Dans ce bloc, la condition go était représentée par 48 items, la condition go après no-go comportait 24 items et la condition no-go 24 items. Dans le 2<sup>ème</sup> bloc, le matériel était construit selon le même principe sauf que la cible était le dessin rose et les items apparaissaient au-dessous du trait horizontal. Dans le bloc 3 (condition alternance) pour lequel le participant alternait entre deux consignes, les dessins

---

étaient les mêmes que dans les blocs 1 et 2 mais les items apparaissaient en alternance régulière au-dessus du trait (pour une détection de l'animal) et en dessous de ce trait (pour une détection du dessin rose). Dans ce bloc la condition go était représentée par 96 items et il y avait 48 items go après no-go et 48 items no-go.

Procédure : L'expérience contenait 3 blocs, chacun ponctué d'une pause. Chaque bloc commençait par l'apparition d'une ligne horizontale au centre de l'écran (150 ms) puis les deux dessins apparaissaient côte à côte, au-dessus du trait dans le bloc 1, au-dessous du trait dans le bloc 2, durant 600 ms. L'enfant devait juger de quel côté apparaissait la cible (l'animal pour le bloc 1, le dessin rose pour le bloc 2), en appuyant le plus vite possible sur la touche gauche (avec l'index gauche) si elle était à gauche, sur la touche droite (avec l'index droit) si elle était à droite. La consigne au début de chaque bloc rappelait à l'enfant de se retenir d'appuyer si le dessin était entièrement colorié (no go). Dans le bloc 3, la position des dessins (au-dessus ou au-dessous du trait) changeait à chaque item, et l'enfant devait changer systématiquement de cible (désigner l'animal ou le dessin rose). Il devait répondre le plus vite possible et un délai court, mais variable, entre 600 et 800 ms, était disponible pour sa réponse avant l'item suivant. L'épreuve durait 35 minutes, mobilisant ainsi une attention soutenue.

## **2. Tâches relatives à la vigilance et à la stabilité de l'attention**

### **2.1. Epreuve de maintien de l'attention**

*Objectif de l'épreuve* : Cette épreuve demandait de détecter un stimulus rare parmi de nombreux distracteurs et évaluait donc l'attention soutenue.

Matériel et stimuli : La tâche de détection de cibles rares mobilisant l'attention soutenue portait sur le même type de matériel que la tâche de go/no go classique. Seule la proportion des stimuli Go et Nogo variait entre les deux. La tâche d'attention soutenue proposait 20 items go et 100 items no go, répartis en 4 blocs. Les stimuli étaient construits selon le même principe que pour la tâche de go/no-go en modalité auditive et enregistrés avec les mêmes outils et paramètres.

Procédure : L'expérience a été programmée avec E-Prime 2. Elle était constituée de 4 blocs ponctuéés de pauses (tous les 60 items). Les stimuli étaient diffusés au moyen d'un casque audio. L'enfant entendait les items go (/yty/) et les items no go qui changeaient pour chaque bloc (/yby/, /yzy/, /yvy/, /ydy/). La consigne était d'appuyer le plus rapidement possible sur la touche gauche du clavier avec l'index droit lorsque la cible (/yty/) était entendue et de retenir son geste lorsqu'autre chose était présenté. Le participant disposait de 2 secondes entre le début du stimulus et le début du suivant pour répondre. La consigne était la même que pour l'épreuve go/no-go auditif. Au début de chaque partie, il y avait un petit bloc d'essais. L'ordre des blocs choisi pour la passation de l'épreuve d'inhibition était gardé pour la passation de l'épreuve d'attention soutenue. Cette tâche durait 20 minutes.

---

## 2.2. **Stabilo**

*Objectif des tâches* : évaluer la stabilité de l'attention. Elles permettaient d'étudier les fluctuations spontanées de l'attention dans le temps.

Procédure : Deux sortes de tâches ont été présentées à l'enfant, celles dites « jump » qui mesurent la vitesse de traitement de l'information (numérotées 2 et 5) et celles appelées « endurance » qui mesurent la stabilité de l'attention (appelées STCC et STAC). L'ordre des tâches était toujours le même : 2, 5, STCC, STCC, STAC et STAC. Pour chaque item, un point central apparaissait d'abord au centre de l'écran pendant 800 ms. Il était ensuite remplacé par une première lettre qui restait 200 ms à l'écran. Ensuite, le point central apparaissait à nouveau en remplaçant la lettre pendant 500 ms puis les 4 lettres formant un carré s'affichaient, jusqu'à ce que l'enfant réponde ou pendant 4000 ms s'il n'appuyait pas (cf. Annexe III).

La tâche STCC (condition « couleur ») consistait à appuyer du bon côté de l'écran en fonction de la couleur des quatre lettres. S'il y avait une lettre rouge parmi les 4, l'enfant devait appuyer du côté « oui » (côté gauche pour les droitiers, côté droit pour les gauchers), sinon, il devait appuyer de l'autre côté. Un feed-back (bip sonore) indiquait à l'enfant s'il s'était trompé. C'était une tâche d'endurance, l'enfant devait faire le moins d'erreurs possible et être régulier dans ses réponses. Dans la tâche STAC, l'enfant devait décider si la première lettre qui apparaissait rapidement se retrouvait parmi les 4 lettres qui apparaissaient ensuite. Il répondait « oui » en appuyant le plus rapidement possible du côté gauche, avec sa main gauche ou « non » en appuyant du côté droit avec sa main droite (pour les droitiers, les gauchers devant faire l'inverse).

Avant de faire ces deux tâches, l'enfant se familiarisait avec l'exercice avec les tâches 2 et 5. Ces deux tâches constituaient un pré-requis aux tâches d'endurance afin que l'enfant intègre parfaitement les touches de réponse : réponse « oui » main gauche et réponse « non » main droite pour les droitiers et inversement pour les gauchers. Respectivement, elles avaient les mêmes consignes que les tâches STCC et STAC, avec une exigence de rapidité afin de déterminer le seuil de vitesse maximal que l'enfant pouvait atteindre sans tenir compte du nombre d'erreurs. En effet, les réponses de l'enfant étaient matérialisées par des balles qui passaient au-dessus d'une barre qui montait ou qui descendait en fonction de la vitesse de réponse de l'enfant. Il s'agissait d'une mesure du seuil de vitesse adaptatif. La consigne était de donner sa réponse le plus vite possible sur cinq essais consécutifs.

Matériel et stimuli : Ces épreuves étaient présentées sur tablette numérique. Elles ont été mises au point par Jean-Philippe Lachaux (U1028-CNRS UMR 5292 Centre de Recherche en Neurosciences de Lyon, équipe DYCOG) et Vania Herbillon (Neuropsychologue à l'Hôpital Femme-Mère-Enfant, Epilepsie, sommeil et explorations fonctionnelles neuropédiatriques, ESEFNP, Lyon). Les tâches B et D présentaient chacune 100 items. Les lettres qui ont été choisies sont H, G, T, F, B, N, K, D, P, Z, V, L. Dans chaque bloc (STCC et STAC), il y avait autant d'items attendant la réponse « oui » que d'items attendant la réponse « non ». Dans le cas des items à réponse « oui », la position de la lettre cible était aléatoire. Chaque bloc durait 3 minutes et nous en avons fait passer 4, après avoir entraîné les enfants sur les tâches 2 et 5.

---

### **3. Tâches relatives à l'inhibition non volontaire et à l'attention visuo-spatiale**

*Objectifs de l'épreuve* : Cette épreuve de jugement de position de cible après indiçage spatial endogène a été mise au point au Laboratoire Dynamique du Langage par Nathalie Bedoin (Bedoin et al., 2012) et est inspirée du paradigme de Posner (1980). Elle permet d'évaluer 1) un bénéfice (meilleures performances entre conditions valide et neutre) témoignant de l'engagement visuo-attentionnel (un coût très fort traduit un déficit de désengagement), 2) un coût (moins bonnes performances en non-valide qu'en neutre) reflétant le désengagement de l'attention visuo-spatiale, 3) un effet de distance reflétant le déplacement de l'attention, et permet, en outre de 4) s'assurer que la partie de l'espace opposée au champ visuel vers lequel l'attention est orientée fait bien l'objet d'une inhibition (une absence de coût traduit un déficit en inhibition spatiale).

#### **3.1. Epreuve d'orientation avec indiçage endogène en modalité auditive.**

Matériel et stimuli : Chaque item correspondait à une succession de stimuli. Tout d'abord un bruit blanc binaural jouait un rôle équivalent à celui du point de fixation puis l'indice binaural était une voix naturelle re-synthétisée qui énonce « à droite », « à gauche » ou « les deux ». Enfin, la cible (sinusoïde à 180 Hz de 400 ms) était entendue dans une seule oreille. L'expérience, programmée avec E-prime contenait 200 items répartis en 3 conditions d'indiçage : valide (64% des items), neutre (20%) et non valide (16%). Elle était présentée sur ordinateur portable.

Procédure : L'épreuve contenait 4 blocs et était ponctuée de 3 pauses. L'enfant portait un casque (JVC HA-S200) et était assis devant l'écran d'ordinateur. On lui demandait de fermer les yeux. Il entendait le bruit blanc présenté aux deux oreilles pendant 800 ms, puis l'indice, et la consigne était de porter son attention du côté indiqué par la voix. Enfin la cible était présentée dans l'une des deux oreilles pendant 400 ms et l'enfant devait donner sa réponse le plus vite possible, pour indiquer de quel côté il avait perçu la cible (cf. Annexe III). Pour cela, il utilisait ses deux index et les mêmes touches que pour l'épreuve précédente. L'enfant était informé que le plus souvent, la cible serait entendue du côté indiqué par l'indice mais que ce n'était pas toujours le cas et qu'il devait bien indiquer le côté de la cible et non celui de l'indice. L'épreuve durait 15 minutes. Il y avait auparavant 8 items d'essai.

#### **3.2. Epreuve d'orientation avec indiçage endogène en modalité visuelle**

Matériel et stimuli : le test comportait 200 items répartis en 3 conditions d'indiçage : valide (64% des items), neutre (20%) et non valide (16%). Pour chaque condition, la cible apparaissait soit dans le champ visuel gauche (CVG) (50%), soit dans le champ visuel droit (CVD) (50%). Pour chaque champ, la cible pouvait apparaître dans un carré proche du centre (50% des cibles dans chaque champ et dans chaque condition d'indiçage), soit dans un carré éloigné. Quatre cadres ( $3,2^\circ \times 3,2^\circ$  d'angle visuel) restaient affichés en permanence sur l'axe horizontal centré sur l'écran. Dans les carrés proches, le côté le plus près du centre de l'écran s'en écartait de  $2,75^\circ$ , dans les carrés éloignés, ce côté s'en

---

écartait de 12,1°. Le point de fixation central était une croix de 0,3°. L'indice était une flèche noire centrale (2,4° de long) pointant à droite, à gauche ou dans les deux directions (indice neutre). La cible était une étoile noire (2,1° de diamètre) apparaissant dans l'un des quatre cadres.

L'expérience, programmée avec E-prime 2, était présentée sur ordinateur portable.

**Procédure :** L'expérience comportait 4 blocs et était ponctuée de trois pauses. L'enfant voyait d'abord apparaître le point de fixation au centre de l'écran (800 ms) en présence des 4 carrés (cf. Annexe III). Puis la croix était remplacée par une flèche centrale (indice) pendant 500 ms. L'étoile (cible) apparaissait (150 ms après l'apparition de l'indice) dans l'un des 4 carrés et restait visible pendant 450 ms. L'étoile et la flèche disparaissaient simultanément. Le participant devait fixer la croix centrale puis orienter son attention dans la direction indiquée par la flèche et enfin décider, le plus vite possible et sans tenir compte de l'éloignement du cadre, de quel côté était apparue la cible. Il répondait en utilisant ses index (touche V pour Gauche et touche N pour droite, les touches étant repérées par des gommettes de couleur). Il était précisé au début de l'expérience que dans la majeure partie des cas, les cibles apparaîtraient du côté indiqué par la flèche. Le temps de réponse était enregistré à partir de l'apparition de la cible. Entre chaque réponse de l'enfant et le début de l'item suivant s'écoulait 1000 ms. Après une série de 8 items d'essais, l'expérience durait 15 minutes.

#### **4. Tâches relatives au traitement langagier**

##### **4.1. Expérience de segmentation syllabique à l'écrit et à l'oral (nommée « Syllacut »)**

*Objectifs de l'épreuve :* il s'agissait d'évaluer les capacités de segmentation syllabique de l'enfant à l'oral et à l'écrit, et sa capacité à réaliser cette segmentation dans des situations où elle était plus ou moins difficile à réaliser pour des raisons phonologiques (rapport de sonorité entre les phonèmes à la frontière syllabique). Une réponse était considérée comme cohérente si l'enfant situait la frontière au même endroit dans la phase où il sélectionnait la première syllabe et celle où il sélectionnait la deuxième syllabe d'un même stimulus. Cette tâche comportait une partie visuelle et une partie auditive.

Matériel et stimuli (cf annexe IV):

**Epreuve visuelle.** Une liste de 40 pseudo-mots était présentée en deux colonnes sur une feuille. Les stimuli, tous disyllabiques, contenaient 5, 6 ou 7 lettres, et étaient écrits avec la police courier qui respectait un écartement constant entre les lettres. La complexité de la frontière syllabique variait entre deux conditions représentées chacune par 9 stimuli. Entre ces 2 conditions, les stimuli étaient équilibrés 2 à 2 et contenaient toujours une frontière syllabique réalisée par la coda de la syllabe 1 et la consonne d'attaque de la syllabe 2. La seule chose qui différait entre les 2 membres de chaque couple était la sonorité de la coda (sonorité faible, S-, représentée par la consonne obstruente P ou C ; sonorité forte, S+, représentée par la consonne sonorante R ou L), permettant de réaliser une frontière syllabique nettement indiquée par une différence de sonorité (S+) ou non marquée par une différence de sonorité (S-).

---

Ces stimuli étaient mélangés à 20 autres dont la frontière syllabique était plus simple à repérer, car la première syllabe n'avait pas de coda. L'attaque de la deuxième syllabe comportait toutefois 2 consonnes.

**Epreuve auditive.** L'épreuve auditive a été réalisée avec le logiciel E-prime 2. Les 64 stimuli étaient tous disyllabiques, mais la complexité de leur frontière syllabique variait en termes de rapport de sonorité. Seize (8 mots et 8 pseudo-mots) avaient une frontière simple à détecter car la première syllabe se terminait par une voyelle (e.g., mépris, douclin) (cf. Annexe IV), l'attaque de la 2ème syllabe étant toutefois composée de 2 consonnes. Les autres stimuli avaient été mis au point pour une précédente expérience (Bedoin, Przybylski, Tillmann, en préparation). Vingt-quatre stimuli (12 mots et 12 pseudo-mots) représentaient la condition S+ : leur frontière syllabique était située entre deux consonnes mais était assez simple à détecter car indiquée par une différence de sonorité importante entre la coda sonorante (S+) et l'attaque obstruente (e.g., /Rt/ dans tortue). Dans la moitié de ces mots et la moitié de ces pseudo-mots, la coda sonorante était la liquide /R/, dans les autres cas c'était la liquide /l/. Vingt-quatre stimuli (12 mots et 12 pseudo-mots) représentaient la condition S-, avec une frontière située entre deux consonnes difficiles à repérer en termes de sonorité car les 2 consonnes avaient une faible sonorité (S-), formant une frontière entre /k/ et /t/ (50% des mots et 50% des pseudo-mots) ou entre /p/ et /t/ (e.g., capté). Les couples de consonnes aux frontières syllabiques ont été choisis de façon à minimiser leur différence de fréquence de digramme entre les conditions S+ et S-. Positionnée à l'intérieur de mots, la fréquence de digramme de CT et PT (condition S-) était respectivement de 394 et 143, et la fréquence de digramme de RT et LT (condition S+) était respectivement de 376 et 122 (Content & Radeau, 1988). Par ailleurs, la fréquence lexicale des mots était équilibrée entre les conditions, selon le Standard Frequency Index (SFI) pour les enfants de 8 à 11 ans (condition S-, SFI moyen = 46,9, écart-type = 10,8 ; condition S+, SFI moyen = 47,2, écart-type = 14,4), selon MANULEX (Lété, Sprenger-Charolle, & Colé, 2004). Pour les pseudo-mots, les consonnes /b/, /d/ et /n/ étaient réparties équitablement pour constituer la première consonne de la première syllabe, pour les conditions S+ et S-, les voyelles /ɔ/, /y/, /a/ étaient elles aussi distribuées de manière équilibrée en tant que voyelle de la première syllabe, pour les conditions S+ et S-, et les voyelles /e/, /y/, /i/ étaient réparties équitablement en tant que voyelle de la deuxième syllabe, pour les conditions S+ et S-. Les pseudo-mots n'avaient pas de voisin orthographique, hormis les pseudo-mots *nalté* et *nacté* qui avaient chacun 1 voisin, mais si peu familier qu'il n'était pas référencé dans MANULEX et donc probablement non connu des enfants. Tous les stimuli ont été enregistrés à partir d'une voix de femme avec le logiciel ROCme ! et ils ont été normalisés pour leur amplitude maximale. Dans la liste, les mots et pseudo-mots des différentes conditions étaient présentés de façon aléatoire, mais identique pour chaque participant.

Procédure :

**Epreuve auditive :** l'enfant était installé sur une chaise, dos à l'examineur (pour ne pas voir la liste de mots sur laquelle celui-ci note les réponses) et face à un mur pour faciliter la concentration. Les stimuli lui étaient présentés dans un casque audio. L'examineur cliquait avec la souris pour faire entendre un stimulus, ce qui permettait de le diffuser seulement lorsque l'enfant était assez concentré et l'enfant donnait sa réponse à l'oral. Celle-ci était reportée par écrit sur une liste par l'examineur. Entre les phases 3 et 4, l'enfant réalisait d'autres épreuves du protocole, de façon à limiter le souvenir à court terme des réponses données à partir de la consigne de sélectionner la première partie des stimuli.

---

**Epreuve écrite** : l'enfant était installé sur une chaise, à une table. La liste de mots lui était donnée et il devait entourer, dans un premier temps toutes les premières parties de mots. Ensuite, une nouvelle liste (avec les mêmes mots) lui était donnée, il devait alors entourer toutes les dernières parties de mots.

En premier lieu, l'enfant faisait la partie auditive puis écrite concernant les premières parties de mots. Puis, après avoir fait d'autres épreuves, il réalisait la partie auditive puis écrite concernant les dernières parties de mots.

## **4.2. Epreuves de la Batterie Analytique du Langage Ecrit**

L'enfant passait 4 épreuves de la BALE : la dénomination rapide (d'images et de voyelles, pour évaluer l'accès au lexique phonologique de sortie), la segmentation phonémique et la suppression syllabique (pour estimer les compétences métaphonologiques), le but étant d'avoir une appréciation du niveau phonologique de l'enfant. Ces tâches sont étalonnées et permettent une comparaison à la norme.

### **4.2.1. Dénomination rapide**

Matériel et stimuli : Cette tâche comportait deux parties : la dénomination d'images et la dénomination de voyelles. Une première planche contenait 25 dessins, répartis en 5 lignes. Sur chaque ligne on trouve, dans un ordre différent : une grappe de raisin, un chapeau, un couteau, un lapin et des ciseaux. La deuxième planche était construite sur le même principe : un tableau de 25 cases, avec sur chacune des 5 lignes et dans un ordre différent, les cinq lettres A, E, I, O, U.

Procédure : Après avoir vérifié que l'enfant connaissait le nom de ces dessins et lettres, il lui était demandé de les dénommer le plus rapidement possible, ligne par ligne. Les deux tâches de dénomination étaient chronométrées et les erreurs relevées.

### **4.2.2. Suppression syllabique**

Matériel et stimuli : 12 mots étaient utilisés pour cette tâche, 8 étaient bisyllabiques (TORCHON, COPIER, GAMIN, ASTIQUE, PANTIN, CITRON, TORTUE, ROUTARD) et 4 trisyllabiques (PATINOIRE, ELEPHANT, PARAPLUIE, PYJAMA).

Procédure : Après avoir fait un exemple avec l'enfant, on lui présentait les 4 premiers mots bisyllabiques en lui demandant ce qu'il restait si on enlevait la première syllabe (on lui donnait la partie du mot à enlever, par exemple « torchon, si j'enlève –tor, il reste ? »). Puis on faisait la même chose en lui donnant les 4 mots trisyllabiques et en lui demandant ce qu'il restait si on enlevait la deuxième partie du mot. Enfin on donnait à l'enfant les 4 derniers mots bisyllabiques en lui demandant à chaque fois ce qu'il restait si on enlevait la dernière syllabe.

---

### 4.2.3. Segmentation phonémique

Matériel et stimuli : une liste de 8 mots était dite à l'enfant (jouet, faim, chat, sœur, zéro, rond, coll, lit).

Procédure : Après avoir fait un exemple avec l'enfant, il lui était demandé de segmenter chaque mot en phonèmes.

## III. Entraînements

Deux entraînements ont été conçus, de manière à contrôler à la fois l'effet de prise en charge, celui du développement dû à l'âge et l'effet test/re-test. En effet, le temps d'entraînement, par jour et sur la période, était comparable. Pour le « groupe musique », un jeu interactif avec des tâches stimulant de manière plus ciblée certains mécanismes de l'attention a été créé et nous venions voir l'enfant trois fois par semaine. S'y ajoutait un entraînement que l'enfant faisait seul à domicile les autres jours. Le « groupe parole » n'a pas bénéficié de nos interventions hebdomadaires mais d'un programme avec des séances quotidiennes réalisées avec les parents que nous allons détailler par la suite.

### 1. Entraînement musical

L'entraînement musical était quotidien : 3 séances hebdomadaires de jeu avec nous, et 4 séances (les jours où nous ne venions pas) d'écoute de musique à la maison de manière à écouter et être stimulé environ 15 minutes par jour (20 minutes de jeu, en comptant les temps de pause estimés, et 15 minutes d'écoute les autres jours).

#### 1.1. Les séances de jeu

La visée globale de l'entraînement musical était à la fois de stimuler l'enfant sur ce qui caractérise la musique : rythme, hauteur, durée, intensité et timbre ; et de le faire de la manière la plus écologique possible, c'est-à-dire inclure des activités que l'enfant serait à même de faire spontanément à l'écoute de la musique en dehors de toute consigne. Nous avons donc conçu un jeu de plateau qui comprenait 5 activités musicales susceptibles de stimuler plusieurs composantes de l'attention. Nous les avons construites avec 3 niveaux pour chacune. Voici les 5 tâches que nous détaillerons ci-après: repérage de cible, riffs, rythme, polyphonie, brouhaha. Le matériel sonore a été mis en ligne (cf. Annexe XIII).

L'entraînement se déroulait selon le plan suivant : les trois premières séances servaient à présenter à l'enfant les différentes tâches et les stimuli, éventuellement lui apprendre ou réapprendre les chansons dont nous avons besoin. La première séance avec le premier patient nous a d'ailleurs permis de réadapter les tâches et leurs niveaux par rapport à ce que nous pouvions observer, le niveau musical étant difficile à apprécier a priori pour cette population. Les niveaux constitués pour les différentes tâches étaient programmées de manière à être abordées de manière équitable au fil de l'entraînement, c'est-à-dire qu'on passait autant de temps sur chaque niveau. Cependant, nous avons choisi de suivre l'évolution de l'enfant et ses progrès, et certains niveaux (mentionnés auparavant) dans

---

certaines tâches n'ont jamais été abordés car trop difficiles pour M1 et M2. De plus, au sein même des niveaux, les étayages que nous proposons étaient modulés en fonction des difficultés rencontrées, les étapes sont donc moins strictes que ce qui a été conçu initialement. Par exemple, si le niveau proposé était trop difficile, nous proposons la même tâche mais avec un étayage en plus, par exemple en accompagnant l'enfant (chanter, taper en rythme avec lui). Nous laissons ensuite progressivement l'enfant s'autonomiser, sans le laisser dans l'échec.

Le jeu se présentait sous forme de plateau : chaque activité était représentée par un pictogramme dans les cases du jeu (comme un jeu de l'oye). On trouvait aussi: la case départ, la case d'arrivée, des cases « rejoue », une case « prison » (passe ton tour), des cases « recule »/« avance » de X cases, mais aussi les cases « joker, où l'enfant pouvait choisir l'activité à effectuer.

Chaque joueur lance le dé tour à tour pour avancer. Le joueur tombe sur une case : si c'est celle d'une activité ou un « joker», le joueur effectue l'activité correspondante. Si elle est réussie, il avance d'une case sans effectuer l'activité de la case sur laquelle il tombe. Si l'activité n'est pas réussie, il reste là où il est et recommence au tour d'après. Si le joueur est arrivé sur une autre case du plateau (« rejoue » ou « prison »), il fait ce qui est indiqué (cf. Annexe VII).

L'une d'entre nous joue avec l'enfant, l'autre porte la casquette de « maître du jeu ». Le maître du jeu fait effectuer les activités à l'enfant, l'aide et le stimule, et joue aussi le rôle d'arbitre. Lors du tour de l'enfant, il effectuait l'activité comme acteur central. Lors du tour de l'adulte, l'enfant était invité à participer, selon sa motivation et sa demande: chanter avec le maître du jeu, partager la « batterie », danser (ou gigoter) avec l'autre joueur lors de son tour, etc.

### **1.1.1. Repérage de cible**

Description de la tâche : L'enfant écoute d'abord une cible mélodique (durée de 1 seconde) puis le morceau de musique en entier (durée d'environ : 1'30). Dans ce morceau est insérée à plusieurs endroits la cible rythmiquement et harmoniquement compatible avec le morceau. Sur le modèle des jeux que les enfants connaissent déjà (comme les chaises musicales), il est demandé à l'enfant de réagir à l'écoute de cette cible. Le choix était laissé à l'enfant : soit il dansait sur tout le morceau et devait s'immobiliser lorsqu'il entendait la cible, soit il restait assis et tapait sur un petit tambour lorsque la cible se présentait.

- Niveau 1 : la cible est récurrente et métriquement régulière, et apparaît sans fond musical (on entend que la cible, sans le contexte musical qui s'arrête momentanément).
- Niveau 2 : la cible est récurrente et régulière, et apparaît sur le fond de la musique.
- Niveau 3 : la cible se produit de manière irrégulière (et donc moins prévisible), sur le fond du morceau de musique.

---

L'extrait musical était caractérisé par plusieurs dimensions musicales telles que la hauteur (e.g., la mélodie) , la durée (avec rythme et métrique), le changement d'intensité et de timbre. La cible était distinctive selon ces mêmes dimensions.

Mécanismes attentionnels sollicités : attention soutenue (1'30), sélective (inhibition des stimuli non-pertinents, réhaussement pour la cible).

### **1.1.2. Les riffs**

Description de la tâche : le riff est un court motif musical, c'est-à-dire une combinaison d'accords ou un refrain joué de manière répétitive. Nous en avons sélectionnés parmi les morceaux de rock'n'roll connus et « accrocheurs », et les avons montés en boucle pendant 1'30 pour chaque morceau, sans le reste du morceau. L'idée de cette activité était pour l'enfant de rentrer dans un jeu de « star du rock », et donc d'imiter le joueur d'un instrument selon les différents niveaux.

- Niveau 1 : la batterie : taper en rythme (une baguette, une frappe) sur une percussion, à la noire, sur le tempo d'origine du morceau.
- Niveau 2 : batterie : taper en rythme (2 baguettes, alternance et superposition de 2 frappes) sur ce qui est présenté comme l'équivalent d'une caisse claire et d'un tom, à la noire une main, à la croche pour l'autre si cela était possible.
- Niveau 3 : guitare : se synchroniser avec le pattern du riff (une corde, grattée en même temps que la guitare entendue dans le riff). En pratique, le niveau des enfants ne nous a pas permis d'aller jusque là.

Musique : l'attention était portée sur la durée (le rythme) pour les niveaux un et deux, sur la hauteur et le timbre (mélodie de la guitare à sélectionner) au niveau trois. Cependant, les indices acoustiques du rythme renvoient à toutes ces dimensions.

Mécanismes attentionnels sollicités : attention soutenue (1'30 d'écoute) et répartition temporelle de l'attention dans le temps en utilisant les aspects rythmiques et métriques (aspects dynamiques de l'attention (Jones, voir ch. 1, I.1.4).

### **1.1.3. Les rythmes**

Description de la tâche : activité de reconnaissance, reproduction et production d'une série de sons longs et courts (équivalents proportionnels à la blanche et à la noire). Des séquences ont été enregistrées à l'aide d'un piano électronique. Chaque séquence était constituée soit d'une mesure en 3/4 (rythme ternaire) soit d'une mesure en 4/4 (rythme ternaire), avec une syncope\* ou non. Chaque séquence était répétée 3 fois directement en boucle, et afin de marquer le niveau du cycle (de la mesure), le premier son était joué à une hauteur plus aigue (quarte juste\*) que le reste de la mesure. Des cartes plastifiées représentant les mesures enregistrées ont été confectionnées : un trait pour marquer le son long ( - ), et un point pour symboliser le son court ( · ), la mesure n'étant représentée qu'une fois. Un exemple de patterns rythmiques était [- . . - -]. (cf. Annexe VI).

- 
- Niveau 1 : Deux séries rythmiques sont présentées auditivement à l'enfant à 10 secondes d'intervalles environ (répétées trois fois chacune et réécoutées au besoin). Les deux séquences sont identiques ou différentes, et l'enfant doit décider s'il s'agit de la même (« pareil ») ou non (« pas pareil »). Pour faire varier la difficulté nous présentions des séquences plus ou moins similaires : par exemple, deux mesures binaires simples (sans syncope) sont plus difficiles à différencier qu'une mesure ternaire avec syncope et une mesure binaire simple. 50% des paires présentées étaient identiques, 50% étaient différentes.
  - Niveau 2 : L'enfant écoutait une mesure enregistrée, trois fois, que nous suivions avec lui sur la carte correspondante (en lui montrant du doigt). Une fois la séquence entendue, il devait la reproduire avec un harmonica (sons longs, sons courts).
  - Niveau 3 : En lisant la carte seulement, l'enfant devait produire la mesure écrite et symbolisée par les traits et points.

Musique : durée (rythme, métrique).

Mécanismes attentionnels sollicités : répartition temporelle de l'attention dans le temps (attention dynamique de Jones).

#### **1.1.4. Polyphonie :**

Description de la tâche : le but était d'associer sa propre production musicale (vocale) à celle de l'autre joueur. L'enfant chantait avec l'expérimentateur dans différentes conditions.

- Niveau 1 : chant à l'unisson (l'enfant avec l'expérimentateur)
- Niveau 2 : chant en canon : en premier lieu, l'enfant chantait à l'unisson avec l'un des expérimentateurs pendant que l'autre chantait en différé (canon). L'enfant était progressivement amené à chanter seul face à l'autre en différé.
- Niveau 3 : chant polyphonique : la chanson était chantée par l'une de nous et une ligne de basse simple (comme « owimbowé » dans « le lion est mort ce soir ») devait être maintenue par l'enfant. Ce niveau s'est avéré trop difficile pour les enfants de cette étude.

L'attention était portée sur la hauteur et la durée (rythme et métrique) en production.

Mécanismes attentionnels sollicités : attention divisée, sélective et inhibition.

#### **1.1.5. Le brouhaha**

Description de la tâche : sur le modèle de ce qui est obtenu dans les expériences de cocktail party (qui renvoient à la capacité d'inhiber le bruit environnant pour ne traiter que l'information correspondant à une parole), l'enfant doit détecter une mélodie dans le brouhaha. Les montages ont été faits à partir d'un enregistrement de 4 voix de femmes et 4 voix d'hommes superposées, et de mélodies enfantines connues (comme « au clair de la lune ») jouées en ligne mélodique simple sur un piano. Deux montages de chaque

---

mélodie ont été faits : l'un où la mélodie était diminuée de 5dB par rapport à l'enregistrement, et l'autre où la mélodie était diminuée de 10dB. En pratique, seulement les mélodies à -5dB ont été utilisées avec les enfants, sinon, la difficulté était trop importante et les frustrait (alors que l'activité a été réussie par d'autres enfants et adultes auparavant). Pour une case, un montage est présenté à l'enfant.

- Niveau 1 : l'enfant doit décider si oui ou non il y a une mélodie derrière le brouhaha.
- Niveau 2 : L'enfant doit reconnaître la mélodie derrière le brouhaha.
- Niveau 3 : reconnaissance de l'instrument (flûte, piano et violon) jouant une même mélodie en boucle (« au clair de la lune ») derrière le brouhaha. Nous nous sommes arrêtées avant ce niveau, car le niveau 2 représentait déjà un bon niveau de difficulté pour les enfants.

Musique : hauteur et durée (mélodie) pour les niveaux 1 et 2, timbre ensuite (niveau 3).

Mécanismes attentionnels sollicités : attention sélective (filtrage), inhibition.

## **1.2. L'écoute quotidienne de musique**

Les jours où il n'y avait pas de séance de jeu avec nous, l'enfant devait écouter 15 minutes de musique : séquençables en 3 fois (3 fois 5 minutes environ), de manière active (taper des mains, danser, etc.), et les musiques étaient le choix de l'enfant. Il pouvait le faire seul ou accompagné d'un parent ou des frères et sœurs. Nous avons proposé des compilations aux enfants avec la base de plusieurs morceaux et artistes qu'ils suggéraient eux-mêmes, en utilisant les suggestions des sites de commercialisation de bien culturels et nos propres connaissances pour avoir des morceaux susceptibles de leur plaire (cf. Annexe VIII). Une feuille de route (cf. Annexe X) était remplie chaque semaine indiquant pour chaque jour ce qui avait été écouté, de quelle manière (danse, tapping, etc.), et en combien de fois. Avec le ou les parents, l'enfant indiquait également le niveau de plaisir éprouvé à faire l'activité, et toute autre remarque (fait avec la sœur, impossible de faire l'activité tel ou tel jour, etc.).

## **2. Entraînement parole**

Les enfants du groupe parole (P1 et P2) ont écouté quotidiennement (7 jours sur 7), pendant 6 semaines, trois fois des courts extraits de 5 minutes en moyenne tirés d'histoires enregistrées (comédiens professionnels) sur livres audio (Le Petit Prince, Charlie et la chocolaterie, Le petit Nicolas, Les contes rouges du chat perché). La durée de ces séquences pouvait légèrement varier (de 4 à 8 minutes), dans le but de former des séquences qui formaient une unité de sens. Les 3 fois 5 minutes visées en moyenne correspondent aux durées imposées à l'autre groupe en écoute quotidienne de musique. Pour que cet entraînement se fasse en autonomie, les parents ont eu au début de la période d'entraînement, les CD des histoires à écouter et le programme à suivre, jour après jour. Il était possible de séquencer l'écoute en deux ou trois moments dans la journée ou d'écouter l'ensemble (durée totale de 15 minutes environ).

---

Pour que l'enfant soit dans une dynamique d'écoute attentive des histoires (attention soutenue : séquences d'environ 5min), à la fin de chaque séquence, une question de compréhension lui était posée, à l'oral (enregistrée sur le CD) et sa réponse devait être reportée par un adulte par écrit sur le livret « questions/réponses » fourni au début de l'entraînement. Les questions consistaient en des rappels simples d'informations explicitement données par l'histoire (pas d'interprétation nécessaire) (cf. Annexe IX). Les parents avaient les bonnes réponses pour chaque question. Des feuilles de routes ont été remplies par les parents, pour chaque semaine d'entraînement, à remplir chaque jour. Elles nous ont permis de savoir quelles histoires avaient été écoutées, quelles pistes en particulier pour chaque jour, en combien de fois et si les réponses données aux questions avaient été justes ou non ainsi que toute autre observation des parents ou de l'enfant. Cet entraînement sollicitait surtout l'attention soutenue auditive.

---

**Chapitre IV**  
**PRESENTATION DES RESULTATS**

---

---

## I. Résultats des tests

Divers types d'analyses ont été pratiquées sur les résultats, ils sont précisés au fur et à mesure des expériences. Le seuil de significativité a été placé à  $p < .05$ .

### 1. Expérience de Go/nogo en modalité auditive

Pour cette épreuve, nous avons analysé les pourcentages de fausses alarmes (FA, erreurs car réponse aux items nogo) traduisant un manque d'inhibition de réponse (impulsivité), ainsi que les oublis (absence de détection pour items go). La différence entre les pourcentages d'erreurs avant et après entraînement ont été transformés en score z, afin que cette différence soit rapportée à la table de la loi Normale pour estimer si elle est significative.

**Tableau 3: Résultats des analyses statistiques de l'épreuve de go/no go en modalité auditive. Les astérisques signalent les différences significatives entre pré- et post-tests. Aug = augmentation des erreurs entre pré-et post-tests.**

Entraînement	enfant	Fausses alarmes (FA)			Oublis		
		Pré-test (%)	Post-test (%)	$p$ pour comparaison %	Pré-test (%)	Post-test (%)	$p$ pour comparaison %
musical	M1	95	40	< .0001*	8,25	3,5	.002*
	M2	50	60	.102 (aug)	20	37,5	< .0001* (aug)
livres audio	P1	95	68,75	< .0001*	8,25	23,5	< .0001* (aug)
	P2	95	63,75	< .0001*	8,23	13,25	.011* (aug)

Le pourcentage de FA de M1 est très élevé en pré-test mais diminue significativement en post-test : comme l'indique le Tableau 3, il passe de 95% à 40% de FA. L'entraînement musical lui a permis de réduire son impulsivité et d'augmenter son inhibition volontaire. Son taux d'oublis a lui aussi diminué significativement entre pré- et post-test.

En revanche, l'entraînement musical n'a pas été bénéfique dans cette épreuve pour M2, dont les FA et les oublis ont augmenté entre pré- et post-tests.

P1 et P2 ont des comportements similaires pendant cette épreuve. Elle les met en échec lors du pré-test puisqu'ils font tous deux 95% de fausses alarmes, ce qui témoigne d'un important défaut d'inhibition volontaire. Après l'entraînement avec les livres audio, ce score de FA a significativement diminué, même s'il reste élevé. En revanche, leurs oublis augmentent en post-test.

#### 1.1. Expérience de Go/nogo en modalité visuelle.

Pour cette épreuve, nous disposons d'un petit groupe de 12 enfants contrôles pour l'âge chronologique (entre 7 et 8 ans). La comparaison du score d'un cas unique à celui des contrôles étant possible à partir de 5 enfants avec le test  $t$  modifié de Crawford et Howell (1998), nous l'avons appliqué aux scores de FA.

Comme présenté dans le Tableau 4, les FA de chaque participant sont significativement plus nombreuses que chez les contrôles avant l'entraînement, ce qui confirme leur

---

impulsivité, surtout lorsqu'il faut en plus alterner. Après l'entraînement, les deux cas ayant eu l'entraînement musical sont les deux seuls dont les scores de FA sont significativement en-dessous de la norme constituée par les contrôles en condition sans alternance. Au contraire, les deux enfants entraînés avec les livres audio ont des FA significativement supérieures à la norme après l'entraînement. Les FA dans la condition avec alternance ne passent en dessous de la norme après entraînement chez aucun enfant.

La comparaison des FA entre pré- et post-test a été réalisée avec le calcul du z de Mellenbergh et van der Brink (1998), possible car le nombre d'essais dans chaque condition dépasse 40. Les valeurs reportées dans le Tableau 4 montrent que, pour les enfants avec entraînement musical, le nombre de FA diminue significativement après l'entraînement pour l'un des cas (M2) aussi bien pour la condition sans alternance qu'avec alternance, et l'autre cas (M1) progresse aussi dans les deux conditions mais de façon significative seulement en condition avec alternance. Pour les enfants entraînés avec les livres audio, l'un (P2) voit ses FA diminuer significativement après l'entraînement, mais il faut noter que seule la moitié des données a pu être prise en compte car il n'a donné aucune réponse à la première partie de l'épreuve (la moitié des items en condition sans alternance) après l'entraînement : ses progrès sont donc à relativiser car il ne se concentre pas sur l'ensemble de l'épreuve. L'autre cas (P1) entraîné avec les livres audio n'a progressé ni en condition avec ni en condition sans alternance.

**Tableau 4: Résultats des analyses statistiques de l'épreuve de go/nogo en modalité visuelle avec le t de Crawford et Howell (1998) et la probabilité associée comparant le score de fausses alarmes (FA) de chaque cas à celui du groupe contrôle en pré- et post-entraînement (un t positif indique plus de FA chez le cas que chez les contrôles), et évaluation de l'évolution du score de FA pour chaque cas entre les étapes pré- et post-entraînement à partir du z de Mellenbergh et van der Brink (1998). Les astérisques \* indiquent les p significatifs. ^ signifie que seule une partie des réponses a pu être prise en compte**

		Condition sans alternance		Condition avec alternance	
		Pré-entraînement	Post-entraînement	Pré-entraînement	Post-entraînement
<b>Entraînement musical</b>					
M1	FA par rapport aux contrôles	$t = 3,05 ; p < .005^*$	$t = -1,69 ; p < .05^*$	$t = 14,03 ; p < .0001^*$	$t = 2,70 ; p < .013^*$
	FA entre pré- et post-test	$z = 1,09 ; p = n.s.$		$z = 2,61 ; p < .05^*$	
M2	FA par rapport aux contrôles	$t = 4,77 ; p < .0003^*$	$t = -2,98 ; p < .005^*$	$t = 10,25 ; p < .0001^*$	$t = 2,70 ; p < .013^*$
	FA entre pré- et post-test	$z = 1,79 ; p < .05^*$		$z = 1,74 ; p < .05^*$	
<b>Entraînement audiobooks</b>					
P1	FA par rapport aux contrôles	$t = 9,07 ; p < .0001^*$	$t = 3,48 ; p < .0025^*$	$t = 11,01 ; p < .0001^*$	$t = 4,97 ; p < .0003^*$
	FA entre pré- et post-test	$z = 1,29 ; p = n.s.$		$z = 1,39 ; p = n.s.$	
P2 ^	FA par rapport aux contrôles	$t = 9,21 ; p < .0001^*$	$t = 6,22 ; p < .0001^*$	$t = 23,20 ; p < .0001^*$	$t = 12,93 ; p < .0001^*$
	FA entre pré- et post-test	$z = 1,69 ; p < .05^*$		$z = 2,27 ; p < .05^*$	

Enfin, l'expérience propose deux types de conditions où il faut répondre (Go) lors d'une alternance. La condition avec amorçage négatif permet de savoir si le participant est particulièrement en difficulté lorsqu'il doit alterner et que cela requiert un mécanisme de levée d'inhibition (car dans l'item précédent un distracteur rendait nécessaire de

---

fortement inhiber le traitement qui est requis pour l'item après alternance), et la condition avec Cross-Talk permet de savoir s'il est en difficulté lorsque l'alternance demande d'inhiber particulièrement fort le distracteur présent. Nous avons évalué si chaque cas devient moins perturbé par de fortes demandes imposées à l'un ou l'autre mécanisme après l'entraînement.

La diminution des réponses fausses entre pré- et post-test dans la condition avec amorçage négatif (témoignant d'un progrès en levée d'inhibition) n'est observée que chez l'un des enfants entraîné avec audiobook (P2),  $z = 1,71$  ;  $p < .05$ . L'autre enfant de ce groupe régresse de ce point de vue,  $z = -2,15$  ;  $p = \text{n.s.}$ , et les taux d'erreurs des deux enfants entraînés avec la musique ne changent pas significativement, respectivement  $z = 0,70$  ;  $p = \text{n.s.}$ , et  $z = 0,50$  ;  $p = \text{n.s.}$ . L'entraînement musical n'a donc pas d'impact sur la capacité à échapper à une inhibition qui vient d'être appliquée (la levée d'inhibition n'était pas une opération entraînée par les jeux).

Pour la compétence plus directement entraînée par les exercices musicaux (l'inhibition) on observe au contraire qu'en condition Cross-Talk l'un des enfants entraîné musicalement (M2) est moins en difficulté après l'entraînement lorsqu'il doit inhiber une information visuelle non pertinente lors d'une alternance entre tâches,  $z = 3,57$  ;  $p < .05$ , et l'autre enfant (M1) progresse aussi mais de façon non significative. Les deux enfants entraînés avec les livres audio sont autant, voire plus (mais non significativement) perturbés par la nécessité d'inhiber au moment d'une alternance après l'entraînement qu'avant, et ne font donc pas de progrès en inhibition de distracteur dans cette épreuve.

En bref, l'entraînement musical semble avoir un effet spécifique sur l'inhibition : il n'aide pas à mieux lever une inhibition qui vient d'être appliquée, ce qui est sans doute assez positif en termes de maintien de l'inhibition. En revanche, l'entraînement musical (mais pas l'entraînement parole) réduit la distractibilité car il permet de mieux inhiber le distracteur.

## **1.2. Expérience de maintien d'attention**

Dans l'épreuve de vigilance, le taux d'omissions reflète les difficultés d'attention soutenue (Berwid et al., 2005). Les enfants contrôles du même âge ne font pratiquement pas d'erreurs : sur 23 enfants, on note seulement 3 erreurs, toutes commises par un seul participant. Les FA correspondent aux items no go (en majorité dans cette épreuve) pour lesquels l'enfant a appuyé sur la touche de réponse.

Dans cette épreuve, comme on le lit dans le Tableau 5, M1 fait très peu d'erreurs (7,5% d'oublis) et n'a donc pas vraiment de problème de maintien de l'attention. Sa réussite, comme ses temps de réponse restent stables entre les étapes pré- et post-entraînement. M2 est en revanche en difficulté dans cette épreuve avec 38,75% d'oublis en pré-test, ce qui traduit un problème majeur d'attention soutenue. L'entraînement musical ne lui permet pas de progresser dans ce domaine, car ses oublis restent stables après l'entraînement, de même que ses temps de réponse.

**Tableau 5: Résultats des analyses statistiques de l'épreuve de vigilance. Les astérisques signalent les différences significatives entre pré- et post-tests. Aug = augmentation des erreurs entre pré-et post-tests.**

Entraînement	Enfant	Fausses alarmes			Omissions		
		Pré-test (%)	Post-test (%)	Score <i>p</i>	Pré-test (%)	Post-test (%)	Score <i>p</i>
musical	M1	11,5	14,5	.104	7,5	5	.258
	M2	14	18,25	.051	38,75	40	.436
audiobooks	P1	85	10,75	<.0001*	85	63,75	<.0001*
	P2	5,5	25,75	<.0001*(aug)	22,5	50	<.0001*(aug)

Parmi les enfants du groupe parole, P1 est en grande difficulté dans cette épreuve, mais il est particulièrement jeune. Ses réponses suggèrent qu'il n'a pas respecté la consigne lors de la passation avant l'entraînement : il fait 85% d'oublis, mais aussi 85% de FA, avec des réponses globalement très rapides (moyenne = 672 ms) qui traduisent son impulsivité. Après l'entraînement, il semble mieux se concentrer sur la tâche, ses FA diminuent nettement (10%) et ses oublis chutent (64%), même si ce progrès s'est fait au prix d'un important ralentissement des réponses (moyenne = 1043 ms). Lors de cette 2<sup>ème</sup> passation, son attitude générale a changé, il est plus concentré, prend le temps de répondre, et se trompe moins. Ses progrès entre pré- et post-test sont significatifs pour les FA et les omissions.

P2 présente une légère difficulté d'attention soutenue lors de la première passation, avec 22,5% d'oublis, mais sa vitesse est conforme à celle des enfants de son âge. En revanche ses performances sont significativement moins bonnes après l'entraînement, ses FA passent de 5,5 à 25,75%, et ses oublis passent de 22,5 à 50%, tout cela accompagné d'un net ralentissement : il passe d'une moyenne de 886 ms à 1297 ms. L'entraînement ne l'a pas aidé à développer ses capacités générales d'attention soutenue. On peut supposer qu'il fait moins d'efforts à cause du caractère répétitif de la tâche et du faible intérêt qu'il lui porte.

En bref, les 2 types d'entraînement n'ont pas eu d'effet positif notable sur cette composante de l'attention. Un enfant présente tout de même un changement entre les 2 étapes : P1 présentait une difficulté extrême à se concentrer lors de la première passation, mais après l'entraînement avec les livres audio, il présente une attitude plus adaptée. Son impulsivité diminue, puisqu'il répond moins vite et sa quantité d'erreurs est plus raisonnable.

### 1.3. Expérience de stabilité de l'attention (Stabilo)

Pour cette épreuve, nous avons analysé le « pourcentage attentionnel » et le score de bonnes réponses. Le pourcentage attentionnel est un chiffre qui tient compte de la vitesse des réponses, de la variabilité des temps de réponses et du nombre d'erreurs. Il est calculé à partir du nombre de séries de 5 bonnes réponses consécutives en dessous de 3 secondes. Puis on diminue ce seuil, et on garde à chaque fois le nombre de séries de 5 bonnes réponses consécutives. Un pourcentage élevé reflète des réponses à la fois régulières, rapides et correctes.

Pour évaluer l'amélioration entre pré- et post-test nous avons transformé la différence entre les pourcentages en score z pour rechercher dans la table de la loi Normale la

probabilité que ce score soit équivalent entre les deux étapes. Pour évaluer l'amélioration des bonnes réponses, nous avons appliqué la formule de Mellenberg et Van den Brink (1998) afin d'obtenir la valeur  $z$  de cette différence. Cette formule peut ici être appliquée car il y a plus de 40 items par condition. Les valeurs sont reportées dans le Tableau 6.

L'analyse des résultats fait avant tout apparaître qu'un seul des 4 enfants a progressé significativement entre les étapes pré- et post-tests pour les 4 mesures, c'est-à-dire pour le pourcentage de stabilité et le score de réponses exactes dans les 2 tâches (STCC et STAC). Il s'agit d'un des enfants ayant suivi l'entraînement musical (M1, voir Tableau IV). L'autre enfant placé dans les mêmes conditions (M2) a également progressé, mais de façon significative uniquement en pourcentage de stabilité pour l'épreuve STCC et seulement en score de bonnes réponses pour l'épreuve STAC. Dans l'ensemble, on note donc des progrès tangibles chez les 2 enfants après l'entraînement musical.

Concernant le groupe entraîné avec les livres audio, l'un des enfants (P1) est encore plus en difficulté en post-test qu'en pré-test. Les progrès observés dans le groupe musique sont donc difficilement explicables par un simple effet de test/re-test, puisqu'il y a très peu de progrès en re-test chez l'un des enfants ayant suivi l'autre entraînement. Ses performances sont extrêmement basses en pré-test (voir Tableau 6), mais en post-test on ne constate qu'une faible amélioration (significative seulement pour la tâche STCC et ceci seulement pour le pourcentage de stabilité), la tâche STAC n'ayant même pas pu être menée à bien en post-test (l'épreuve a dû être arrêtée devant le découragement de P1, en échec total). En revanche, les progrès enregistrés pour P2, qui a suivi l'entraînement non-musical, suggèrent que celui-ci lui a été plus profitable qu'à P1, peut-être en lien avec sa plus grande maturité (il a 2 ans de plus que P1).

**Tableau 6: Résultats des analyses statistiques sur les épreuves du Stabilo. Les astérisques désignent les différences significatives**

**STCC : épreuve pour laquelle l'enfant doit repérer la condition couleur**

**STAC : épreuve pour laquelle l'enfant doit repérer la condition « lettre similaire »**

	Tâche	% de stabilité attentionnelle (% élevé = attention stable)		Valeur $p$ pour comparaison pré- / post-test	Scores de bonnes réponses (sur 100)		Valeur $z$ pour comparaison pré- / post-test
		PRE-TEST	POST-TEST		PRE-TEST	POST-TEST	
M1	STCC	48	70	<.0001*	94	99	1,92*
	STAC	12	27	.005*	72	90	3,77*
M2	STCC	21	48	.0001*	82	89	1,40
	STAC	8	14	.087	66	77	1,72*
P2	STCC	24	46	.0001*	84	92	1,74*
	STAC	2	13	.001*	66	75	1,40
P1	STCC	3	13	.005*	69	70	0,75
	STAC	2			48		

#### 1.4. Expériences d'orientation spatiale : auditive et visuelle

Pour cette épreuve, les résultats sont présentés enfant par enfant, en séparant les modalités visuelle et auditive. Nous avons analysé les temps de réponses (TR) (en ms) pour les décisions correctes et les pourcentages d'erreurs, pour les trois conditions (valide, neutre, non-valide), et ce en les comparant entre pré- et post-test et par rapport au groupe contrôle.

## M1

- **Orientation vers des stimuli auditifs (épreuve Audioner)**

M1 est plus lent et commet plus d'erreurs que les enfants de son âge dans l'ensemble de l'épreuve. Entre les phases pré- et post-test, il ne s'améliore ni en vitesse, ni en exactitude (voir Figure 3). Pour les pourcentages d'erreurs, on remarque cependant un changement qualitatif intéressant entre les deux phases. Les enfants contrôles présentent un coût important en cas d'indication non-valide. Avant l'entraînement, les taux d'erreurs de M1 sont à cet égard atypiques, car il ne fait pas plus d'erreurs en condition non-valide qu'en condition valide, ce qui peut traduire l'absence d'inhibition qui se produit normalement dans la partie opposée de l'espace (ici, l'oreille opposée) à celle dans laquelle l'attention a été attirée. Ce déficit d'inhibition se réduit après l'entraînement, car la configuration des résultats devient alors plus classique : il fait plus d'erreurs en condition non-valide qu'en condition valide. Il semble réaliser maintenant une inhibition des stimuli entendus dans l'oreille opposée à celle sur laquelle son attention s'est dirigée, ce qui est un progrès.

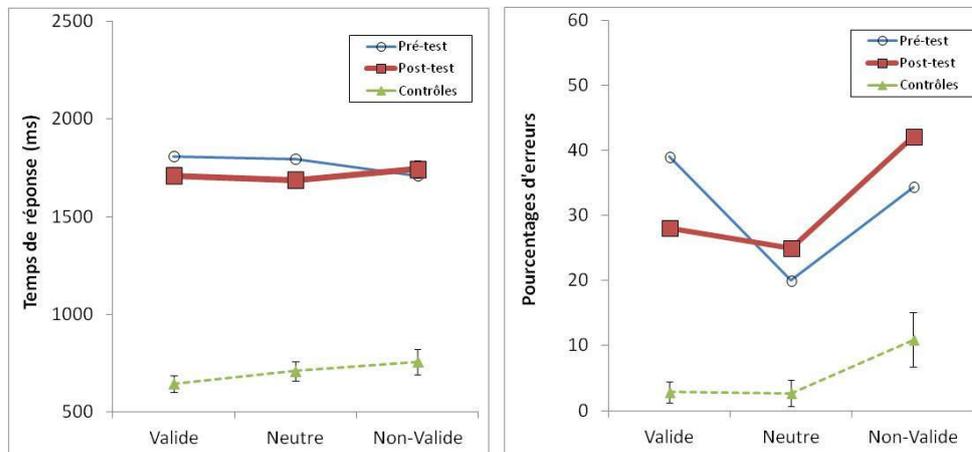


Figure 3 : temps de réponses (panel de gauche) et pourcentages d'erreurs (panel de droite) de M1 à l'épreuve Audioner, en pré- et post-test, dans les trois conditions (valide, neutre, non-valide). Les barres d'erreur représentent l'intervalle de confiance

- **Expérience d'orientation vers des stimuli visuels (Posner visuel)**

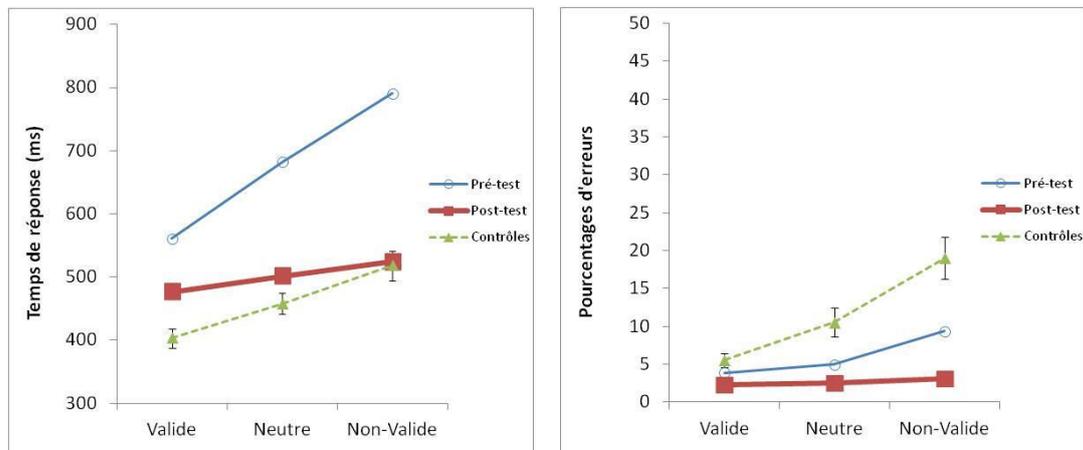


Figure 4 : temps de réponses (panel de gauche) et pourcentages d'erreurs (panel de droite) de M1 à l'épreuve Posner visuel, en pré- et post-test, dans les trois conditions (valide, neutre, non-valide). Les barres d'erreur représentent l'intervalle de confiance à 9

M1 est globalement performant dans cette épreuve. Il fait un peu moins d'erreurs que les enfants contrôles, avant comme après l'entraînement (voir Figure 4). Avant l'entraînement, il est plus lent que les contrôles mais ses TR s'accroissent nettement après l'entraînement, pour s'approcher de ceux des enfants contrôles. M1 progresse donc en post-test, mais sur des aspects différents : en vitesse en modalité visuelle et en inhibition (il devient plus conforme à la norme) en modalité auditive.

## M2

- **Orientation vers des stimuli auditifs (épreuve Audioner)**

M2 était plus lent que les enfants de son âge avant l'entraînement, mais ses réponses deviennent aussi rapides que celles des contrôles après l'entraînement. Cependant, il ne s'agit pas d'un véritable progrès, car cela se fait au prix d'une moins bonne exactitude (voir Figure 5). De plus, alors qu'il faisait davantage d'erreurs en condition non-valide qu'en condition valide et neutre avant l'entraînement, conformément à la configuration de résultats classiques, il présente une diminution sélective des erreurs en condition non-valide après l'entraînement, ce qui peut traduire la disparition de l'inhibition qu'il devrait porter sur l'oreille opposée à celle qu'il sélectionne. L'entraînement l'aide à répondre plus vite, mais ne l'incite pas à déployer ce type d'inhibition spatiale en audition.

Il ne s'améliore donc pas en inhibition non volontaire de stimuli auditifs et en impulsivité.

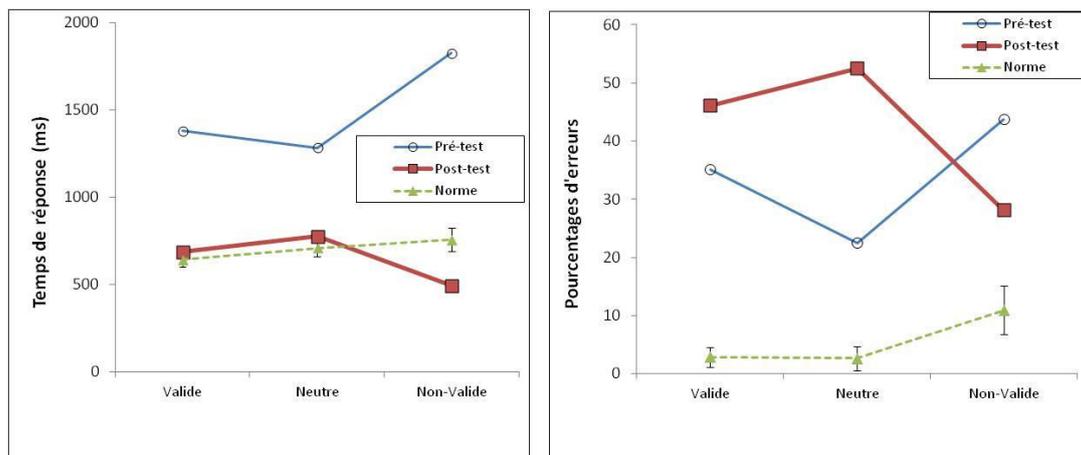
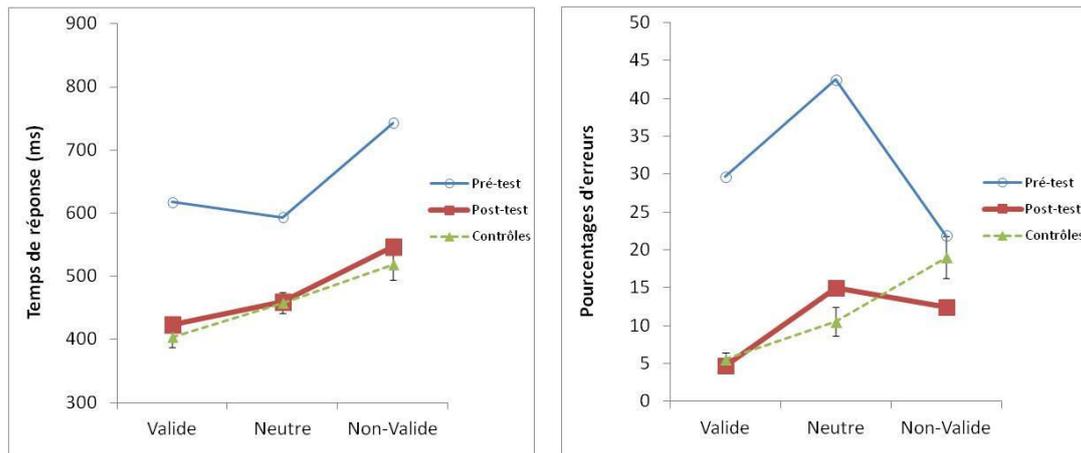


Figure 5: temps de réponses (panel de gauche) et pourcentages d'erreurs (panel de droite) de M2 à l'épreuve Audioner, en pré- et post-test, dans les trois conditions (valide, neutre, non-valide). Les barres d'erreur représentent l'intervalle de confiance à 95%.

- **Expérience d'orientation vers des stimuli visuels (Posner visuel)**

Avant l'entraînement, M2 est globalement plus lent que les contrôles et commet plus d'erreurs. Il fait des progrès sur ces 2 aspects des performances après l'entraînement, et ses erreurs, notamment, sont alors comparables à celles des contrôles. La configuration de ses résultats, atypiques avant l'entraînement, devient plus conforme à la norme après celui-ci, avec notamment davantage d'erreurs en condition non-valide qu'en condition valide, ce qui témoigne de la réalisation d'une inhibition concomitante (voir Figure 6).

M2 progresse donc en post-test, en vitesse dans les deux modalités. De plus, en modalité visuelle, la configuration de ses résultats devient plus conforme à la norme (indice de réalisation d'une inhibition concomitante), surtout pour les TR.



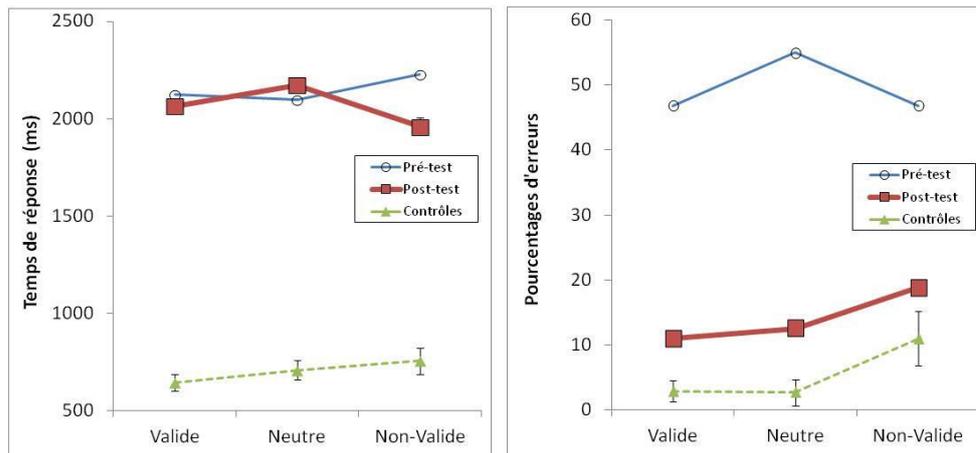
**Figure 6: temps de réponses (panel de gauche) et pourcentages d'erreurs (panel de droite) de M2 à l'épreuve Posner visuel, en pré- et post-test, dans les trois conditions (valide, neutre, non-valide). Les barres d'erreur représentent l'intervalle de confiance à 95%.**

En bref, les deux enfants ayant été entraînés par la musique (M1 et M2) progressent tous les deux de manière générale sur l'ensemble de l'épreuve d'orientation endogène en vision, mais pas en audition. De plus, ils progressent aussi en réalisant après l'entraînement une inhibition de la partie opposée de l'espace à celle où leur attention s'engage (résultats plus conformes à la norme en condition non-valide). Cependant, sur ce plan, les progrès ne se font pas uniformément dans les deux modalités. M1 améliore son inhibition lors de traitements auditifs, et M2 l'améliore lors de traitements visuels. Si l'attention s'est globalement améliorée, les enfants ne bénéficient pas de cette amélioration de la même manière. Cela suggère une certaine indépendance des mécanismes d'inhibition déployés dans ces deux modalités.

## P1

- **Orientation vers des stimuli auditifs (épreuve Audioner)**

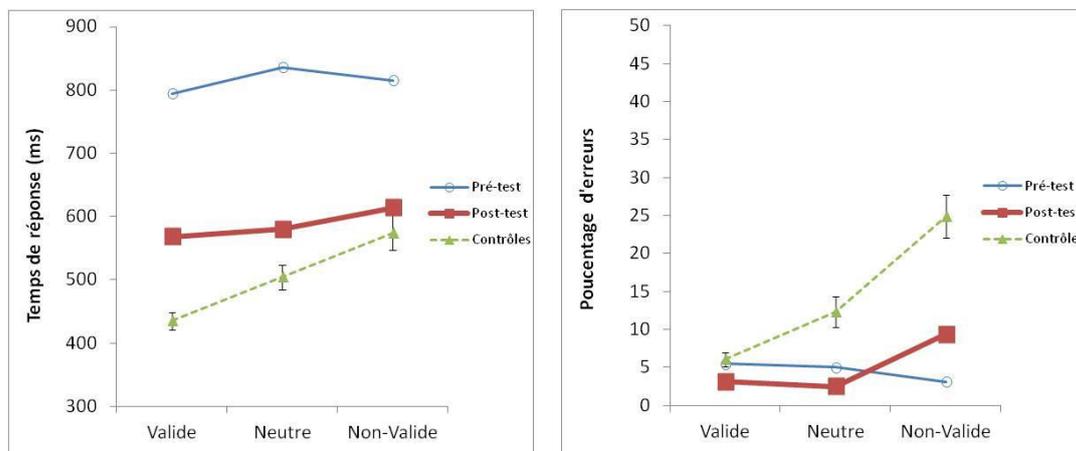
P1 progresse nettement entre les deux étapes. Ses TR ne varient pas, mais ses pourcentages d'erreurs diminuent nettement : il passe de réponses proches du hasard (autour de 50% de bonnes réponses), à 14% d'erreurs seulement (voir Figure 7). De plus, la configuration de ses erreurs en fonction des conditions devient conforme à la norme, avec notamment une inhibition concomitante qui se produit sur l'oreille non indiquée.



**Figure 7: temps de réponses (panel de gauche) et pourcentages d'erreurs (panel de droite) de P1 à l'épreuve Audioner, en pré- et post-test, dans les trois conditions (valide, neutre, non-valide). Les barres d'erreur représentent l'intervalle de confiance à 95%.**

- **Expérience d'orientation vers des stimuli visuels (Posner visuel)**

Les réponses de P1 gagnent en rapidité entre les 2 étapes. Ses erreurs sont rares et l'absence d'indice d'inhibition concomitante avant l'entraînement fait place à l'émergence d'un coût dû à l'indication non-valide témoignant d'une inhibition automatique de l'hémi-champ non pertinent, après l'entraînement (voir Figure 8).



**Figure 8: temps de réponses (panel de gauche) et pourcentages d'erreurs (panel de droite) de P1 à l'épreuve Posner visuel, en pré- et post-test, dans les trois conditions (valide, neutre, non-valide). Les barres d'erreur représentent l'intervalle de confiance à 95%.**

P1 progresse entre les deux étapes pour ce qui est de l'inhibition concomitante de la partie de l'espace non indicé, ceci dans les deux modalités. De plus, en modalité visuelle, ses réponses deviennent beaucoup plus rapides pour un pourcentage d'erreurs qui reste très faible.

## P2

- **Orientation vers des stimuli auditifs (épreuve Audioner)**

P2 ne devient pas globalement plus performant dans cette épreuve après l'entraînement, mais il adopte une attitude plus adaptée : ses réponses se font plus lentes, ce qui lui

permet d'être plus exact (voir Figure 9). En ce sens, il fait des progrès. Aucun changement majeur ne se produit concernant l'inhibition.

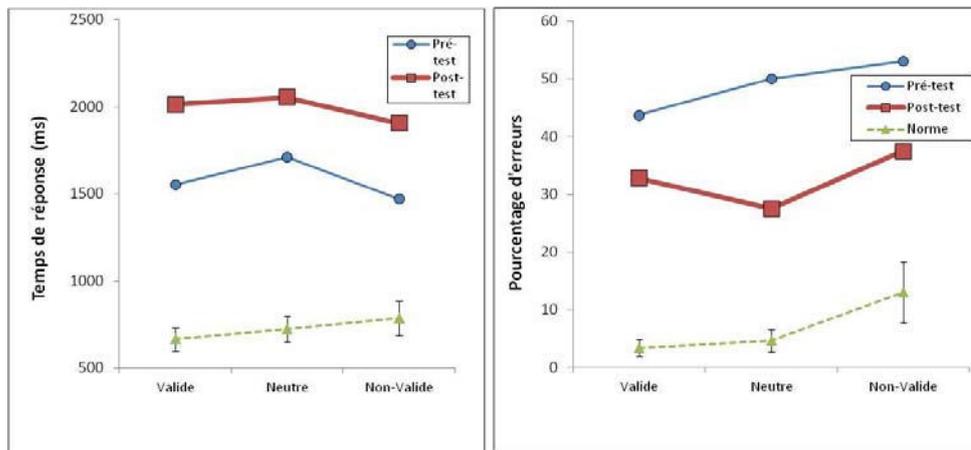


Figure 9: temps de réponses (panel de gauche) et pourcentages d'erreurs (panel de droite) de P2 à l'épreuve Audioner, en pré- et post-test, dans les trois conditions (valide, neutre, non-valide). Les barres d'erreur représentent l'intervalle de confiance à 95%.

- **Expérience d'orientation vers des stimuli visuels (Posner visuel)**

P2 ne fait pas de véritable progrès dans cette épreuve car s'il devient plus rapide, cela se fait au prix d'une augmentation des erreurs (voir Figure 10), ce qui traduit une persistance de son impulsivité. Le changement d'attitude, positif, de P2 dans l'épreuve auditive ne s'étend donc pas à l'épreuve visuelle.

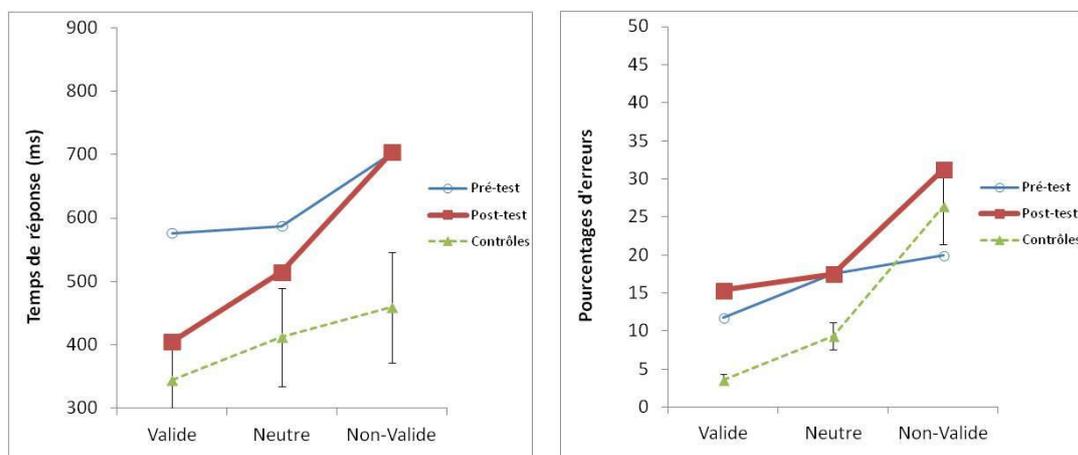


Figure 10: temps de réponses (panel de gauche) et pourcentages d'erreurs (panel de droite) de P2 à l'épreuve Posner visuel, en pré- et post-test, dans les trois conditions (valide, neutre, non-valide). Les barres d'erreur représentent l'intervalle de confiance à 95%.

### 1.5. Expériences de segmentation syllabique (Syllacut)

Nous avons choisi pour cette épreuve de comptabiliser le nombre d'items pour lesquels la réponse de l'enfant, lorsqu'il désigne la 1<sup>ère</sup> syllabe puis la 2<sup>ème</sup> syllabe, ne permet pas de dégager une frontière unique : c'est le score d'incohérences.

Pour savoir si la différence du nombre d'incohérences entre pré et post-test était significative, nous avons appliqué la formule de Mellenberg et Van den Brink (1998), pour calculer une valeur z, utilisable en l'absence d'un groupe contrôle et lorsqu'il y a au moins 40 items. Les valeurs ont été reportées dans le Tableau 7.

**Tableau 7: Résultats des analyses statistiques de l'épreuve syllacut. Les astérisques signalent les différences significatives entre pré- et post-tests. Aug = augmentation des erreurs entre pré-et post-tests.**

		Scores d'incohérences pour situer la frontière syllabique (sur 64)		Valeur z pour la comparaison entre pré- et post-test.
		Pré-test	Post-test	
M1	Ecrit	36	21	2,668*
	Oral	15	10	1,115
M2	Ecrit	26	22	0,73
	Oral	15	5	2,43*
P2	Ecrit	14	8	1,4057
	Oral	55	29	4,83*
P1	Ecrit	9	17	1,75* (aug)
	Oral	2	2	0

Les deux enfants ayant suivi l'entraînement musical produisent significativement moins d'incohérences en post-test qu'en pré-test, ceci dans la version écrite pour M1 et dans la version orale pour M2 (voir Tableau 7). Pour ce qui est des enfants ayant bénéficié de l'autre entraînement, l'un des deux a lui aussi progressé (P2 est meilleur en post test dans l'épreuve orale), mais l'autre (P1) ne fait aucun progrès et réalise même de moins bonnes performances en post-test dans la version écrite qu'en pré-test.

## 1.6. Epreuves extraites de la BALE

Pour ces épreuves, nous nous sommes servies de l'étalonnage existant, permettant de situer les enfants selon leur classe scolaire, en considérant le centile 10 comme le seuil de la pathologie. La moyenne des enfants se situe au centile 50, elle est représentée par une ligne dans les graphiques ci-dessous. Nous avons choisi de présenter les résultats enfant par enfant, en déclinant pour chacun les différents sous-tests.

### 1.6.1. Résultats de M1

M1 progresse surtout au sous-test de segmentation phonémique, entre pré- et post-test. Alors qu'il était au centile 5, il passe au centile 95 en post-test. Les résultats aux autres épreuves, très échouées, ne s'améliorent pas après l'entraînement (voir Figure 11).

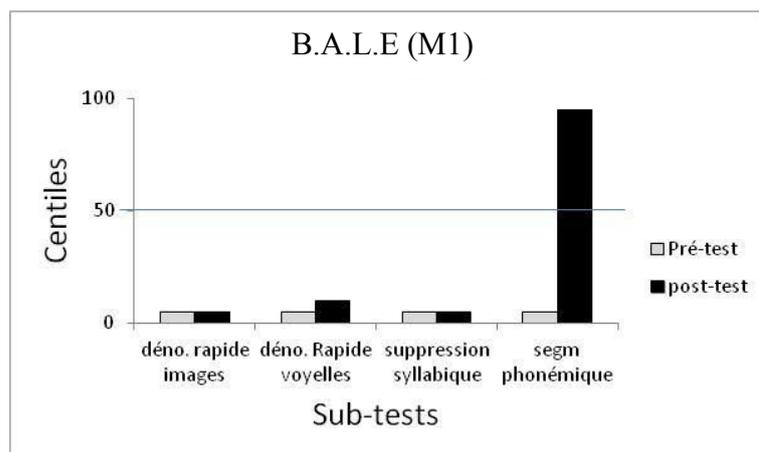


Figure 11: Résultats de M1 aux différents sous-tests de la BALE, en pré- et post-test. La ligne bleue indique le centile 50 correspondant à la médiane pour la population de la même classe scolaire.

### 1.6.2. Résultats de M2

Les résultats de M2 sont très bons après l'entraînement (voir Figure 12). On note surtout une grande amélioration dans les sous-tests de suppression syllabique et de segmentation phonémique. En effet, alors qu'à ces deux sous-tests il avait des scores inférieurs au centile 05 lors du pré-test, il obtient des scores autour du centile 50 en post-test. De même, ses scores aux épreuves de dénomination rapide s'améliorent entre les deux étapes.

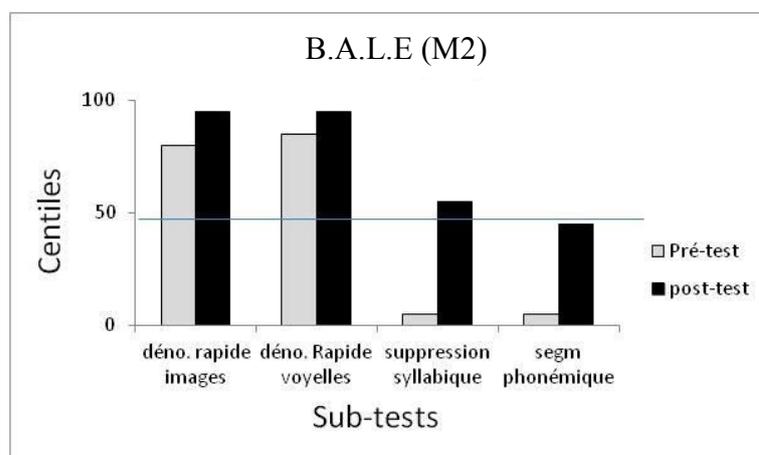


Figure 12: Résultats de M2 aux différents sous-tests de la BALE, en pré- et post-test

Pour les deux enfants ayant suivi l'entraînement musical, les résultats aux épreuves de la BALE vont donc dans le sens d'une amélioration des compétences langagières entre pré- et post-test, dans une moindre mesure pour M1 que pour M2.

### 1.6.3. Résultats de P1

P1 ne s'améliore que faiblement entre pré- et post-test pour les épreuves de dénomination rapide d'images, de suppression syllabique et de segmentation phonémique (voir Figure 13). Et cette amélioration ne permet pas d'atteindre le centile 50. Il obtient le même score en pré- et post-test pour l'épreuve de dénomination rapide de voyelles.

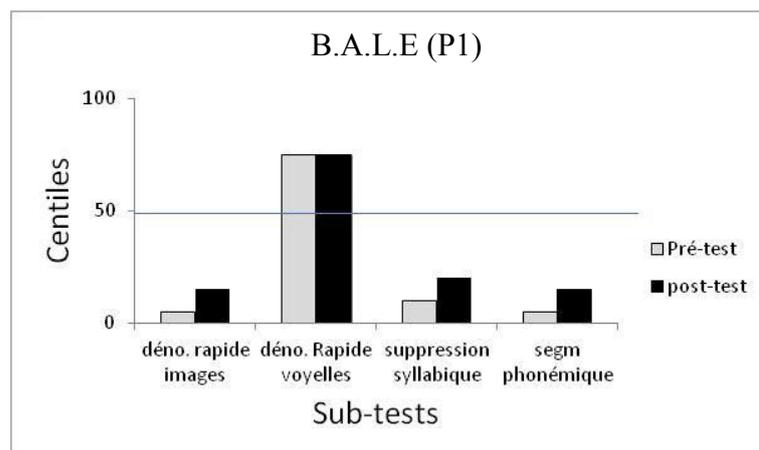


Figure 13: Résultats de P1 aux différents sous-tests de la BALE, en pré- et post-test

#### 1.6.4. Résultats de P2

Après l'entraînement non musical, P2 n'obtient aucune augmentation de ses performances aux tâches de la BALE. Ses résultats en post-test sont même moins bons pour 3 épreuves (dénomination rapide d'images et de voyelles et suppression syllabique) sur 4 (voir Figure 14).

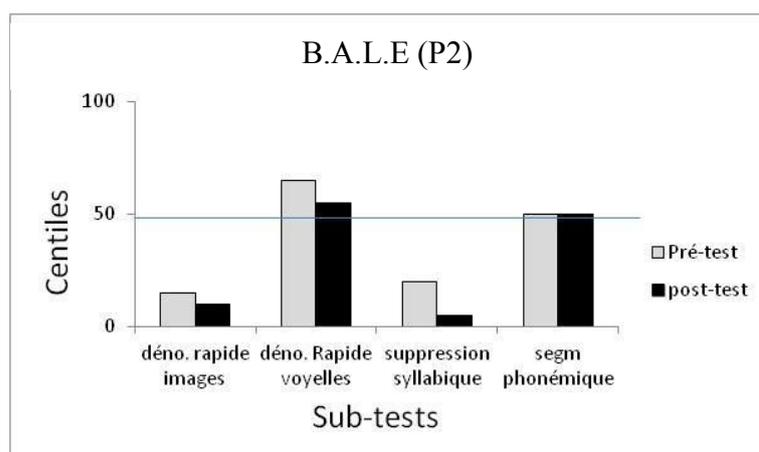


Figure 14: Résultats de P2 aux différents sous-tests de la BALE, en pré- et post-test

La différence entre les deux entraînements est importante à ces épreuves. Alors que M1 et M2 (entraînement musique) voient globalement leurs performances s'améliorer entre pré- et post-test aux épreuves langagières, celle de P1 et P2 ne sont que faiblement améliorées et régressent même parfois.

## IV. Résultats aux grilles d'observation

A ces données quantitatives nous avons voulu ajouter une analyse qualitative des effets de l'entraînement musical. Des grilles ont été fournies aux parents (cf. Annexe X) pour qu'ils nous informent, avec leur enfant, de la manière dont s'est déroulé l'entraînement et de ce qu'ils ont pu en tirer. Les grilles ont été constituées de manière à ce que l'enfant et les parents puissent s'exprimer sur le vécu de l'entraînement, avec des questions à choix multiples, des questions ouvertes, et des espaces disponibles pour les

commentaires. Les parents avaient pour consigne de laisser le plus possible l'enfant s'exprimer dans la partie le concernant, et de leur venir éventuellement en aide dans le cas où l'écriture ou la compréhension auraient posé problème, et à leur tour de répondre le plus franchement possible pour que l'on puisse éventuellement améliorer l'essence et les modalités de l'entraînement dans le futur.

## 1. Déroulement de l'entraînement

### 1.1. M1

**Tableau 8: Résultats de la grille d'observation lors de l'entraînement de M1**

	ENFANT	PARENTS
<i>les séances de jeu</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- M1 a aimé le jeu : 10/10</li> <li>- et a trouvé cela : détendant</li> <li>- il aimerait bien : continuer</li> <li>- les séances, en fréquence et en longueur étaient : juste bien</li> <li>- les 5 activités ont été appréciées</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- après les séances, l'enfant était : calme et content</li> <li>-« [M1] était content de faire les jeux avec [nous] »</li> </ul>
<i>l'écoute quotidienne</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- M1 a aimé l'activité : 8/10</li> <li>- et a trouvé cela : amusant</li> <li>- il aimerait bien : continuer</li> <li>- chaque jour l'activité était : trop longue</li> <li>- en fréquence l'activité était : juste bien</li> <li>- sur la musique il a aimé : danser</li> <li>- il aimait bien faire l'activité : avec les parents et la sœur</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- pour l'activité, l'enfant était : enthousiaste</li> <li>- les parents ont fait l'activité avec l'enfant, et y ont pris du plaisir</li> <li>- « 15 minutes, c'était trop long pour lui »</li> </ul>
<i>l'entraînement en général</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- M1 a aimé suivre cet entraînement : 10/10</li> <li>- La période d'entraînement (6 semaines) était : trop longue</li> <li>- l'entraînement a demandé trop de travail</li> <li>- globalement c'était : détendant</li> <li>- parfois c'était : fatigant (les jours d'école, après l'école)</li> <li>- il a préféré : faire le jeu</li> <li>- il aimerait bien : continuer</li> <li>- « 15 minutes, c'était trop long, [il aurait] préféré 10 minutes »</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- l'investissement demandé était : léger</li> <li>- la durée de l'entraînement était : normale</li> <li>- « M1 préférerait les jeux »</li> </ul>

## 1.2. M2

**Tableau 9: Résultats de la grille d'observations lors de l'entraînement de M2**

	ENFANT	PARENTS
<i>les séances de jeu</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- M2 a aimé le jeu : 10/10</li> <li>- et a trouvé cela : amusant et facile</li> <li>- mais c'était : fatigant</li> <li>- il aimerait bien : continuer</li> <li>- les séances, en longueur étaient : trop courtes</li> <li>- en fréquence, elles étaient : juste bien</li> <li>- il a aimé moyennement : le repérage de cible et les riffs, et a bien aimé les rythmes, la polyphonie et le brouhaha</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- « il a apprécié les séances avec Clémence et Aude »</li> <li>- après le jeu, l'enfant était : fatigué et plus agité</li> </ul>
<i>l'écoute quotidienne</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- M2 n'a pas aimé l'activité</li> <li>- il a trouvé cela ennuyeux et agaçant</li> <li>- il n'aimerait pas continuer</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- « M2 était enthousiaste au début mais plus après »</li> <li>- « souvent il évitait et se sentait un peu obligé »</li> <li>- l'enfant était : volontaire et peu investi</li> <li>- après l'activité, l'enfant était : content, excité et moins agité</li> </ul>
<i>l'entraînement en général</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- M2 a bien aimé faire l'entraînement</li> <li>- la période d'entraînement était : trop courte</li> <li>- l'entraînement lui a demandé du travail : un peu</li> <li>- globalement c'était : amusant, détendant et facile</li> <li>- parfois c'était : fatigant</li> <li>- il a préféré : le jeu</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- la durée de l'entraînement était normale / courte</li> <li>- l'investissement était : très lourd, cela concerne l'écoute quotidienne</li> </ul>

---

## 2. Observations après l'entraînement

### 2.1. M1

**Tableau 10: Résultats qualitatifs après entraînement de M1**

ENFANT	PARENTS
<ul style="list-style-type: none"><li>- il écoute autant de musique</li><li>- le plus souvent le soir</li><li>- quand il écoute de la musique, il danse</li><li>- quand il a écouté de la musique, il a : envie de dormir</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>- l'enfant écoute autant de musique</li><li>- réagit différemment : « il danse beaucoup »</li><li>- pas d'évolution notable sur le plan du comportement et du travail scolaire, mais M1 semble plus canalisable, notamment en séances de psychomotricité.</li></ul>

### 2.2. M2

**Tableau 11: Résultats qualitatifs après entraînement de M2**

ENFANT	PARENT
<ul style="list-style-type: none"><li>- il écoute autant de musique</li><li>- ne fait rien de plus qu'avant (écoute passive)</li><li>- après avoir écouté de la musique, M2 a : plus besoin de bouger</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>- l'enfant écoute autant de musique</li><li>- il ne réagit pas différemment à l'écoute de musique</li><li>- pas d'évolution notable sur le plan du comportement</li><li>- Il y a eu une évolution sur le plan du travail scolaire</li></ul>

---

**Chapitre V**  
**DISCUSSION DES RESULTATS**

---

---

## **I. Discussion des résultats**

Cette recherche avait pour objectif d'évaluer les effets que peuvent avoir un entraînement musical sur les fonctions attentionnelles. Nous avons sélectionné pour cela 4 enfants ayant un trouble attentionnel auxquels nous avons fait passer un ensemble de tests. Ceux-ci évaluaient différentes composantes de l'attention, par ailleurs, nous leur avons également soumis des épreuves linguistiques impliquant la manipulation intentionnelle d'unités phonologiques (et donc l'attention). Nous avons conçu un ensemble d'activités basées sur la musique et entraînant particulièrement l'attention et ses sous-composantes. Un protocole de rééducation a été effectué avec deux enfants inclus dans un groupe entraîné avec ces activités musicales, et deux enfants suivant un autre entraînement, non-musical. L'impact des deux entraînements a été évalué (et ceux-ci ont été comparés) à travers l'évolution des performances dans l'ensemble des épreuves attentionnelles entre les étapes pré- et post-test. Nous verrons dans un premier temps comment nous avons pu objectiver le trouble attentionnel chez les patients à travers les pré-tests, puis nous discuterons dans quel mesure l'entraînement musical a pu être bénéfique, et ce par rapport à l'entraînement parole.

### **1. Peut-on démontrer un déficit attentionnel chez nos participants ?**

Nous faisons état dans cette partie de la situation de départ des participants à l'étude, afin de pouvoir mieux analyser les évolutions de chacun par la suite. Nous nous basons pour cela sur les scores obtenus en pré-test, par rapport à la norme si elle a été établie.

#### **1.1. Fonctions exécutives – inhibition volontaire**

Tous les enfants de l'étude présentent un taux de fausses alarmes (FA) anormalement élevé en pré-test, et sont donc impulsifs. Chez trois des participants sur quatre (M1, P1 et P2), l'inhibition est extrêmement déficitaire (les enfants ont répondu à 95% des stimuli pour lesquels il fallait inhiber la réponse en modalité auditive). Pour M2, le taux de fausses alarmes est élevé, mais moins que chez les autres (50% de FA toujours en modalité auditive). Cette impulsivité est confirmée en modalité visuelle pour les quatre enfants par rapport au groupe contrôle pour cette épreuve.

M2 a un profil qui se distingue un peu de celui des autres. Il est le seul à faire beaucoup d'omissions, alors que ses FA sont moins nombreuses que chez les 3 autres enfants. Un nombre élevé d'omissions traduit une forte inattention, qui s'ajoute dans son cas à une impulsivité. D'après Trommer et al. (2004), il correspond au profil des enfants souffrant d'un déficit d'attention avec hyperactivité, alors que les 3 autres sont conformes à ce qui est classiquement décrit pour les enfants avec déficit d'attention sans hyperactivité. Cette différence permet de présager d'un effet différent de l'entraînement dans le cas de M2. En effet, l'étude de Trommer et al. (2004) montre que les enfants avec déficit attentionnel et hyperactivité progressent peu avec la pratique dans les épreuves de Go/nogo. L'entraînement pourrait donc avoir chez lui une moindre efficacité.

---

## **1.2. Vigilance et stabilité de l'attention**

En ce qui concerne le maintien et la stabilité de l'attention, M1 ne semble pas présenter de déficit, il reste proche de la norme pour le maintien et présente des résultats bien meilleurs que les autres enfants en stabilité. Cela implique que pour lui, la marge de progression est assez faible. M2, ainsi que P1 et P2 présentent des difficultés plus importantes d'attention soutenue car ils oublient souvent d'appuyer pour la cible rare. Leur déficit d'attention ne se limite donc pas à l'impulsivité. La stabilité de l'attention n'est pas bonne non plus chez les 4 enfants, en pré-test, elle est catastrophique chez P1. A noter que les troubles praxiques de P1 ont pénalisé ses performances, l'épreuve se présentant sur un écran tactile et les réponses alternant entre la gauche et la droite. Cela explique peut-être pourquoi il fait non seulement 85% d'oublis, mais aussi 85% de fausses alarmes, ce qui traduit un échec général dans la tâche.

Les enfants inclus dans l'étude semblent donc souffrir de fluctuations attentionnelles, ce qui justifie d'utiliser des tests d'une durée de plusieurs minutes pour évaluer au plus juste leurs véritables difficultés attentionnelles.

## **1.3. Inhibition non-volontaire – attention visuo-spatiale**

Les quatre enfants présentent des temps de réponse extrêmement ralentis par rapport à la norme des enfants de leur âge dans l'ensemble de l'épreuve d'orientation visuelle, de même qu'en orientation auditive. Cette lenteur de réponse ne permet qu'à 2 enfants sur 4 (1 dans le groupe avec entraînement musical, M1, l'autre dans le groupe livres audio, P1) d'avoir une exactitude dans la norme ou meilleure que celle-ci, et seulement dans l'épreuve visuelle. Ils sont donc tous en difficulté dans le domaine de l'orientation spatiale, tel qu'elle est testée ici, c'est-à-dire à travers le traitement d'indices spatiaux endogènes. Cela signifie qu'ils ont des difficultés à contrôler volontairement l'orientation de leur attention à partir de l'interprétation d'indices auditifs ou visuels. Deux enfants (M1 et M2) ont une configuration de résultats particulièrement atypique, avec plus d'erreurs que la norme en condition valide, moins d'erreurs que la norme en condition non-valide, ceci en modalité auditive pour M1 et en modalité visuelle pour M2. Cela signifie que leurs réponses sont anormalement correctes (par rapport au reste de leurs performances) dans la condition non-valide. Cela peut être interprété comme un déficit d'inhibition. En effet, lorsque l'indice pointe dans une direction, la partie opposée de l'espace fait normalement l'objet d'une inhibition automatique. La cible apparaissant dans ce champ inhibé (en condition non-valide) doit alors être plus difficile à traiter qu'en condition valide. Ce n'est pas le cas chez M1 et M2, qui présentent donc un déficit de ce qu'il est convenu d'appeler « l'inhibition concomitante », forme d'inhibition spatiale non volontaire.

## **1.4. Traitement langagier**

Globalement, les capacités métaphonologiques (conscience syllabique et phonémique) sont altérées pour les quatre enfants. On retrouve néanmoins quelques résultats incohérents par rapport au profil de chaque enfant : P1 réussit la segmentation syllabique

---

mais échoue en suppression syllabique et P2 réussit la segmentation phonémique mais est plus en difficulté pour la suppression syllabique.

## **2. Effet de l'entraînement musical sur l'attention et le traitement langagier**

### **2.1. Effets des deux types d'entraînement**

L'analyse des données fait état de progrès à l'issue de l'un et l'autre entraînement. Cela peut s'expliquer par trois raisons. Il peut s'agir en partie d'un effet test-retest, les enfants réalisant les mêmes épreuves avant et après la période de remédiation. Etant donné qu'il ne s'agissait pas d'épreuves sémantiques, ni basées sur un matériel à mémoriser, l'effet de répétition est cependant sans doute assez limité et ne suffit certainement pas pour expliquer les progrès enregistrés. Des progrès observés à l'issue des deux remédiations peuvent aussi s'expliquer par un bénéfice général induit par toute prise en charge, le résultat d'un « effet thérapeute ». Faire l'objet d'une attention particulière de la part d'un adulte qui s'intéresse à l'enfant avec attention et patience peut participer à l'effet bénéfique d'une remédiation. C'est ce qu'on appelle communément l'effet placebo. Là aussi, cette interprétation semble insuffisante, car un tel effet est censé majorer le bénéfice apporté par la prise en charge et non en être totalement responsable. Une troisième explication possible pour des progrès à l'issue des deux entraînements est qu'ils contribuent tous deux, par des moyens différents, à exercer quelques processus cognitifs communs. Par exemple, bien qu'il s'agisse de musique dans un cas et de compréhension linguistique dans l'autre, les deux entraînements mobilisent la vigilance des enfants et requièrent un effort de maintien de l'attention pendant plusieurs minutes pour chaque exercice. Les enfants exercent ainsi leurs capacités de contrôle de l'activité ainsi que de la pensée. Se concentrer sur une activité musicale ou sur le contenu d'une histoire demande d'inhiber les bruits du contexte externe, mais aussi les pensées intrusives. Tous les exercices imposaient de fortes demandes à ces mécanismes de filtrage, et ceci de façon assez prolongée puisque les séances étaient longues, et il se peut que cela ait exercé tous les enfants à se focaliser plus efficacement sur une tâche, quelle qu'elle soit. Quelques progrès observés après chacun des deux entraînements pourraient s'expliquer par ces effets non spécifiques à un entraînement particulier. C'est le cas de la diminution des fausses alarmes dans l'épreuve de Go/Nogo auditif. Les FA de trois enfants diminuent entre les étapes pré- et post-test. Les deux entraînements semblent donc avoir aidé les enfants à mieux maîtriser leur impulsivité. De même, dans l'épreuve de Go/Nogo visuel, une même proportion d'enfants progresse dans chaque groupe après l'entraînement, dans la condition facile.

### **2.2. Effets de l'entraînement musical sur les fonctions attentionnelles**

On note cependant que certains progrès semblent plus spécifiques à l'entraînement musical. Bien que les enfants des deux groupes voient leurs FA, et donc leur impulsivité, diminuer en post-test dans l'épreuve auditive de go/nogo, certains aspects des résultats font ressortir un effet particulièrement bénéfique de l'entraînement musical dans l'épreuve visuelle. En effet, dans cette épreuve, seuls les deux enfants ayant eu

---

l'entraînement musical voient leurs performances devenir meilleures que la norme après l'entraînement, alors qu'ils étaient en dessous de celle-ci auparavant. De plus, il apparaît que dans la condition difficile qui impose d'inhiber tout en effectuant une alternance entre deux tâches (ce qui ramène à une situation de double tâche, coûteuse en attention), les deux enfants entraînés avec la musique deviennent moins impulsifs. Or ce n'est le cas que d'un seul enfant dans le groupe livres audio. L'entraînement musical semble donc plus prometteur pour aider à réduire l'impulsivité, et ceci même lorsque la tâche mobilise déjà l'attention pour d'autres traitements (en l'occurrence, l'alternance). Toujours dans les épreuves de Go/Nogo, un autre type de progrès est plus marqué dans le groupe entraîné avec la musique. Un seul des quatre enfants (M1, entraîné avec la musique) réduit sa quantité d'omissions après l'entraînement dans l'épreuve auditive. Les omissions traduisent l'inattention, et il est donc possible de dire que cet entraînement peut aider à réduire ce déficit, au moins dans la modalité auditive.

L'épreuve de Go/Nogo en vision permettait aussi d'apprécier un autre type d'inhibition, celle qui permet d'échapper à la distraction apportée par des stimuli non pertinents dans l'environnement d'une cible (effet de condition alternée). Les deux enfants entraînés avec la musique se sont améliorés sur ce plan (même si ce progrès n'atteint le seuil de significativité que chez l'un des deux), et deviennent donc moins distractibles. En revanche, dans le groupe entraîné avec les livres audio, aucun progrès de ce type n'est observé. L'entraînement musical semble donc pertinent pour aider les enfants à inhiber non seulement des réponses motrices indésirables (réduire l'impulsivité), mais aussi des distracteurs (réduire la distractibilité).

Toutes les opérations cognitives relatives à l'inhibition ne s'améliorent pas globalement à la suite de l'entraînement, ce qui souligne la spécificité de son effet. Notamment, aucun progrès n'apparaît quant à la levée d'inhibition. Pourtant, un tel progrès est possible, puisqu'un enfant dans l'autre groupe a de meilleures performances pour cela après l'entraînement. Cela constitue un point encourageant concernant l'effet du contenu de l'entraînement lui-même : les exercices musicaux ne visaient pas à exercer ce mécanisme.

En dehors de l'inhibition volontaire, une forme d'inhibition non volontaire progresse aussi après l'entraînement musical, et ceci d'une manière différente par rapport à ce qui se produit dans le groupe livres audio. Ces progrès sont testés dans les épreuves d'orientation spatiale. Dans ces épreuves, nous ne parlons de progrès que si l'enfant fait moins d'erreurs (même si cela se fait au prix d'un ralentissement général, car cela traduit un meilleur contrôle de l'impulsivité), ou si l'ensemble de ses réponses s'accélèrent à condition que cela ne s'accompagne pas d'une augmentation des erreurs. Les enfants entraînés avec la musique progressent globalement, l'un en vitesse (M1), l'autre en vitesse et exactitude (M2) dans la version visuelle du test (mais pas dans la version auditive), ce qui n'est pas le cas dans le groupe entraîné avec les livres audio. L'entraînement musical semble donc avoir une efficacité spécifique pour faire progresser les processus d'orientation endogène de l'attention visuo-spatiale. L'absence d'extension de ce progrès au domaine auditif rejoint d'autres résultats obtenus dans une autre recherche au Laboratoire DDL et ayant montré que des difficultés sur ce plan dans une modalité ne s'accompagnent pas forcément de difficultés dans l'autre modalité chez des enfants dyslexiques (Laplume, Marcotti et Thollon, 2011). Les processus en question engagent donc des mécanismes en partie distincts entre les modalités visuelle et auditive.

---

En revanche, la distribution anormale de l'inhibition concomitante (les performances ne sont pas moins bonnes en condition non-valide qu'en condition valide) s'améliore dans une certaine mesure après l'entraînement musical, mais pas de façon homogène. Les deux enfants ayant eu cet entraînement produisent des résultats dont la configuration est plus typique après l'entraînement, mais l'un dans la version auditive (M1), l'autre dans la version visuelle (M2). De plus, il n'est pas possible de parler ici d'un effet spécifique induit par les exercices musicaux, car les enfants de l'autre entraînement font aussi des progrès de la sorte, l'un dans les deux modalités (P1), l'autre seulement en modalité visuelle (P2). Il est donc difficile de dire que l'un des entraînements est plus efficace que l'autre sur ce plan. Comme chacun des quatre enfants voit son inhibition concomitante devenir plus conforme à la norme dans l'une ou l'autre tâche, il apparaît cependant que l'inhibition concomitante est une composante attentionnelle pour laquelle il est possible d'induire des progrès chez des enfants dont l'attention est perturbée.

Pour l'attention soutenue, il est difficile de conclure dans le groupe avec musique, car un seul des deux enfants (M2) présentait au départ un déficit de maintien de l'attention. L'entraînement musical ne l'aide pas dans ce domaine. Encore une fois, les bienfaits de l'entraînement musical proposé ne s'étendent pas à toutes les composantes de l'attention ou de l'inhibition.

Enfin, on note des progrès en stabilité de l'attention, aspect à distinguer de l'attention soutenue : une attention instable n'empêche pas forcément de se concentrer sur une durée assez longue dans une épreuve, elle introduit cependant de brèves interruptions dans cette attention, qui font surgir des erreurs de manière sporadique. Dans les tests *Stabilo*, un seul des quatre enfants réalise des progrès pour les quatre mesures effectuées (M1) et il s'agit d'un enfant ayant eu l'entraînement musical. D'autre part, l'autre enfant entraîné par la musique (M2), progresse aussi dans les deux épreuves, dans l'une en pourcentage attentionnel, dans l'autre, en exactitude. Ce résultat paraît particulièrement intéressant dans le cadre de la théorie selon laquelle l'attention est distribuée de manière temporelle (Jones et Boltz, 1989), selon un rythme qui peut être perturbé ou désynchronisé par rapport aux traitements engagés dans le cas de certains troubles attentionnels. Un trouble du rythme de la distribution de l'attention dans le temps se traduit notamment par des « gaps attentionnels », des moments d'absence attentionnelle qui donnent lieu à une attention instable. Plusieurs activités de l'entraînement musical mettaient l'accent sur le rythme et le matériel musical lui-même, quel que soit l'exercice, présente une régularité temporelle qui pourrait aider les rythmes internes (oscillations cérébrales) à se synchroniser sur certaines fréquences et à se stabiliser. Par exemple, des travaux récents montrent que la simple écoute d'une séquence musicale dotée d'une pulsation particulièrement facile à extraire constitue une amorce favorable à l'amélioration des traitements cognitifs réalisés immédiatement après, s'ils requièrent une distribution régulière de l'attention, ce qui est le cas par exemple pour traiter une phrase entendue, ou pour lire des mots polysyllabiques (Przibylski et al., 2013). Les résultats obtenus dans la présente étude vont dans ce sens, car l'entraînement musical semble avoir un effet plus bénéfique que l'autre entraînement sur certains enfants, pour ce qui est de la stabilité, et donc sans doute de la régularité, de l'attention.

---

### **2.3. Effets de l'entraînement musical sur le traitement langagier**

La métaphonologie, aspect du traitement langagier que nous avons investigué, s'est vue globalement améliorée après l'entraînement musical. Les deux enfants ont progressé, chacun sur des sous-composantes et des modalités distinctes (auditive et visuelle à nouveau différenciées). Là où il y a eu des progrès, comme en segmentation phonémique pour M1, ils ont été importants (progression intéressante en conscience phonémique et syllabique).

Cela rejoint les résultats déjà obtenus dans les études citées auparavant qui se sont intéressées à des entraînements musicaux, dans le but d'une remédiation de troubles langagiers, comme les travaux de K. Overly (2003). Ils rapportent qu'un travail rythmique peut constituer un entraînement efficace pour améliorer la phonologie chez des enfants dyslexiques. Cela alimente également les liens établis entre musique et langage concernant les processus de traitement communs (Patel, 2009, 2011). En effet, être confronté à la musique de manière intensive sur une longue période permet de se familiariser avec des nuances plus fines de ce qu'est le timbre (qui caractérise à la fois chaque phonème de manière différenciée et les sons de la musique), et donc d'avoir supposément une meilleure sensibilité phonologique, donc une meilleure perception au niveau segmental. Aussi, l'entraînement musical confronte l'individu à différents contours mélodiques, ce qui lui permet d'améliorer sa sensibilité au niveau supra-segmental. Les indices acoustiques perçus dans la musique permettent de manière plus générale de mieux percevoir les accentuations dans la parole, et les marqueurs des différentes unités métriques. Cela expliquerait une amélioration plus importante observée pour M1 et M2. Ces résultats sont également cohérents avec les résultats obtenus aux épreuves attentionnelles : les épreuves de langage auxquelles nous avons soumis nos participants ont la particularité d'être méta-langagières, c'est-à-dire qu'elles impliquent un contrôle volontaire, attentionnel, de la segmentation et de la manipulation des unités linguistiques. La réussite de tels traitements est fortement influencée par les capacités attentionnelles, et notamment par la répartition plus ou moins régulière des pics attentionnels (synchronisation des oscillateurs internes avec les oscillateurs externes comme la musique) sur la chaîne parlée. Le traitement déficitaire des indices acoustiques du rythme dans la prosodie peut perturber l'analyse supra-segmentale qui participe à l'extraction de mots et de syllabes dans le flux de parole (Przybylski et al., 2013 ; Goswami, 2010).

### **2.4. Effets de l'entraînement musical par rapport à l'entraînement par la parole**

L'entraînement au moyen des livres audio a lui aussi permis aux enfants de progresser dans différentes compétences mais de façon moindre dans l'ensemble.

Les fonctions exécutives et l'inhibition volontaire sont améliorées en modalité auditive pour les deux enfants, de manière significative. En modalité visuelle, P1 n'a pas progressé et P2 a connu une évolution positive significative mais seulement une partie de l'épreuve a pu être prise en compte. Les résultats significativement meilleurs obtenus par M1 peuvent donc être réellement considérés. Par ailleurs, l'évolution est plus intéressante

---

pour M1 et M2 en ce qui concerne la condition avec alternance, ce qui traduit une meilleure progression en flexibilité mentale et en inhibition du distracteur.

L'attention soutenue est la composante qui représente la plus grande progression pour les enfants du groupe parole : P1 s'améliore de manière significative dans l'épreuve de maintien attentionnel (modalité auditive), P2, lui, progresse également de manière significative en stabilité attentionnelle (en modalité visuelle, épreuve où P1 est en échec à cause de ses troubles praxiques). Cela est cohérent avec le fait que l'entraînement demandait des efforts d'attention soutenue : l'enfant devait se concentrer plusieurs minutes sur l'écoute attentive d'une histoire sans pause. La capacité de maintien de l'attention se renforcerait et permettrait de faire preuve d'une meilleure attention soutenue. Néanmoins, le fait P2 ne s'améliore pas en maintien attentionnel nuance cette assertion. En parallèle, aucune évolution significative n'est observée chez M1 et M2 en maintien attentionnel (épreuve de vigilance), élément qui va à l'encontre de notre hypothèse de départ. Cependant, la stabilité attentionnelle (stabilo) est améliorée de manière significative chez tous les enfants (sauf P1), ce qui soutient le fait que les deux stimulations (musicale et par la parole) impliquent un travail de l'attention soutenue.

En ce qui concerne l'inhibition non-volontaire et l'attention visuo-spatiale, seul P1 progresse dans les deux modalités, et comme pour P2, qui, lui, progresse moins, les scores deviennent plus conformes à la norme, concernant la sensibilité à l'indigage. C'est ce que nous avons déjà observé avec M1 et M2, nous ne pouvons donc pas attribuer cette « normalisation » au seul entraînement musical.

Le traitement langagier métaphonologique s'est amélioré significativement sur une épreuve de conscience syllabique (Syllacut) pour P2 seulement, sachant que P1 avait une marge de progression faible, avec des performances élevée en pré-tests. Les autres épreuves de conscience syllabique et phonologique (BALE) se sont vu peu améliorées (P1), voire dégradées (P2). Les enfants ayant bénéficié d'un entraînement musical montrent ici une progression plus importante, ce qui est en faveur de notre hypothèse.

### **3. Nuances à apporter par rapport aux résultats**

De manière générale, plusieurs éléments sont à prendre en compte pour nuancer les résultats obtenus.

Tout d'abord rappelons que le trouble attentionnel a une expressivité très fluctuante dans le temps, ce qui fragilise ce qu'on peut tirer de résultats obtenus à un instant t. Si les épreuves étaient suffisamment longues pour tenir compte de fluctuations à court terme, rien ne nous permet d'affirmer que l'énergie attentionnelle était la même le jour du pré-test que celui du post-test.

Ensuite, les quatre enfants que nous avons recrutés, sur la base de leur trouble de l'attention, présentaient presque tous des troubles associés. Si cela reflète bien la réalité clinique de ce trouble dont la comorbidité est fréquente, cela a pu altérer la pertinence des résultats obtenus à certains tests. En effet, la dysphasie de M2 et la dyspraxie de P1 sont à prendre en compte dans l'interprétation des épreuves auditivo-verbales ou nécessitant une réponse motrice adéquate. De plus, il semblerait que M2 présente au moins un élément en faveur d'une hyperactivité (nombreuses omissions dans l'épreuve de go/nogo). Il est

---

difficile de mesurer l'impact de ces troubles et de les dissocier complètement du trouble attentionnel, mais la traduction des chiffres obtenus est à nuancer.

Par ailleurs, si nous avons fait notre possible pour créer des conditions en pré- et post-test les plus similaires possibles, le rythme de l'année scolaire et des emplois du temps familiaux des participants ont fait que pour plusieurs enfants (M2, M1 et P1), les pré-tests ont été effectués pendant ou juste après les vacances scolaires, et les post-tests en fin de trimestre scolaire. La fatigue n'est donc pas la même, et les horaires auxquels nous pouvions venir les voir (en semaine) pour les post-tests ont pu être moins opportuns.

Enfin, concernant l'entraînement musical, pour un des enfants (M2), il a été difficile de mettre en place l'écoute quotidienne (les jours où nous ne venions pas) de musique avec la famille. M2 a donc suivi un entraînement moins intensif que M1, ce qui se ressent dans certains de ses résultats, notamment en inhibition volontaire et en stabilité de l'attention.

#### **4. Conclusion**

Nos hypothèses opérationnelles sont partiellement confirmées : en effet, des progrès ont été observés dans les compétences attendues pour le groupe musique. Par ailleurs, les progrès ont été en moyenne plus importants pour ces enfants que pour ceux du groupe parole, à l'exception de l'inhibition volontaire. L'attention soutenue (stabilité et vigilance) a été améliorée pour les deux groupes pour les raisons évoquées précédemment, c'est-à-dire que les deux groupes ont eu des activités nécessitant de l'attention soutenue.

On peut donc conclure, avec ces résultats, qu'un entraînement musical a partiellement des effets bénéfiques sur les fonctions attentionnelles et par extension sur certaines composantes langagières. Cela est à nuancer avec ce que nous avons mentionné précédemment, et les imperfections méthodologiques que nous discutons ci-après.

### **V. Discussion de la méthode**

#### **1. Choix des tâches et configuration du test/re-test**

L'ensemble des tâches choisies pour les pré- et post-tests nous semblait balayer de nombreuses compétences attentionnelles et quelques compétences langagières. Il aurait été intéressant d'ajouter un questionnaire du Connors pour évaluer qualitativement les bénéfices de notre entraînement (c'est une échelle de comportement à remplir par les parents, avec des items sur l'enfant à la maison et dans ses relations). De même nous aurions pu faire passer d'autres épreuves de langage, par exemple une épreuve de lecture avec une exigence d'exactitude, pour voir si l'entraînement permettrait une lecture en post-test avec moins de fautes ou un coût en temps moins important. Cela permettrait de voir si l'extension au domaine langagier des progrès induits par la musique est vérifiée dans le cadre d'une lecture fonctionnelle.

---

La plupart des tâches que l'on a fait passer sont des tâches expérimentales et dont l'étalonnage est en cours. Nous avons donc été limitées dans l'utilisation des statistiques pour analyser les résultats.

Enfin, nous aurions aimé faire une troisième session de tests avec chaque enfant, à distance de la fin de l'entraînement, pour observer le maintien ou non des progrès mais il nous a été impossible de le réaliser faute de temps.

## **2. Sélection de la population**

Le trouble à type de déficit de l'attention s'exprimant de manière variable selon les individus, il a été difficile d'obtenir dans le temps imparti, un groupe réellement homogène. Notre groupe de participants était donc relativement hétérogène, en âge et en type de trouble (versant attentionnel atteint). Avec le recul de l'étude menée, nous aurions envisagé une sous composante particulière de l'attention qui aurait été déficitaire pour tous les enfants. Il serait intéressant de refaire l'expérimentation que nous avons menée avec un nombre plus important d'enfants. En effet, nous avons été confrontées à des limites d'ordre matérielles et temporelles. Cela permettrait de pouvoir généraliser les résultats obtenus.

## **3. Pertinence de l'entraînement musical**

### **3.1. Fréquence et durée de l'entraînement**

Notre entraînement, qui comprend les séances de jeu et l'écoute quotidienne de musique, n'a duré que 6 semaines pour des raisons de calendrier scolaire et il aurait été sans doute plus profitable qu'il soit plus long, afin d'avoir plus de chances de provoquer un changement réel et durable. La fréquence hebdomadaire des séances de jeu à domicile (3 fois par semaine) semblait appropriée : relativement intensive, au-delà, cela aurait une lourde charge pour les parents. Par ailleurs, l'écoute quotidienne les jours où nous ne venions pas à domicile semble avoir été une tâche assez lourde pour les familles (selon les réponses obtenues au questionnaire de fin d'entraînement). Le plaisir pris à cette activité dépendait en grande partie du climat dans lequel elle s'effectuait, notamment si cela était vécu comme une obligation et une contrainte ou comme un moment d'échange avec d'autres membres de la famille. Un enfant sur les deux ayant pratiqué cette activité l'a tout à fait appréciée. Le temps consacré à cette activité pourrait être légèrement diminué (10 minutes au lieu de 15).

Pour augmenter l'intensité tout en limitant l'investissement dans l'organisation (visites à domicile) il serait intéressant de réfléchir à un entraînement qui pourrait davantage se dérouler en autonomie avec les parents (en leur expliquant les tâches et en leur fournissant le matériel). Cependant, cela semblerait lourd pour eux et nous devrions nous limiter à des parents connaissant la musique.

---

### **3.2. Construction de l'entraînement**

Dans notre dynamique de conception de l'entraînement musical, nous avons visé la pratique courante et écologique de la musique (taper des mains, chanter, etc. sont des activités couramment pratiquées en général à l'écoute de musique). Dans d'autres études concernant l'effet de la musique sur les fonctions cognitives (dont le langage), l'entraînement musical consiste en de réels cours de musique (notamment la pratique d'un instrument, etc.) ou bien même en une sensibilisation aux éléments permettant une analyse musicale (repérage d'éléments basiques comme la hauteur, la durée, l'intensité, le mouvement ternaire ou binaire, et se focaliser sur ces éléments distinctement). En effet, nous avons choisi d'exposer nos participants à la pratique et l'écoute de la musique de manière à ce qu'ils tirent de manière implicite les régularités de celle-ci. Un apprentissage plus explicite aurait peut-être un coût attentionnel moindre une fois que le traitement analytique est automatisé (Schneider et Schiffrin, 1977, dans Bukiatmé et Chausson, 2004). De plus, une approche analytique de l'entraînement musical aurait peut-être pu permettre aux participants de mieux orienter leur attention dès le départ sur les caractéristiques acoustiques de la musique et de la parole, et de mieux la diriger. Il serait intéressant de voir l'influence qu'auraient ces types d'entraînement sur les fonctions attentionnelles.

La progression du jeu (les niveaux) n'a pas été homogène puisqu'elle s'est faite au rythme de l'enfant. Nous avons établi un planning guide pour les passages aux niveaux supérieurs. Cependant, les étayages au sein même de chaque niveau ont été différents selon les enfants et leurs difficultés et les passages au niveau supérieur ont été retardés ou avancés selon la progression de chacun. De ce fait, les deux enfants n'en étaient pas rendus exactement au même stade de progression à la fin de l'entraînement.

L'écoute quotidienne de musique semble avoir été une activité contraignante pour les participants. Faire varier les musiques semble ne pas avoir suffi, il faudrait sans doute penser à quelque chose de plus ludique avec des objectifs à atteindre, des points à marquer, une innovation à apporter, selon l'enfant, de manière à ce qu'il soit plus motivé. De plus, il est difficile de discerner quelle part d'amélioration est due à l'écoute de musique avec les parents ou aux séances de jeu ou si les deux activités ont agi de manière complémentaire.

### **4. Pertinence de l'entraînement du groupe contrôle**

Afin d'avoir une estimation effets de test/re-test, de prise en charge et de maturation dans une amélioration supposée des performances des enfants après notre entraînement, nous avons tenu à mettre en place un deuxième entraînement pour deux autres enfants, afin de pouvoir comparer les résultats des deux « groupes ».

Nous voulions proposer une stimulation qui puisse être relativement comparable à l'entraînement musical entre les pré- et post-tests mais nous étions limitées en moyen et matériel et par le fait que l'un d'eux habitait assez loin de Lyon. Idéalement, il aurait fallu mettre en place un entraînement artistique comme la peinture (Moreno et al., 2008), la danse ou le théâtre (Posner & Patoine, 2009), ou sportif mais dans le cadre de notre travail, nous avons choisi l'option qui nous semblait être la plus réalisable.

---

Nous voulions un entraînement qui puisse se faire en autonomie avec les parents, c'est pourquoi nous avons choisi l'écoute de livres audio. De plus, cette stimulation met en jeu l'attention auditive et soutenue, ce qui la rend relativement comparable avec l'entraînement musical. Comme nous l'avons vu précédemment, les traitements musicaux et langagiers partagent des processus cognitifs communs (Patel, 2009 ; Besson, Chobert & Marie, 2011). Les questions qui suivaient les séquences de récit incitaient à une écoute active et attentive, ce qui ne remplace pas l'interaction qui a eu lieu lors des séances de jeu de l'entraînement musical, mais qui permet de ne pas laisser l'enfant dans une situation passive. De plus, cette activité n'entraînerait pas les mêmes composantes que le jeu musical.

Il est certain que les deux enfants ayant eu l'entraînement avec les livres audio ont été défavorisés car ils n'ont pas bénéficié de notre présence et du plaisir partagé à travers le jeu. Cependant, nous avons essayé de rendre l'activité la plus intéressante possible, avec des histoires amusantes ou attrayantes et des questions auxquelles il fallait répondre. Par feuilles de route, les parents et leur enfant nous ont en effet rapporté que les histoires étaient agréables, voire drôles. A l'occasion de ces questions, avait forcément lieu une interaction avec un tiers, ce qui induit une situation d'attention partagée.

Le niveau de difficulté des histoires a été parfois un peu élevé (vocabulaire, complexité de l'histoire), surtout pour l'enfant le plus jeune (P1) mais pour l'autre enfant également, pour l'une des histoires (selon les commentaires des parents via les feuilles de route).

## **5. Ouverture**

Comme nous l'avons dit précédemment, il serait intéressant de mener une étude similaire avec un nombre plus élevé de participants. Cela nous permettrait de généraliser les résultats obtenus.

Notre entraînement a été de courte durée. Un entraînement plus long pourrait permettre d'observer des changements plus importants.

Il serait aussi pertinent de proposer un entraînement au groupe contrôle plus comparable, avec des visites à domicile notamment et l'utilisation d'un jeu faisant varier les activités autour de la même compétence. Une meilleure symétrie des entraînements rendrait plus valide la comparaison des résultats.

Par ailleurs, il serait également intéressant d'observer les effets à court terme, sur l'attention, de notre jeu musical (pré-test – stimulation – post-test) afin d'observer si les effets sont plus importants directement après la stimulation, car il se déroulait plusieurs jours entre la dernière stimulation musicale et les séances de post-tests. Ainsi, il serait possible de tester les effets de chaque activité séparément. Si les progrès sont meilleurs et ciblés sur des composantes particulières avec telle ou telle activité, l'on pourrait mieux orienter l'entraînement musical à long terme.

---

## **VI. Apports**

### **1. Pour les participants**

Les deux enfants avec lesquels on a fait l'entraînement musical étaient toujours très enthousiastes et volontaires quant aux séances de jeu. Les séances d'entraînement se déroulaient toujours dans le plaisir partagé et les enfants prenaient souvent des initiatives lorsque ce n'était pas explicitement leur tour de jouer par exemple.

M1 et M2 ont pu progresser dans les différentes activités du jeu tout au long des séances d'entraînement, ce qui les valorisait. En effet, ils étaient contents de gravir les marches de difficulté et se voyaient réussir de mieux en mieux les tâches sous nos encouragements.

Les familles nous ont fait de bons retours sur ce que leur enfant leur racontait du jeu. D'autre part, la mère de M2, à travers le questionnaire de fin d'entraînement, nous a fait part d'une évolution sur le plan du comportement, notamment pour le travail scolaire. La mère de M1, elle, nous a confié que son enfant semblait moins agité, en particulier lors des séances de psychomotricité, après les séances d'entraînement musical.

Pour les enfants ayant eu l'autre entraînement, il nous est plus difficile d'évaluer les apports puisque nous étions moins présentes. Cependant, selon ce qui a été rapporté dans les feuilles de route, il semble qu'ils aient apprécié l'activité, bien que trop longue et parfois trop compliquée (pour les raisons mentionnées auparavant), notamment pour P1.

### **2. Pour la profession et la recherche**

Il a déjà été montré que le trouble de l'attention est à prendre en compte dans les rééducations en orthophonie (Bouvier & Palet, 2001). En effet le déficit attentionnel va de pair avec un comportement et un fonctionnement mental particulier, qui peut rendre laborieuse voire inefficace la prise en charge orthophonique. Aborder le problème attentionnel doit donc être une priorité. Cependant, les professionnels restent souvent désarmés face à ce dysfonctionnement qui peut entraver le travail de réhabilitation et les apprentissages.

Les résultats ne sont pas encore généralisables mais si la musique peut être un échelas pour l'attention, il serait intéressant de proposer aux parents de s'en servir avec leurs enfants en dehors des séances de rééducation en langage, pour consolider cette dernière, la soutenir et la rendre plus efficace. Cela nécessiterait d'approfondir l'étude comme mentionné auparavant dans l'ouverture.

En effet, les résultats de notre recherche sont mitigés, et l'étude présente beaucoup de limites qui ne nous permettent pas d'affirmer le lien entre l'entraînement musical et les progrès en attention. Cependant, nous avons pu observer des progrès chez les enfants, au sein du jeu dans les différentes activités impliquant l'attention.

D'autre part, notre travail de recherche théorique a permis de faire état de différents résultats existants à ce jour sur les liens entre musique, attention et langage. En nous

---

intéressant à ces travaux, a émergé le fait que les théories établissant les liens entre musique, langage et attention sont encore en construction et qu'il sera intéressant qu'elles soient approfondies et consolidées dans les recherches à venir. En effet, si les différentes fonctions impliquées dans les traitements de l'information sont souvent modélisées de manière séparée, les liens établis entre eux (notamment entre langage et attention) consistent encore souvent en des hypothèses explicatives. De plus, les connaissances sur les liens qui peuvent être faits entre musique, langage et attention sont encore peu répandues au sein de la profession d'orthophoniste. Ainsi que l'utilisation de la musique comme outil de remédiation cognitive.

### **3. Pour notre pratique clinique**

Le premier apport pour nous a été de mettre un pied dans la recherche : nous nous sommes notamment rendu compte du rythme auquel les apports théoriques semblent progresser, et comment les études s'alimentent entre elles et nourrissent à leur tour la théorie sur laquelle nous nous appuyons dans le cadre de notre pratique professionnelle. Ce travail nous a permis de prendre conscience de la nécessité de se tenir informé lorsqu'on est orthophoniste en exercice, afin de répondre le mieux possible et de manière ajustée aux besoins du patient, et de progresser dans notre pratique dans ce but. Par ailleurs, ce travail a été l'occasion pour nous de mesurer la distance à prendre par rapport à ce qui peut être trouvé dans la littérature, et d'exercer notre sens critique. En effet, tant du point de vue méthodologique que théorique, en passant par la statistique et les interprétations faites des résultats obtenus, la perfection est rare voire impossible, et les situations d'expérimentation sont parfois éloignées de la réalité clinique. Il a été important pour nous d'en prendre conscience avant de manier les concepts dans la pratique professionnelle.

Deuxièmement, la situation de prise en charge que nous avons menée lors de notre expérience nous a permis de voir un peu plus clairement ce à quoi nous pouvions être confrontées en tant qu'orthophonistes. En effet, nous avons eu des contacts réguliers avec les parents, avec qui nous échangeons souvent au sujet de leur enfant tant au jour le jour qu'en général (humeur de la journée, effets du travail effectué, etc.) ; avec le médecin avant et après l'entraînement, et avec l'enfant, sur son ressenti, sa fatigue, son plaisir à jouer, et son trouble.

Par ailleurs, pour communiquer avec les différents acteurs de ce travail (parents, enfants, médecin) et agir en partenariat avec eux, il a fallu que nous sachions précisément où nous voulions aller, et par quels moyens, pour quelles raisons, afin de pouvoir mieux l'expliquer. Il a été nécessaire de savoir justifier notre projet de recherche, tout comme en pratique, en tant qu'orthophonistes, il nous faudra savoir justifier un projet thérapeutique pour mieux garantir l'investissement des intéressés. Dans le même sens, ce protocole était jalonné de différents objectifs, structure qu'il convient également d'adopter dans le cadre de la pratique professionnelle.

Les séances de jeu à domicile nous ont confrontées à la différence observable entre ce à quoi nous nous attendions et la réalité du terrain. Dès les premières séances, nous avons dû nous adapter et adapter notre matériel et son utilisation aux difficultés rencontrées par les enfants.

---

La rencontre avec une population d'enfants présentant un TDA/H nous a également permis de mieux comprendre ce dysfonctionnement et ses incidences, et de repérer ses manifestations, nous permettant ainsi d'aiguiser notre regard clinique tout au long de l'étude. En parallèle, comme nous avons eu recours à des réseaux hospitaliers et associatifs pour nous renseigner, nous pourrions mieux orienter nos patients en cas de suspicion de trouble attentionnel vers les interlocuteurs appropriés.

Enfin, le travail en équipe (à deux en tant qu'étudiantes, mais aussi avec nos maîtres de mémoire) a été très enrichissant. Nous avons dû apprendre à conjuguer le meilleur de ce que chacune pouvait apporter et nous ouvrir aux connaissances nouvelles et à la critique. Ce travail d'équipe a nécessité, pour fonctionner, de l'exigence et de la rigueur personnelle, que nous nous devons à nous-mêmes autant qu'aux participants de l'étude. C'est cette même rigueur et exigence, en plus du respect demandé par le travail à plusieurs dont il est nécessaire de faire preuve dans la pratique professionnelle.

---

## CONCLUSION

---

Ce mémoire de recherche a porté sur les effets d'un entraînement musical sur les fonctions attentionnelles, chez des enfants, ayant un trouble de l'attention.

Pour évaluer l'efficacité de l'entraînement musical que nous avons construit, nous nous sommes servis d'un ensemble d'épreuves testant des compétences attentionnelles et langagières, que nous avons fait passer au début et à la fin de l'entraînement. La constitution d'un groupe contrôle suivant un autre entraînement, nous a permis de mieux objectiver dans une certaine mesure, des progrès dus à l'entraînement musical.

Les résultats de cette étude ont mis en évidence que des composantes attentionnelles et langagières pouvaient bénéficier d'une période d'entraînement et que l'entraînement musical apportait de meilleurs bénéfices que l'entraînement parole mis en place en parallèle. En effet, les enfants ayant bénéficié de l'entraînement musique ont vu leurs performances s'améliorer en post-test, de manière plus importante que les deux autres enfants, et cela pour l'inhibition, la stabilité attentionnelle et les compétences métaphonologiques. A noter que les enfants ayant suivi l'entraînement parole ont eux aussi bénéficié de leur entraînement, mais dans une moindre mesure et avec des différences entre les deux enfants. Cependant, notre étude a été réalisée avec peu de participants et des biais sont à prendre en compte, ne permettant pas d'affirmer sans aucun doute, les liens entre l'entraînement musical et les améliorations observées.

Notre mémoire a permis de renforcer notre idée selon laquelle la musique peut avoir un impact sur les fonctions cognitives comme l'attention et le langage, mais d'autres études seraient nécessaires pour confirmer ces liens et chercher ce que la musique influence de manière plus précise.

La musique nous semble être un outil offrant des perspectives de remédiation intéressantes à exploiter dans notre future pratique, en complémentarité avec les soins que nous pourrions dispenser, autant par ses aspects thérapeutiques que par son caractère ludique et plaisant. Ces dernières caractéristiques font d'ailleurs de la musique un support intéressant pour les enfants porteurs d'un trouble à type de déficit de l'attention, qui sont souvent moins canaliables que la moyenne des enfants. La littérature, ainsi que notre étude, montrent des résultats encourageants quant aux vertus thérapeutiques de la musique, aux niveaux cognitif, attentionnel et langagier, qu'il semble intéressant d'investiguer encore et d'exploiter dans la pratique clinique.

---

## BIBLIOGRAPHIE

---

- Abikoff, H., Courtney, M.E., Szeibel, P.J. et Koplewicz, H.S. (1996). The effects of auditory stimulation on the arithmetic performance of children with ADHD and nondisabled children. *Journal of learning disabilities*, 29, 238-246.
- Anvari, S.H., Trainor, L.J., Woodside, J. et Levy, B.A. (2002). Relations among musical skills, phonological processing, and early reading ability in preschool children. *Journal of Experimental Child Psychology*, 83, 111-130.
- Baddeley, A. (2012). Working memory, theories, models and controversies. *Annual Review of Psychology*. 63, 1-29
- Bedoin, N., Ciumas, C., Lopez, C., Redsand, G., Herbillon, V., Laurent, A., et Ryvlin, P. (2012). Disengagement and inhibition of visuo-spatial attention are differently impaired in children with rolandic epilepsy and Panayiotopoulos syndrome. *Epilepsy & Behavior*, 25(1), 81-91.
- Besson, M., Chobert, J. et Marie, C. (2011). Transfer of training between music and speech: common processing, attention, and memory. *Frontiers in psychology*, 2, 94.
- Besson, M., Schön, D., Moreno, S., Santos, A. et Magne, C. (2007). Influence of musical expertise and musical training on pitch processing in music and language. *Restorative Neurology and Neuroscience* 25, 399-410.
- Bigand, E., Delbé, C., Gérard, Y. et Tillmann, B. (2011). Categorization of extremely brief auditory stimuli: domain-specific or domain-general processes? *PLoS ONE* 10(6), 1-6.
- Boersma, P. (2001). Praat, a system for doing phonetics by computer. *Glott International*, 5(9/10), 341-345.
- Bouveresse, J. (2009). Holmotel et la théorie physiologique de la musique. Dans Dehaene S. et Petit, C. (Dir.), *Parole et musique – aux origines du dialogue humain*. Paris, France : Odile Jacob, 27-58.
- Bouvier, I., Palais, S. (2001). Etude des procédures de lecture d'enfants présentant un trouble déficitaire de l'attention (mémoire d'orthophonie). Institut des sciences et techniques de la réadaptation, Université Claude Bernard Lyon 1.
- Bukiatmé, L. et Chausson, E. (2004, juillet). Les Modèles attentionnels. *Rééducation orthophonique*, 218, 25-47.
- Chobert, J., François, C., Velay, J.L. et Besson, M. (2012). Twelve Months of Active Musical Training in 8- to 10-Year-Old Children Enhances the Preattentive Processing of Syllabic Duration and Voice Onset Time. *Cerebral Cortex*, 3(5).

- 
- Content, A., et Radeau, M. (1988). Données statistiques sur la structure orthographique du français. *European Bulletin of Cognitive Psychology*, 8(4), 399-404.
- Dortier, J.F. (2011). La plasticité une adaptation permanente. *Sciences Humaines*, 14, 44-47.
- Drake, C., Jones, M.R. et Baruch, C. (2000). The development of rhythmic attending in auditory sequences: attunement, referent period, focal attending. *Cognition*, 77, 251-288
- Elbert, T., Pantev, C., Winbruch, C., Rockstroh, B. et Taub, E. (1995). Increased cortical representation of the fingers of the left hand in string players. *Science*, 270, 305-307
- Fabre, D. et Bedoin, N. (2003). Sensitivity to sonority for print processing in normal readers and dyslexic children. *Current psychology letters* 10(1), 1-8.
- Ferragne, E., Flavier, S., et Fressard, C. (2012). ROCme! (Version 2.0) [Computer software]. Retrieved June 4, 2012. Disponible sur [www.ddl.ish-lyon.cnrs.fr/rocme](http://www.ddl.ish-lyon.cnrs.fr/rocme).
- Fliers EA, Franke B, Buitelaar JK., (2006). [Hereditary factors in attention deficit hyperactivity disorder]. *Ned Tijdschr Geneesk.* 149(31), 1726-9. (Abstract)
- François, C., Tillmann, B. et 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.
- Gillet, P., Hommet, C., Billard, C., (2000). *Neuropsychologie de l'enfant : une introduction*. Marseille, France : Solal
- Gnansia, D. et Lorenzi, C. (2009). De la Parole et du bruit : l'organisation auditive de l'indentification de la parole. Dans Dehaene S. et Petit, C. (Dir.), *Parole et musique – aux origines du dialogue humain*. Paris, France : Odile Jacob, 59-79
- Goswami, U. (2010). A Temporal sampling framework for developmental dyslexia. *Trends in cognitive sciences*, 1(15), 3-10.
- Habib, M., Besson, M. (2008). Langage, musique et plasticité cérébrale : perspectives pour la rééducation. *Revue de neuropsychologie*, 1-2(18), 103-126.
- Hodgkins, P., Setyawan, J., Mitra, D., Davis, K., Quintero, J., Fridman, M., (...) Harpin, V. (2013). Management of ADHD in children across Europe: patient demographics, physician characteristics and treatment patterns. *European Journal of Pediatrics*, DOI 10.1007/s00431-013-1969-8
- Hyde, K.L., Lerch, J., Norton, A., Forgeard, M., Winner, E., Evans, A.C. et Schlaug, G. (2009). The Effects of musical training on structural brain development: a longitudinal study. *The Neurosciences and music III: Disorders and plasticity*, Annals of the New York Academy of Sciences, 182-186
-

- 
- Janata, P., Tillmann, B. et Bharucha, J.J. (2002). Listening to polyphonic music recruits domain-general attention and working-memory circuits. *Cognitive, Affective, & Behavioral neuroscience*, 2(2), 121-140.
- Jäncke, L. (2012). The relationship between music and language. *Frontiers in psychology*, 3(123), 1-2.
- Jentschke, S., Koelsch, S., et Friederici, A.D. (2005). Investigating the Relationship of Music and Language in Children. *Annals of the New-York Academy of sciences 1060*, 231-242.
- Jones, M.R. et Boltz, M. (1989). Dynamic attending and responses to time. *Psychological Review*, 96(3), 459-491.
- Koelsch, S. (2009). A neuroscientific perspective on music therapy. *The Neurosciences and music III: Disorders and plasticity*, Annals of the NewYork Academy of Sciences, 374-384.
- Kraus N. et Chandrasekaran B. (2010). Music training for the development of auditory skills. *Nature Reviews Neuroscience*, 11, 599-605
- Kurland, J. (2011, juin). The role that attention plays in language processing. *Perspectives on Neurophysiology and Neurogenic Speech and Language Disorders*, 21(2), 47-54.
- Laplume, L., Marcotti, E., Thollon, M., Bedoin, N. (2001). Déficiets d'orientation spatiale et de groupement perceptif visuel chez des enfants dyslexiques (Mémoire de première année de master, Sciences humaines et sociales). Université Lumière Lyon 2.
- Lété, B., Sprenger-Charolle, L., et Colé, P. (2004). MANULEX: A grade-level lexical database from French elementary school readers. *Behavior Research Methods, Instruments, & Computers* 36(1), 156-166.
- Marcastel, A. et Bedoin, N. (2012). Inhibition motrice de stimuli auditifs et visuels: Effet des demandes de la tâche et de l'épilepsie de l'enfance (mémoire de première année de master, Sciences humaines et sociales, Mention : psychologie, Spécialité : psychologie cognitive et, neuropsychologie). Université Lumière Lyon 2.
- Marmel, F. (2008). Influence du contexte mélodique tonal sur la perception de sons musicaux: approches comportementales et neurophysiologiques (Thèse de doctorat en sciences cognitives, mention neurosciences Université lumière Lyon 2).
- Marques C., Moreno S., Castro S.L. et Besson M. (2007). Musicians detect pitch violation in a foreign language better than nonmusicians: behavioral and electrophysiological evidence. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 19, 1453-1463.
- Moreno, S., Bialystok, E., Barac, R., Schellenberg, E.G, Cepeda, J. et Chau, T. (2011). Short-term music training enhances verbal intelligence and executive function. *Psychological Science* 22(11), 1425-1433.
-

- 
- Moreno, S., Marques, C., Santos, A., Santos, M., Castro, S.L. et Besson, M. (2008). Musical training influences linguistic abilities in 8-year-old children: more evidence for brain plasticity. *Cerebral Cortex*, 19(3), 712-723.
- Moussard, A., Rochette, F., et Bigand, E. (2012). La musique comme outil de stimulation cognitive. *L'Année psychologique*, 112, 499-542.
- Myachokov, A. et Posner, M.I. (2005). Attention in language. Dans Neurology of attention, L. Itti, G. Rees, et J. Tsotsos (Dir.), *Neurobiology of Attention*. San Diego, California, Etats-Unis d'Amérique : Academic Press, Elsevier, 324-329
- Neville, H. (2009). Comment la musique améliore-t-elle les aptitudes cognitives ?. Dans Dehaene S. et Petit, C. (Dir.), *Parole et musique – aux origines du dialogue humain*. Paris, France : Odile Jacob, 277-290.
- Norton, A., Zipse L., Marchina, S., et Schlaug, G. (2009). Melodic intonation therapy: shared insights on how it is done and why it might help. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1169, 431-436.
- Overy, K., Nicolson, R.I., Fawcett, A.J., and Clarke, E.F. (2003). Dyslexia and Music: Measuring Musical Timing Skills. *Dyslexia*, 9, 18-36.
- Patel, A.D. (2009). Music and the brain: three links to language. Dans Hallam, S., Cross, I. et Thaut, M., *The Oxford Handbook of Music Psychology*, 208-2016.
- Patel, A.D. (2011). Why would musical training benefit the neural encoding of speech? The OPERA hypothesis, *Frontiers in Psychology*, 2, 142.
- Poncelet, M. et Majerus, S. (2004). Des relations entre attention et langage. *Rééducation orthophonique*, 218, 83-93.
- Port, R.F. (2003). Meter and speech. *Journal of phonetics*, 31, 599-611
- Posner, M.I. (1980). Orienting of Attention. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 32, 3-25.
- Posner, M.I. et Petersen, S.E. (1990). The attention system of the human brain, *Annual review of Neuroscience*, 13, 25-42.
- Posner, M.I., & Raichle, M.E. (1994). Images of mind. *New York: Scientific American Books*.
- Posner, M.I., Patoine, B. (2009). How art training improves attention and cognition. The DANA foundation, récupéré à partir du site: <http://dana.org/news/cerebrum/detail.aspx?id=23206>
- Przybylski, L., Bedoin, N., Krifi-Papoz, S., Herbillon, V., Roche, D., Kotz, S.A., (...)Tillmann, B. (2013). Rhythmic auditory stimulation Influences Syntactic Processin in Children with Developmental Language Disorders. *Neuropsychology*, 27(1), 121-131.
-

---

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

Redsand, G. (2010). *Orientation de l'attention spatiale en modalités visuelle et auditive chez l'enfant normo-lecteur et dyslexique*. Mémoire de Master 1, Spécialité Psychologie Cognitive et Neuropsychologie, Université Lyon 2.

Redsand, G., Bedoin, N., Ferragne, E. (2010). Orientation de l'attention spatiale en modalités visuelle et auditive chez l'enfant normolecteur et dyslexique (Mémoire de première année de master, Sciences humaines et sociales, Mention : sciences cognitives). Université Lumière Lyon 2.

Ridderinkhof, K.R. et Van der Stelt, O. (2000). Attention and selection in the growing child: views derived from developmental psychophysiology. *Biological Psychology*, 54, 55–106.

Sadakata, M. et Sekiyama, K. (2011). Enhanced perception of various linguistic features by musicians: A cross linguistic study. *Acta Psychologica*, 138, 1-10.

Särkämö, T., Tervaniemi, M., Laitinen, S., Forsblom, A., Soinila, S., Mikkonen, M., (...)Hietanen, M. (2008). Music listening enhances cognitive recovery and mood after middle artery stroke. *Brain*, 131, 866-876.

Schelleberg, E.G. (2005). Music and cognitive abilities. *Current directions in psychological science*, 6(14), 317-320.

Schelleberg, E.G., Husain, G. et Forde Thompson, W. (2002). Effects of musical tempo and mode on arousal, mood, and spatial abilities. *Music perception*, 20(2), 151-171.

Schellenberg, E.G., Bigand, E., Poulin-Charronnat, B., Garnier, C. et Stevens, C. (2005). Children's implicit knowledge of harmony in Western music. *Developmental Science* 8(6), 551-566.

Schiffman, S.N. (2001). Le cerveau en constant reconstruction: le concept de plasticité cérébrale. *Cahiers de psychologie clinique*, 16, 11-23.

Schneider, P., Scherg, M., Dosch, G., Specht, H.J., Gutschalk, A., et Rupp, A. (2002). Morphology of Heschl's gyrus reflects enhanced activation in the auditory cortex of musicians. Nature publishing group: <http://dx.doi.org/10.1038/nm871>

Schön, D. et François, C. (2011, juillet). Musical expertise and statistical learning of musical and linguistic structures. *Frontiers in psychology* 2, 167.

Serreboubée, C., Tournière, S., Frambourg, S. et Donnadiou, S. (2011, novembre). *Effet d'un entraînement musical sur les compétences verbales et musicales : étude de deux cas d'enfants dysphasiques*. Communication présentée au Colloque international INS HEA, Sensorialité et handicap. Écouter, agir : musique et plasticité cérébrale, Paris.

Shahin, A.J. (2011). Neurophysiological influence of musical training on speech perception. *Frontiers in psychology* 2(126), 1-10.

---

---

Slevc L.R. et Miyake A. (2006). Individual differences in second-language proficiency: does musical ability matter? *Psychological Science*, 17(8), 675-81.

Soto, D., Funes, M.J., Guzman-Garcia, A., Warbrick, T., Rotshtein, P. et Humphreys, G.W. (2009). Pleasant music overcomes the loss of awareness in patients with visual neglect. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 106(14), 6011-6016.

Tallal, P. et Gaab, N. (2006). Dynamic auditory processing, musical experience and language development. *Trends in neurosciences*, 29(7), 382-390.

Thaut, M.H, Peterson, D.A, et McIntosh G.C. (2005). Temporal entrainment of cognitive functions : Musical mnemonics induce brain plasticity and oscillatory synchrony in neural networks underlying memory. *Annals of the NewYork Academy of Sciences 1060*, 243-254.

Thaut, M.H. (2003). Neurol basis of rhythmic timing networks in the human brain. *Annals of the NewYork Academy of Sciences 999*, 364-373.

Thaut, M.H., Gardiner, J.C, Holmberg, D., Horwitz, J., Kent, L., Andrews, G., (...)McIntosh, G.R. (2009). Neurologic music therapy improves executive function and emotional adjustment in traumatic brain injury rehabilitation. *The Neurosciences and music III: Disorders and plasticity, Annals of the NewYork Academy of Sciences*, 406-416.

Touzin, M. (2004). Troubles des apprentissages et attention. *Rééducation orthophonique*, 218, 141-147.

Trommer, B.L., Hoepfner, J.A.B., Lorber, R. et Armstrong K.J. (2004). The Go—No-Go paradigm in attention deficit disorder. *Annals of Neurology*, 5(24), 610-614.

Wodon, I. (2009). *Déficit de l'attention et hyperactivité chez l'enfant et l'adolescent*. Wavre, Belgique : Mardaga.

Comblain, A. (2000). Mémoire de travail et langage. Dans Rondal, J.A. et Seron, X. (Dir), *Troubles du langage, bases théoriques, diagnostic et rééducation*. Sprimont, Belgique : Mardaga, 311-347

---

### **Test orthophonique:**

---

Jacquier-Roux, M., Lequette, C., Pouget, G., Valdois, S., et Zorman, M. (2010). *Batterie Analytique du Langage Ecrit (BALE)*. Grenoble : CogniSciences.

---

## GLOSSAIRE

---

Binaire : un temps binaire correspond à la division d'un temps en deux parties égales

Intensité : caractéristique permettant de distinguer un son fort d'un son faible

Mélodie : Succession ordonnée de sons dont l'écriture linéaire constitue une forme.

Métrique : alternance régulière d'éléments forts et faibles dans la musique. Cette alternance d'éléments forts et faibles définit un schème métrique, commun à l'ensemble du morceau de musique (binaire ou ternaire par exemple). Les régularités temporelles peuvent être perçues à des niveaux hiérarchiques plus rapides ou plus lents que la période de référence mise en place par l'individu qui écoute une pièce musicale (la pulsation peut être multipliée ou divisée)

Polyphonie : Combinaison de plusieurs voix ou instruments, de plusieurs parties dans une composition.

Tempo (de l'italien tempo : « temps ») : allure (rapidité relative, vitesse ou encore mouvement) d'exécution d'une œuvre musicale

Ternaire : Un temps ternaire est un temps divisible en trois parties

Timbre : Le timbre d'un son est caractérisé par l'intensité relative de ses harmoniques. En musique, cela renvoie à la qualité spécifique des sons produits par un instrument ou une voix. Dans le langage, le timbre correspond à la qualité spécifique du son, qui nous permet de distinguer par exemple un a d'un o, un e ouvert [ɛ] d'un e fermé [e]

Fréquence : Nombre de cycles identiques d'un phénomène par unité de temps (en général, par seconde). La fréquence de l'onde sonore va caractériser sa hauteur, mesurée en Hertz (Hz).

Rythme : l'enveloppe rythmique est ce qui détermine la durée des notes les unes par rapport aux autres. Elle s'inscrit dans le schème métrique.

Mélodie : Ensemble de sons successifs de hauteur variable, ayant entre eux des rapports tels que leur perception globale soit capable de satisfaire à la fois l'intelligence et la sensibilité

Majeur : mode standard du système tonal (musique occidentale). Il possède des sonorités gaies et lumineuses.

Mineur : peut revêtir trois formes : naturelle, harmonique ou mélodique. Plus sombre, et plus intériorisé par rapport au mode majeur.

Quarte juste : Intervalle de quatre degrés dans la gamme diatonique. (dans la Marseillaise, intervalle entre en- et -fant pour « allons en-fants... »)

Syncopé : un son qui démarre sur un temps faible ou sur la partie faible d'un temps, et il est prolongé sur un temps fort ou une partie forte d'un temps

---

## **ANNEXES**

---

---

## **Annexe I : Lettre d'informations donnée au parents des participants à l'épreuve.**

### **Notice d'information pour les parents (ou représentant légal)**

#### **Etude :**

« Effets d'un entraînement par la musique et les livres audio sur les fonctions attentionnelles »

Centre de Recherche en Neurosciences de Lyon  
Inserm U1028 - CNRS UMR5292  
Université Claude-Bernard Lyon1  
Equipe : CAP - Cognition Auditive et Psychoacoustique UMR 5020  
Responsable : Barbara Tillmann  
50 avenue Tony Garnier  
69366 LYON Cedex 07  
France

Clémence HUET  
93 rue de Marseille  
69007 Lyon  
clemence.huet@gmail.com

---

Aude JULIEN-LAFERRIERE  
3 rue Sala  
69002 Lyon  
ajlaferriere@gmail.com



Université Claude Bernard – Lyon 1  
Institut des Sciences et Techniques de  
Réadaptation  
Orthophonie, 4<sup>ème</sup> année  
Responsable du suivi méthodologique des

Lyon, le 10 juillet

Madame, monsieur,

Nous nous permettons de prendre contact avec vous dans le cadre d'une étude portant sur la musique et les troubles de l'attention chez l'enfant. Nous réalisons cette étude dans le cadre de notre formation en orthophonie où nous devons effectuer un mémoire de recherche (vous pouvez contacter notre responsable du suivi des mémoires pour plus d'informations sur l'institut et la formation si vous le souhaitez : [agnes.witko@orange.fr](mailto:agnes.witko@orange.fr)). Nous sommes encadrées pour ce projet d'étude par Barbara Tillmann, chercheur CNRS et directrice de l'équipe CAP au sein du CRNL.

---

Il est fréquent en clinique que les orthophonistes soient confrontés, outre les troubles du langage, à d'importants troubles de l'attention chez l'enfant, qui peuvent entraver sa rééducation.

Ainsi, nous souhaitons comparer les effets d'un entraînement musical et ceux de l'écoute de livres audio sur les fonctions attentionnelles d'enfants ayant des troubles de l'attention.

Nous sollicitons votre accord pour que de votre enfant participe à cette étude.

### **Déroulement de l'étude :**

Un entraînement sera proposé aux enfants, soit de manière trihebdomadaire (une demi-heure environ), durant six semaines, soit de manière quotidienne (un quart d'heure), durant six semaines. Nous leur proposerons aussi, à trois reprises, des exercices qui demandent de l'attention.

#### ❖ 1<sup>er</sup> groupe d'enfant

- test / entraînement (musique) / test

Visite 1 = semaine 1 : test : évaluation des capacités attentionnelles et langagières en 3 séances.

Entraînement : semaine 3 à 9

Semaine 11 : test

#### ❖ 2<sup>ème</sup> groupe d'enfant

- test / entraînement (livres audio) / test

Visite 1 = semaine 1 = test

Entraînement : semaine 3 à 9

Semaine 11 = test

La fonction de la première série de tests est de constituer deux groupes homogènes d'enfants. Ceux qui ne se rapprochent pas assez de ce groupe ne seront pas sélectionnés pour l'étude.

Dans notre étude, nous comparerons les résultats d'enfants ayant eu l'entraînement musical avec ceux des enfants ayant écouté de la parole enregistrée pendant la même période.

### **Bénéfices / Risques attendus**

Notre étude ne présente pas de bénéfice direct et ne représente et aucun danger pour votre enfant.

### **Données informatisées**

Si des données informatisées devaient être enregistrées lors de cette étude, elles seront identifiées par un numéro de code alphanumérique.

---

Vous pourrez exercer un droit d'accès et de rectification à tout moment.

Vous disposez également d'un droit d'opposition à la transmission des données couvertes par le secret professionnel susceptibles d'être utilisées dans le cadre de cette étude et être traitées.

**Confidentialité :**

Les données concernant votre enfant telles que les tests réalisés pendant l'étude resteront strictement confidentielles et ne seront pas rendues publiques. Les informations provenant du dossier de votre enfant ne seront utilisées que pour cette étude et les publications qui en découleront à partir des résultats.

L'identité de votre enfant sera protégée dans tous les cas et l'ensemble des données sera traité pour le groupe entier des enfants.

**Disposition réglementaire**

Vous êtes entièrement libre d'accepter ou de refuser que votre enfant participe à cette recherche.

Si vous décidez que votre enfant peut participer à cette étude, vous ou votre enfant pouvez changer d'avis à tout moment et interrompre sa participation sans aucun préjudice et sans que votre responsabilité soit engagée.

**Droit d'information concernant la recherche**

A l'issue de cette recherche, toutes les informations que vous souhaitez obtenir ultérieurement concernant cette étude vous seront communiquées. Les résultats de cette étude peuvent être présentés à des congrès ou dans des publications scientifiques. Cependant, les données personnelles de votre enfant ne seront aucunement identifiables et votre anonymat ainsi que celui de votre enfant seront entièrement respectés.

Nous joignons à cette lettre un formulaire d'autorisation parentale. Nous vous remercions d'avance de bien vouloir le remplir si vous acceptez que votre enfant participe à notre étude.

Nous sommes à votre entière disposition si vous souhaitez de plus amples informations. D'avance merci pour votre participation et pour l'aide que vous apporterez à notre projet.

Nous vous prions de croire, Madame, Monsieur, en l'expression de nos salutations respectueuses.

Aude Julien-Laferrière  
Clémence Huet

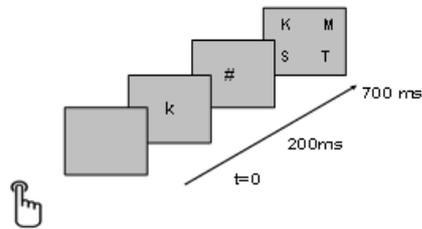
---

## **Annexe II : Fiche de renseignements adressée à tous les participants**

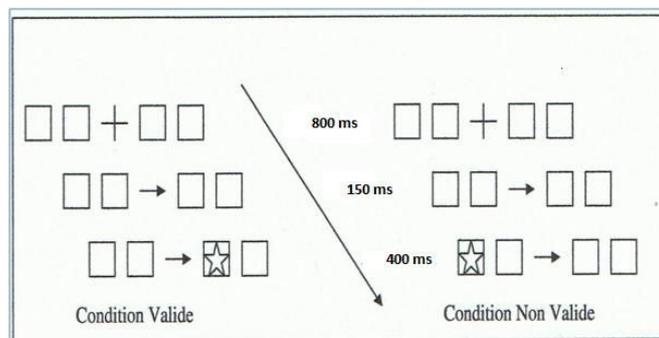
- Date de naissance de l'enfant :
- Sexe :
- Classe scolaire :
- Frères et sœurs (et les âges) :
- Loisirs de l'enfant :
- L'enfant aime-t-il écouter de la musique
- Si oui, qu'écoute-t-il ?
- L'enfant aime-t-il qu'on lui raconte des histoires ?
- Latéralité :
- Suivi médical ou paramédical :
- Problèmes auditifs :
- Profession des parents :

## Annexe III : Figures d'épreuves

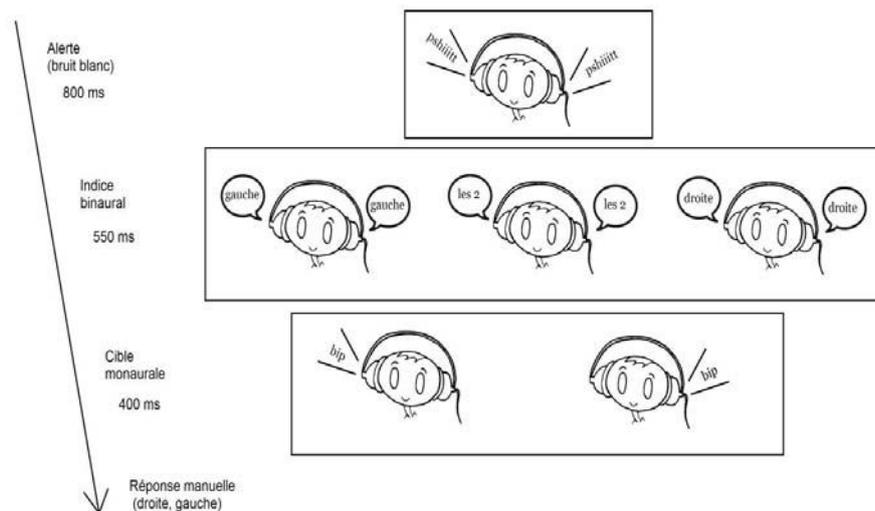
### 1. Epreuve de stabilité de l'attention



### 2. Epreuve d'indication endogène en modalité visuelle



### 3. Epreuve d'indication endogène en modalité auditive



---

## Annexe IV : Matériel de l'épreuve de segmentation syllabique

### 1. Liste des stimuli de l'expérience de segmentation syllabique à l'écrit

Stimulis avec frontière syllabique C.C		Stimulis avec frontière syllabique V.C
mepta	melta	bufril
bictil	birtil	moglon
spuctof	spurtof	naclef
mectu	mertu	gantrol
stectil	stertil	ducrel
gripta	grilta	diflar
biptir	biltir	zotrec
septir	steltir	sauplon
suptoc	spultoc	nutran
		doflis
		roplou
		bacrin
		pantru
		fougri
		piclou
		ratic
		cafrant
		rutrif
		glita
		meglou

**2. Liste des mots et pseudo-mots présentés à l'oral dans l'épreuve auditive en fonction des conditions S+ et S-**

Mots		Pseudo-mots	
Haut contraste à la frontier syllabique (S+)	Bas contraste à la frontier syllabique (S-)	Haut contraste à la frontier syllabique (S+)	Bas contraste à la frontier syllabique (S-)
partie (/paRti/)	dictée (/dikte/)	burto (/byRto/)	bucto (/bykto/)
sortie (/sɔRti/)	acteur (/aktœR/)	bortou (bɔRtu/)	boctou (/bɔktu/)
carton (kaRtɔ̃)	lecture (/lɛktyR/)	dartu (/daRty/)	dactu (dakty/)
tortue (/tɔRty/)	docteur (/dɔktœR/)	dourti (/duRti/)	doucti (/dukti/)
porter (/pɔRte/)	actif (/aktif/)	nourti (nuRti/)	noucti (/nukti/)
marteau (/maRto/)	cactus (/kaktys/)	nortou (/noRtu/)	noctou (/noktu/)
ultime (/yltim/)	capté (/kapte/)	bulto (/bylto/)	bupto (/bypto/)
ultra (/yltRa/)	optique (/ɔptik/)	boltou (/bɔltu/)	boptou (/boptu/)
voltige (/vɔltiz/)	captif (/kaptif/)	daltu (/dalty/)	daptu (/dapy/)
culture (/kyltyR/)	reptile (Rɛptil/)	doulti (/dulti/)	doupti (/dupti/)
altesse (/altɛs/)	rupture (Ryptyr/)	noulti (/nulti/)	noupti (/nupti/)
delta (/dɛlta/)	dompteur (dɔ̃ptœR/)	noltou (/noltu/)	noptou (/noptu/)

**3. Liste des mots et pseudo-mots avec frontière V.C présentés à l'oral dans l'épreuve auditive.**

Mots	Pseudo-mots
rempli	douclin
souffler	tupra
boucler	gifrer
secret	réplon
mépris	bamplé
pétrin	tacron
Sacré	gaplou
patron	pagré

---

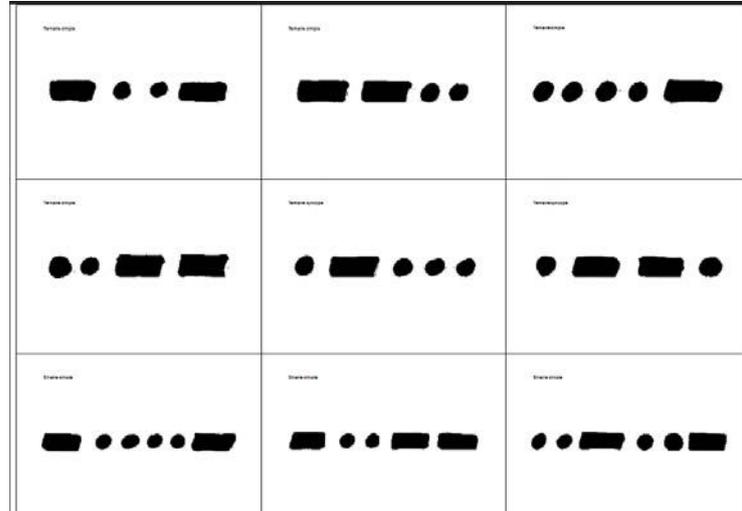
## Annexe V : Plateau du jeu de l'entraînement musical



---

## Annexe VI : Exemples de cartes des différentes activités

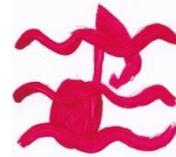
### 1. Les rythmes

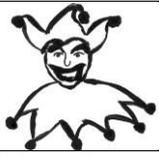
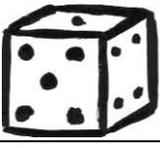
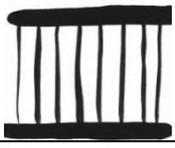
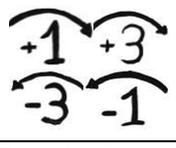
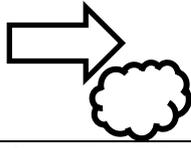


### 2. Les riffs



## Annexe VII : Récapitulatif des activités du jeu

	REPERAGE DE CIBLE	RIFFS	RYTHMES	POLYPHONIE	COCKTAIL PARTY
					
<i>Att</i> <sup>o</sup>	Soutenue, sélective	Soutenue, dynamique	Dynamique (jones)	Divisée	Sélective
<i>Jeu</i>	L'enfant danse (ou gigote) et doit s'arrêter lorsqu'il entend la cible / ou s'asseoir.	Idée de « star du rock'n'roll » : imiter le joueur d'un instrument	Avec un sifflet : sons longs ou court (équivalent proportionnel à blanche / noire)	Associer sa production musicale (vocale) à celle de l'autre : l'enfant chante avec l'autre dans différentes conditions	L'enfant détecte une mélodie dans le brouhaha
<i>Niv 1.</i>	Cible récurrente (régulière), apparition sans fond	Batterie : taper en rythme (1 frappe) (caisse claire)	Reconnaissance : pareil / pas pareil	Chant – à l'unisson	Présence/non de la mélodie derrière le bruit de foule
<i>Niv 2.</i>	Cible récurrente (régulière), apparition sur fond	Batterie : taper en rythme (frappes multiples - 2 mains) (caisse claire + tom)	Reproduction sur exemple	Chant – en canon	Reconnaissance la mélodie derrière le bruit de fond
<i>Niv 3.</i>	Apparition irrégulière de la cible, sur fond	Guitare : se synchroniser avec le pattern du riff	Production guidée par une « partition » (sons longs / courts)	Chant – polyphonie (ligne de basse)	Reconnaissance de l'instrument derrière le bruit de fond

Autres cases du plateau					
	Joker : le joueur choisit l'activité qu'il veut faire	Le joueur relance le dé	Prison : le joueur passe le tour suivant	Reculer / avancer de X case(s)	Départ / arrivée

---

## Annexe VIII : Liste des morceaux utilisés pour l'écoute quotidienne

Ci-dessous quelques exemples des morceaux sélectionnés d'après les goûts des enfants, pour la création de compilations pour l'écoute quotidienne.

Elle me dit	Ben l'oncle Soul
Soulman	Ben l'oncle Soul
Machistador	M
We will rock you	Queen
C'est vraiment toi	Téléphone
Tomber la chemise	Zebda
La jument de Michao	Nolwenn
Printemps	Cœur de Pirate
Bruxelles	Bénabar
Le dîner	Bénabar
Toi + moi	Grégoire
Moi c'est	Camélia Jordana
Non non non	Camélia Jordana
Fais pas ci, fais pas ça	Jacques Dutronc
Les cactus	Jacques Dutronc
Mambo n°5	Lou Bega
Down the road	C2C
If I ever feel better	Phoenix
Marcia Baila	Les Rita Mitsouko
Le bal masque	La compagnie créole
Je ne suis pas un héro	Daniel Balavoine
D.A.N.C.E	Justice
Fatigante	Louise Attaque
Thank God it's christmas	Queen
Another One Bites The Dust	Queen
Bohemian Rhapsod	Queen
Crazy Little Thing Called Love	Queen
What'd I say	Ray Charles
Satisfaction	The Rolling Stones
New-York avec toi	Téléphone

---

## **Annexe IX : Entraînement livre audio**

### **1. Liste des livres audio utilisés**

Le Petit Prince

Le Petit Nicolas

Charlie et la Chocolaterie

Les contes du Chat Perché

### **2. Exemples de questions de compréhension**

-Contes rouges du chat perché, La patte du chat.

#### **Question de l'extrait 1 :**

-Quelle est la bêtise que font Marinette et Delphine ?

Réponse de l'enfant :

.....

Réponse attendue : Elles cassent un plat en faïence en jouant.

-Charlie et la chocolaterie CD1

#### **Question de l'extrait 1 :**

-Quel jour de l'année Charlie a-t-il droit à du chocolat ?

Réponse de l'enfant :

.....

Réponse attendue : Le jour de son anniversaire.

## Annexe X : Feuilles de route à remplir quotidiennement

### 1. Entraînement musical

<b>FEUILLE DE ROUTE - Entraînement musical</b> <i>Ecoute quotidienne (15min) de musique</i>
ENFANT : _____ - N° _____
Semaine n° <input style="width: 30px; height: 20px;" type="text"/>

	*Musique(s) écoutée(s)	*En _ fois	*Ecoute active	Remarques
<b>Lundi</b>		<input type="checkbox"/> 1 fois <input type="checkbox"/> 2 fois <input type="checkbox"/> 3 fois	<input type="checkbox"/> taper des mains <input type="checkbox"/> danse <input type="checkbox"/> autre : .....	
<b>Mardi</b>		<input type="checkbox"/> 1 fois <input type="checkbox"/> 2 fois <input type="checkbox"/> 3 fois	<input type="checkbox"/> taper des mains <input type="checkbox"/> danse <input type="checkbox"/> autre : .....	
<b>Mercredi</b>		<input type="checkbox"/> 1 fois <input type="checkbox"/> 2 fois <input type="checkbox"/> 3 fois	<input type="checkbox"/> taper des mains <input type="checkbox"/> danse <input type="checkbox"/> autre : .....	
<b>Jeudi</b>		<input type="checkbox"/> 1 fois <input type="checkbox"/> 2 fois <input type="checkbox"/> 3 fois	<input type="checkbox"/> taper des mains <input type="checkbox"/> danse <input type="checkbox"/> autre : .....	
<b>Vendredi</b>		<input type="checkbox"/> 1 fois <input type="checkbox"/> 2 fois <input type="checkbox"/> 3 fois	<input type="checkbox"/> taper des mains <input type="checkbox"/> danse <input type="checkbox"/> autre : .....	
<b>Samedi</b>		<input type="checkbox"/> 1 fois <input type="checkbox"/> 2 fois <input type="checkbox"/> 3 fois	<input type="checkbox"/> taper des mains <input type="checkbox"/> danse <input type="checkbox"/> autre : .....	
<b>Dimanche</b>		<input type="checkbox"/> 1 fois <input type="checkbox"/> 2 fois <input type="checkbox"/> 3 fois	<input type="checkbox"/> taper des mains <input type="checkbox"/> danse <input type="checkbox"/> autre : .....	

Sur la semaine..:

<i>Plaisir éprouvé</i>	<p>*1  -  -   </p>	<p>__ / 10 0 - 1 - 2 - 3 - 4 - 5 - 6 - 7 - 8 - 9 - 10</p>
	<p>C'est : <input type="checkbox"/> amusant - <input type="checkbox"/> détenteant - <input type="checkbox"/> excitant - <input type="checkbox"/> facile - <input type="checkbox"/>          autre : .....</p>	
	<p>C'est : <input type="checkbox"/> fatigant - <input type="checkbox"/> ennuyeux - <input type="checkbox"/> agaçant - <input type="checkbox"/> difficile - <input type="checkbox"/>          autre : .....          Parce que :</p>	
<i>Remarques générales</i>		

## 2. Entraînement parole

<b>FEUILLE DE ROUTE - Entraînement auditif (parole)</b> <i>Ecoute quotidienne (15min) de livre audio</i>
ENFANT : _____ - N° _____
Semaine n° <input style="width: 30px; height: 20px;" type="text"/>

	*Histoire	*Pistes	*En _ fois	*Réponses aux questions	Remarques
<i>Lundi</i>		- - -	<input type="checkbox"/> 1 fois <input type="checkbox"/> 2 fois <input type="checkbox"/> 3 fois	<input type="checkbox"/> bonne <input type="checkbox"/> mauvaise <input type="checkbox"/> se rapproche <input type="checkbox"/> pas de réponse	
(...) Mardi, Mercredi, Jeudi, Vendredi.					
<i>Samedi</i>		- - -	<input type="checkbox"/> 1 fois <input type="checkbox"/> 2 fois <input type="checkbox"/> 3 fois	<input type="checkbox"/> bonne <input type="checkbox"/> mauvaise <input type="checkbox"/> se rapproche <input type="checkbox"/> pas de réponse	
<i>Dimanche</i>		- - -	<input type="checkbox"/> 1 fois <input type="checkbox"/> 2 fois <input type="checkbox"/> 3 fois	<input type="checkbox"/> bonne <input type="checkbox"/> mauvaise <input type="checkbox"/> se rapproche <input type="checkbox"/> pas de réponse	
<b>Sur la semaine..:</b>					
<i>Plaisir éprouvé</i>	*2  -  -  / 10 0 - 1 - 2 - 3 - 4 - 5 - 6 - 7 - 8 - 9 - 10				
	C'est : <input type="checkbox"/> amusant - <input type="checkbox"/> détenteant - <input type="checkbox"/> excitant - <input type="checkbox"/> facile - <input type="checkbox"/> autre :.....				
	C'est : <input type="checkbox"/> fatigant - <input type="checkbox"/> ennuyeux - <input type="checkbox"/> agaçant - <input type="checkbox"/> difficile - <input type="checkbox"/> autre :.....				
	Parce que :				
<i>Remarques générales</i>					

---

## Annexe XI : Grilles de fin d'entraînement musical

### 1. Pour l'enfant

<i>Pour l'enfant</i>	
Le jeu	2
L'écoute quotidienne	3
L'entraînement (global)	4
Et maintenant...	5
<i>Pour le(s) parent(s)</i>	
L'entraînement	6
Et maintenant...	7
Notes additionnelles	8

Bonjour et merci tout d'abord d'avoir accepté de participer à l'entraînement musical.

Voici un questionnaire qui nous permettra d'évaluer ce que nous vous avons proposé ces dernières semaines. Nous vous demandons de le remplir sincèrement, il n'y a ni bonne, ni mauvaise réponse. Nous n'avons aucune attente de votre part et ne cherchons qu'à comprendre que nous aurions pu mieux faire (et ce que nous avons bien fait), ce pour quoi nous avons besoin de réponses les plus franches possible.

Pour la partie à remplir par votre enfant, il faudrait qu'il la complète tout seul le plus possible, afin que ses réponses soient spontanées. Toutefois, il se peut que quelques questions aient besoin d'être clarifiées, auquel cas vous pouvez bien sûr lui apporter de l'aide.

Dans la mesure du possible, remplissez au maximum les grilles, mais si certaines questions ne vous parlent pas, n'y répondez pas. De la même manière, si les choix multiples ne vous conviennent pas, quitte à spécifier une autre proposition qui vous vient à l'esprit, il ne sert à rien de cocher au hasard. Deux pages vierges sont ajoutées à la fin : c'est une place pour vos notes additionnelles, qui sont également optionnelles. Toutes les remarques sont les bienvenues et si vous pensez à quelque chose qui n'est pas mentionné dans le questionnaire ou pour lequel vous n'aviez plus de place, ne vous retenez pas !

Nous restons à votre entière disposition (contacts en bas de la feuille) pour vos questions, Merci encore et à bientôt !

Clémence et Aude

Le jeu	J'ai aimé / pas aimé	 -  - 	__ / 10															
	J'ai aimé parce que	C'est : <input type="checkbox"/> amusant - <input type="checkbox"/> détenteant - <input type="checkbox"/> excitant - <input type="checkbox"/> facile <input type="checkbox"/> autre :.....																
	Je n'ai pas aimé parce que	C'est : <input type="checkbox"/> fatigant - <input type="checkbox"/> ennuyeux - <input type="checkbox"/> agaçant - <input type="checkbox"/> difficile <input type="checkbox"/> autre :.....																
	J'aimerais bien continuer	<input type="checkbox"/> oui <input type="checkbox"/> non																
	Les séances étaient	<input type="checkbox"/> trop longues <input type="checkbox"/> trop courtes <input type="checkbox"/> juste bien <input type="checkbox"/> trop fréquentes <sup>1</sup> <input type="checkbox"/> pas assez fréquentes <input type="checkbox"/> juste bien																
	Les activités du jeu étaient :	<table border="1"> <tr> <td></td> <td>Repérage de cible</td> <td>  -             -             </td> </tr> <tr> <td></td> <td>Star du rock</td> <td>  -             -             </td> </tr> <tr> <td></td> <td>Rythmes (harmonica)</td> <td>  -             -             </td> </tr> <tr> <td></td> <td>chansons</td> <td>  -             -             </td> </tr> <tr> <td></td> <td>Musique dans le brouhaha</td> <td>  -             -             </td> </tr> </table>		Repérage de cible	 -  - 		Star du rock	 -  - 		Rythmes (harmonica)	 -  - 		chansons	 -  - 		Musique dans le brouhaha	 -  - 	
		Repérage de cible	 -  - 															
		Star du rock	 -  - 															
		Rythmes (harmonica)	 -  - 															
		chansons	 -  - 															
	Musique dans le brouhaha	 -  - 																
	Autres remarques sur une ou les activités : ..... .....																	
Ce que j'aurais aimé faire de plus	.....																	
Comment j'aurais amélioré le jeu	.....																	
As-tu autre-chose à dire sur le jeu ?																		

<b>Ecouter la musique à la maison (15 minutes par jour)</b>	J'ai aimé / pas aimé	 -  - 	__ / 10
	J'ai aimé parce que	C'est : <input type="checkbox"/> amusant - <input type="checkbox"/> détenteant - <input type="checkbox"/> excitant - <input type="checkbox"/> facile <input type="checkbox"/> autre :..... :.....	
	Je n'ai pas aimé parce que	C'est : <input type="checkbox"/> fatigant - <input type="checkbox"/> ennuyeux - <input type="checkbox"/> agaçant - <input type="checkbox"/> difficile <input type="checkbox"/> autre :..... :.....	
	J'aimerais bien continuer	<input type="checkbox"/> oui <input type="checkbox"/> non	
	A faire c'était :	chaque jour : <input type="checkbox"/> trop long <input type="checkbox"/> trop court <input type="checkbox"/> juste bien dans la semaine : <input type="checkbox"/> trop fréquent <input type="checkbox"/> pas assez fréquent <input type="checkbox"/> juste bien	
	Sur la musique, j'aime :	<input type="checkbox"/> taper dans les mains <input type="checkbox"/> danser <input type="checkbox"/> autre : .....	
	J'aime bien faire cette activité	<input type="checkbox"/> Avec papa / maman <input type="checkbox"/> avec mon frère / ma sœur <input type="checkbox"/> avec un(e) ami(e) <input type="checkbox"/> tout seul	
	Ce que j'aurais aimé faire de plus :	:.....	
	Comment je ferais pour améliorer l'activité :		
	As-tu autre-chose à dire sur cette activité ?		

<b>L'entraînement (écoute &amp; jeu)</b>	J'ai aimé / pas aimé	 -  - 	__ /10
	La période d'entraînement était	<input type="checkbox"/> trop longue <input type="checkbox"/> trop courte <input type="checkbox"/> juste bien	
	L'entraînement m'a demandé du travail	<input type="checkbox"/> pas du tout <input type="checkbox"/> un peu <input type="checkbox"/> beaucoup <input type="checkbox"/> trop	
	Globalement c'était	<input type="checkbox"/> fatigant - <input type="checkbox"/> ennuyeux - <input type="checkbox"/> agaçant - <input type="checkbox"/> difficile <input type="checkbox"/> amusant - <input type="checkbox"/> détenteant - <input type="checkbox"/> excitant - <input type="checkbox"/> facile <input type="checkbox"/> autre :..... Pourquoi ? .....	
	Parfois c'était	<input type="checkbox"/> fatigant - <input type="checkbox"/> ennuyeux - <input type="checkbox"/> agaçant - <input type="checkbox"/> difficile <input type="checkbox"/> amusant - <input type="checkbox"/> détenteant - <input type="checkbox"/> excitant - <input type="checkbox"/> facile <input type="checkbox"/> autre :..... Quand ? ..... Pourquoi ? .....	
	Ce que j'ai préféré	.....	
	Ce que j'ai moins aimé	.....	
	J'aimerais bien continuer	<input type="checkbox"/> oui <input type="checkbox"/> non	
As-tu autre-chose à dire sur ton entraînement musical?			

<i>Et maintenant...</i>	Par rapport à avant, j'ai envie d'écouter de la musique	<input type="checkbox"/> autant <input type="checkbox"/> plus souvent <input type="checkbox"/> beaucoup plus souvent <input type="checkbox"/> moins souvent
	J'écoute de la musique	<input type="checkbox"/> le matin <input type="checkbox"/> le soir <input type="checkbox"/> dans la journée ..... .....
	Quand j'écoute de la musique, je	<input type="checkbox"/> danse <input type="checkbox"/> tape des mains <input type="checkbox"/> ne fais rien de plus <input type="checkbox"/> autre : ..... .....
	Quand j'ai écouté de la musique, j'ai	<input type="checkbox"/> plus besoin de bouger <input type="checkbox"/> moins besoin de bouger <input type="checkbox"/> envie de dormir
	As-tu d'autres remarques ? D'autres envies ? .. ?	

## 2. Pour le parent

<b>L'entraînement</b>	La durée (6 semaines)	<input type="checkbox"/> très longue <input type="checkbox"/> longue <input type="checkbox"/> normale <input type="checkbox"/> courte
	L'investissement (pour vous)	<input type="checkbox"/> très lourd <input type="checkbox"/> lourd <input type="checkbox"/> moyen <input type="checkbox"/> léger <ul style="list-style-type: none"> <li>• Si vous avez coché <i>lourd</i> ou <i>très lourd</i>, cela concerne :           <ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> l'écoute quotidienne (15 min)</li> <li><input type="checkbox"/> l'organisation pour mettre en place les séances</li> <li><input type="checkbox"/> le fait de devoir nous recevoir chez vous</li> <li><input type="checkbox"/> autre : .....</li> </ul> </li> </ul>
	L'écoute quotidienne	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vous avez senti votre enfant (globalement) :           <ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> volontaire   <input type="checkbox"/> peu investi   <input type="checkbox"/> passif   <input type="checkbox"/> enthousiaste</li> <li><input type="checkbox"/> autre : .....</li> </ul> </li> <li>• Vous avez fait cette activité avec votre enfant : <input type="checkbox"/> oui   <input type="checkbox"/> non</li> <li>• Si oui, y preniez-vous (aussi) du plaisir ? <input type="checkbox"/> oui   <input type="checkbox"/> non</li> <li>• Ce que vous auriez aimé avoir de plus (support musical, encadrement plus concret de l'activité, etc.).....</li> </ul>
	Après le jeu, votre enfant était	<input type="checkbox"/> fatigué <input type="checkbox"/> excité <input type="checkbox"/> calme <input type="checkbox"/> content <input type="checkbox"/> mécontent <input type="checkbox"/> plus agité <input type="checkbox"/> moins agité <input type="checkbox"/> plus attentif <input type="checkbox"/> moins attentif ..... .....
	Après l'écoute quotidienne, votre enfant était	<input type="checkbox"/> fatigué <input type="checkbox"/> excité <input type="checkbox"/> calme <input type="checkbox"/> content <input type="checkbox"/> mécontent <input type="checkbox"/> plus agité <input type="checkbox"/> moins agité <input type="checkbox"/> plus attentif <input type="checkbox"/> moins attentif ..... .....
	Autres remarques concernant le jeu	..... .....
Autres remarques concernant l'écoute	..... .....	

	quotidienne	
	Concernant l'entraînement en général	..... ..... .....

<b>Et maintenant...</b>	Votre enfant écoute de la musique	<input type="checkbox"/> moins souvent <input type="checkbox"/> autant <input type="checkbox"/> plus souvent <input type="checkbox"/> beaucoup plus souvent <ul style="list-style-type: none"> <li>• Si vous avez coché plus souvent ou beaucoup plus souvent :</li> </ul> <input type="checkbox"/> spontanément (votre enfant demande, ou initie lui-même) <input type="checkbox"/> sur proposition  ..... .... ..... ....
	Réagit-il différemment à la musique depuis l'entraînement ?	<input type="checkbox"/> oui <input type="checkbox"/> non  <ul style="list-style-type: none"> <li>• Si oui :</li> </ul> ..... .....
	Avez-vous vu une évolution sur le plan du comportement depuis le début de l'entraînement ?	<input type="checkbox"/> oui <input type="checkbox"/> non <ul style="list-style-type: none"> <li>• Si oui : <input type="checkbox"/> plus agité   <input type="checkbox"/> moins agité  <input type="checkbox"/> plus attentif   <input type="checkbox"/> moins attentif  <input type="checkbox"/> plus impulsif   <input type="checkbox"/> moins impulsif</li> </ul> ..... <ul style="list-style-type: none"> <li>• Sur le plan du travail (scolaire) : <input type="checkbox"/> oui   <input type="checkbox"/> non</li> </ul> .....
	Autres remarques :	

## Annexe XII : Diplômes délivrés en fin d'entraînement

### 1. Entraînement musical

	<b>DIPLÔME</b>
	<b>du maxi musicien en herbe</b>
<b>Décerné à :</b> .....	
<b>Parties gagnées :</b> <input type="checkbox"/>	
<b>Certifié par :</b>	
Aude Jihel	Clémence Ache
	

### 2. Entraînement parole

	<b>DIPLÔME</b>
	<b>du champion des histoires</b>
<b>Décerné à :</b> .....	
<b>Histoires écoutées :</b>	
<i>Le petit Prince</i>	<i>Charlie et la chocolaterie</i>
<i>Les Contes du chat perché</i>	<i>Le petit Nicolas</i>
<b>Certifié par :</b>	
Aude Jihel	Clémence Ache
	

---

**Annexe XIII : Exemple de matériel sonore utilisé pour le jeu de l'entraînement musical**

Le matériel audio a été mis en ligne à l'adresse suivante :

[www-crnl.univ-lyon1.fr/ortho\\_musique](http://www-crnl.univ-lyon1.fr/ortho_musique)

---

## TABLE DES ILLUSTRATIONS

---

### I. Liste des figures

Figure 1: Attention dynamique et oscillateurs attentionnels : deux mesures sont représentées au-dessus d'une courbe d'oscillations attentionnelles synchronisées avec les trois niveaux métriques de la séquence, in Marmel p.75.....	21
Figure 2: relations supposées entre entraînement musical, traitement auditif et aptitudes en langage oral et écrit (d'après Overy, 2003, et Tallal & Gaab, 2006), in Habib & Besson (2008)..	21
Figure 4 : temps de réponses (panel de gauche) et pourcentages d'erreurs (panel de droite) de M1 à l'épreuve Audioner, en pré- et post-test, dans les trois conditions (valide, neutre, non-valide). Les barres d'erreur représentent l'intervalle de confiance .....	51
Figure 5: temps de réponses (panel de gauche) et pourcentages d'erreurs (panel de droite) de M1 à l'épreuve Posner visuel, en pré- et post-test, dans les trois conditions (valide, neutre, non-valide). Les barres d'erreur représentent l'intervalle de confiance à 9 .....	51
Figure 6: temps de réponses (panel de gauche) et pourcentages d'erreurs (panel de droite) de M2 à l'épreuve Audioner, en pré- et post-test, dans les trois conditions (valide, neutre, non-valide). Les barres d'erreur représentent l'intervalle de confiance à 95%.....	52
Figure 7: temps de réponses (panel de gauche) et pourcentages d'erreurs (panel de droite) de M2 à l'épreuve Posner visuel, en pré- et post-test, dans les trois conditions (valide, neutre, non-valide). Les barres d'erreur représentent l'intervalle de confiance à 95%.....	53
Figure 8: temps de réponses (panel de gauche) et pourcentages d'erreurs (panel de droite) de P1 à l'épreuve Audioner, en pré- et post-test, dans les trois conditions (valide, neutre, non-valide). Les barres d'erreur représentent l'intervalle de confiance à 95%.....	54
Figure 9: temps de réponses (panel de gauche) et pourcentages d'erreurs (panel de droite) de P1 à l'épreuve Posner visuel, en pré- et post-test, dans les trois conditions (valide, neutre, non-valide). Les barres d'erreur représentent l'intervalle de confiance à 95%.....	54
Figure 10: temps de réponses (panel de gauche) et pourcentages d'erreurs (panel de droite) de P2 à l'épreuve Audioner, en pré- et post-test, dans les trois conditions (valide, neutre, non-valide). Les barres d'erreur représentent l'intervalle de confiance à 95%.....	55

---

Figure 11: temps de réponses (panel de gauche) et pourcentages d’erreurs (panel de droite) de P2 à l’épreuve Posner visuel, en pré- et post-test, dans les trois conditions (valide, neutre, non-valide). Les barres d’erreur représentent l’intervalle de confiance à 95%.....	55
Figure 12: Résultats de M1 aux différents sous-tests de la BALE, en pré- et post-test. La ligne bleue indique le centile 50 correspondant à la médiane pour la population de la même classe scolaire.....	57
Figure 13: Résultats de M2 aux différents sous-tests de la BALE, en pré- et post-test.....	57
Figure 14: Résultats de P1 aux différents sous-tests de la BALE, en pré- et post-test.....	58
Figure 15: Résultats de P2 aux différents sous-tests de la BALE, en pré- et post-test.....	58

## VII. Liste des tableaux

Tableau 1: synthèse des données concernant les participants à l’étude.....	29
Tableau 2: Récapitulatif des épreuves qui ont été passées avec les participants.....	31
Tableau 3: Résultats des analyses statistiques de l’épreuve de go/no go en modalité auditive. Les astérisques signalent les différences significatives entre pré- et post-tests. Aug = augmentation des erreurs entre pré-et post-tests.....	46
Tableau 4: Résultats des analyses statistiques de l’épreuve de go/nogo en modalité visuelle avec le $t$ de Crawford et Howell (1998) et la probabilité associée comparant le score de fausses alarmes (FA) de chaque cas à celui du groupe contrôle en pré- et post-entraînement (un $t$ positif indique plus de FA chez le cas que chez les contrôles), et évaluation de l’évolution du score de FA pour chaque cas entre les étapes pré- et post-entraînement à partir du $z$ de Mellenbergh et van der Brink (1998). Les astérisques * indiquent les $p$ significatifs. ^ signifie que seule une partie des réponses a pu être prise en compte.....	47
Tableau 5: Résultats des analyses statistiques de l’épreuve de vigilance. Les astérisques signalent les différences significatives entre pré- et post-tests. Aug = augmentation des erreurs entre pré-et post-tests.....	49
Tableau 6: Résultats des analyses statistiques sur les épreuves du Stabilo. Les astérisques désignent les différences significatives.....	50
Tableau 7: Résultats des analyses statistiques de l’épreuve syllacut. Les astérisques signalent les différences significatives entre pré- et post-tests. Aug = augmentation des erreurs entre pré-et post-tests.....	56

---

---

Tableau 8: Résultats de la grille d'observation lors de l'entraînement de M1 .....	59
Tableau 9: Résultats de la grille d'observations lors de l'entraînement de M2 .....	60
Tableau 10: Résultats qualitatifs après entraînement de M1 .....	61
Tableau 11: Résultats qualitatifs après entraînement de M2 .....	61

## **VIII.**

---

# TABLE DES MATIERES

---

<b>ORGANIGRAMMES</b> .....	<b>2</b>
1. <i>Université Claude Bernard Lyon1</i> .....	2
1.1. Secteur Santé : .....	2
1.2. Secteur Sciences et Technologies : .....	2
2. <i>Institut Sciences et Techniques de Réadaptation FORMATION ORTHOPHONIE</i> .....	3
<b>REMERCIEMENTS</b> .....	<b>4</b>
<b>SOMMAIRE</b> .....	<b>5</b>
<b>INTRODUCTION</b> .....	<b>7</b>
<b>PARTIE THEORIQUE</b> .....	<b>8</b>
I. L'ATTENTION ET SON TROUBLE .....	9
1. <i>L'attention : définition, concepts</i> .....	9
1.1. Posner et al. (1990, 1994) : fonctions exécutives, alerte et orientation .....	9
1.2. Van Zomeren et Brouwer (1994) : Système superviseur attentionnel et sous-types de l'attention ..	10
1.3. Modélisation de la mémoire de travail (Baddeley, 1986).....	10
1.4. La théorie de l'attention dynamique (Jones, 1976) .....	11
1.5. Perspective développementale .....	11
2. <i>Attention et langage</i> .....	12
2.1. Corrélations entre troubles du langage et déficit attentionnel .....	12
2.2. Implication de l'attention dans le traitement langagier .....	12
2.3. La théorie de l'attention dynamique appliquée au traitement du langage .....	13
3. <i>Le Trouble à type de Déficit de l'Attention (TDA)</i> .....	14
3.1. Historique du TDA/H .....	14
3.2. Etiologie.....	14
3.3. Définition.....	14
3.4. Aspects thérapeutiques.....	15
3.5. Autres étiologies du déficit attentionnel.....	16
II. LA MUSIQUE : CORRELATS COGNITIFS ET NEURONAUX .....	16
1. <i>La plasticité cérébrale</i> .....	16
1.1. Définition, concept.....	16
1.2. Neuroplasticité des fonctions attentionnelles .....	17
1.3. Musique et plasticité cérébrale .....	17
2. <i>Musique et langage</i> .....	18
3. <i>Musique et attention</i> .....	19
3.1. Quelques études .....	19
3.2. Une meilleure répartition de l'attention dans le temps .....	20
III. REMEDIATION PAR LA MUSIQUE .....	21
1. <i>Effet de la stimulation musicale à court terme</i> .....	21
2. <i>L'entraînement musical : exemples et hypothèses</i> .....	22
2.1. Remédiation par la musique avec la dyslexie, dysphasie et autres troubles du langage .....	22
2.2. Entraînement de l'attention par la musique .....	23
<b>PROBLEMATIQUE ET HYPOTHESES</b> .....	<b>24</b>
I. PROBLEMATIQUE : .....	25
II. HYPOTHESES .....	25
1. <i>Hypothèse théorique générale</i> .....	25
2. <i>Hypothèses opérationnelles</i> .....	25
2.1. Hypothèse opérationnelle 1 .....	25
2.2. Hypothèse opérationnelle 2.....	26
<b>PARTIE EXPERIMENTALE</b> .....	<b>27</b>
I. ECHANTILLON .....	28
1. <i>Procédure pour la constitution de l'échantillon</i> .....	28
2. <i>Présentation des participants de l'étude</i> .....	28
2.1. Groupe entraînement musical .....	28
2.2. Groupe entraînement parole.....	29
2.3. Synthèse des données recueillies auprès des professionnels de santé, de la famille et de l'observation clinique .....	29

---

II.	DESCRIPTION DES TACHES UTILISEES POUR LES PRE- ET POST-TESTS (MATERIEL ET PROCEDURE) ...	30
1.	<i>Tâches relatives aux fonctions exécutives et à l'inhibition volontaire : Epreuve de Go/no go..</i>	31
1.1.	Epreuve de Go/no go en modalité auditive .....	32
1.2.	Epreuve de Go/no go en modalité visuelle.....	32
2.	<i>Tâches relatives à la vigilance et à la stabilité de l'attention</i> .....	33
2.1.	Epreuve de maintien de l'attention .....	33
2.2.	Stabilo.....	34
3.	<i>Tâches relatives à l'inhibition non volontaire et à l'attention visuo-spatiale</i> .....	35
3.1.	Epreuve d'orientation avec indiçage endogène en modalité auditive .....	35
3.2.	Epreuve d'orientation avec indiçage endogène en modalité visuelle .....	35
4.	<i>Tâches relatives au traitement langagier</i> .....	36
4.1.	Expérience de segmentation syllabique à l'écrit et à l'oral (nommée « Syllacut ») .....	36
4.2.	Epreuves de la Batterie Analytique du Langage Ecrit.....	38
4.2.1.	Dénomination rapide .....	38
4.2.2.	Suppression syllabique .....	38
4.2.3.	Segmentation phonémique.....	39
III.	ENTRAINEMENTS .....	39
1.	<i>Entraînement musical</i> .....	39
1.1.	Les séances de jeu .....	39
1.1.1.	Repérage de cible.....	40
1.1.2.	Les riffs.....	41
1.1.3.	Les rythmes .....	41
1.1.4.	Polyphonie :.....	42
1.1.5.	Le brouhaha.....	42
1.2.	L'écoute quotidienne de musique .....	43
2.	<i>Entraînement parole</i> .....	43
	<b>PRESENTATION DES RESULTATS.....</b>	<b>45</b>
I.	RESULTATS DES TESTS.....	46
1.	<i>Expérience de Go/nogo en modalité auditive</i> .....	46
1.1.	Expérience de Go/nogo en modalité visuelle .....	46
1.2.	Expérience de maintien d'attention.....	48
1.3.	Expérience de stabilité de l'attention (Stabilo) .....	49
1.4.	Expériences d'orientation spatiale : auditive et visuelle.....	50
1.5.	Expériences de segmentation syllabique (Syllacut) .....	55
1.6.	Epreuves extraites de la BALE .....	56
1.6.1.	Résultats de M1 .....	56
1.6.2.	Résultats de M2 .....	57
1.6.3.	Résultats de P1 .....	57
1.6.4.	Résultats de P2 .....	58
IV.	RESULTATS AUX GRILLES D'OBSERVATION.....	58
1.	<i>Déroulement de l'entraînement</i> .....	59
1.1.	M1.....	59
1.2.	M2.....	60
2.	<i>Observations après l'entraînement</i> .....	61
2.1.	M1.....	61
2.2.	M2.....	61
	<b>DISCUSSION DES RESULTATS.....</b>	<b>62</b>
I.	DISCUSSION DES RESULTATS .....	63
1.	<i>Peut-on démontrer un déficit attentionnel chez nos participants ?</i> .....	63
1.1.	Fonctions exécutives – inhibition volontaire.....	63
1.2.	Vigilance et stabilité de l'attention .....	64
1.3.	Inhibition non-volontaire – attention visuo-spatiale.....	64
1.4.	Traitement langagier .....	64
2.	<i>Effet de l'entraînement musical sur l'attention et le traitement langagier</i> .....	65
2.1.	Effets des deux types d'entraînement.....	65
2.2.	Effets de l'entraînement musical sur les fonctions attentionnelles.....	65
2.3.	Effets de l'entraînement musical sur le traitement langagier .....	68
2.4.	Effets de l'entraînement musical par rapport à l'entraînement par la parole.....	68
3.	<i>Nuances à apporter par rapport aux résultats</i> .....	69
4.	<i>Conclusion</i> .....	70
V.	DISCUSSION DE LA METHODE.....	70
1.	<i>Choix des tâches et configuration du test/re-test</i> .....	70

2.	<i>Sélection de la population</i> .....	71
3.	<i>Pertinence de l'entraînement musical</i> .....	71
3.1.	Fréquence et durée de l'entraînement .....	71
3.2.	Construction de l'entraînement .....	72
4.	<i>Pertinence de l'entraînement du groupe contrôle</i> .....	72
5.	<i>Ouverture</i> .....	73
VI.	APPORTS .....	74
1.	<i>Pour les participants</i> .....	74
2.	<i>Pour la profession et la recherche</i> .....	74
3.	<i>Pour notre pratique clinique</i> .....	75
<b>CONCLUSION</b> .....		<b>77</b>
<b>BIBLIOGRAPHIE</b> .....		<b>78</b>
<b>GLOSSAIRE</b> .....		<b>84</b>
<b>ANNEXES</b> .....		<b>85</b>
ANNEXE I : LETTRE D'INFORMATIONS DONNEE AU PARENTS DES PARTICIPANTS A L'EPREUVE.....		86
ANNEXE II : FICHE DE RENSEIGNEMENTS ADRESSEE A TOUS LES PARTICIPANTS .....		89
ANNEXE III : FIGURES D'EPREUVES .....		90
1.	<i>Epreuve de stabilité de l'attention</i> .....	90
2.	<i>Epreuve d'indiciage endogène en modalité visuelle</i> .....	90
3.	<i>Epreuve d'indiciage endogène en modalité auditive</i> .....	90
ANNEXE IV : MATERIEL DE L'EPREUVE DE SEGMENTATION SYLLABIQUE.....		91
1.	<i>Liste des stimuli de l'expérience de segmentation syllabique à l'écrit</i> .....	91
2.	<i>Liste des mots et pseudo-mots présentés à l'oral dans l'épreuve auditive en fonction des conditions S+ et S-</i> .....	92
3.	<i>Liste des mots et pseudo-mots avec frontière V.C présentés à l'oral dans l'épreuve auditive</i> ...	92
ANNEXE V : PLATEAU DU JEU DE L'ENTRAINEMENT MUSICAL .....		93
ANNEXE VI : EXEMPLES DE CARTES DES DIFFERENTES ACTIVITES.....		94
1.	<i>Les rythmes</i> .....	94
2.	<i>Les riffs</i> .....	94
ANNEXE VII : RECAPITULATIF DES ACTIVITES DU JEU .....		95
ANNEXE VIII : LISTE DES MORCEAUX UTILISES POUR L'ECOUTE QUOTIDIENNE .....		96
ANNEXE IX : ENTRAINEMENT LIVRE AUDIO.....		97
1.	<i>Liste des livres audio utilisés</i> .....	97
2.	<i>Exemples de questions de compréhension</i> .....	97
ANNEXE X : FEUILLES DE ROUTE A REMPLIR QUOTIDIENNEMENT .....		98
1.	<i>Entraînement musical</i> .....	98
2.	<i>Entraînement parole</i> .....	100
ANNEXE XI : GRILLES DE FIN D'ENTRAINEMENT MUSICAL .....		101
1.	<i>Pour l'enfant</i> .....	101
2.	<i>Pour le parent</i> .....	106
ANNEXE XII : DIPLOMES DELIVRES EN FIN D'ENTRAINEMENT .....		108
1.	<i>Entraînement musical</i> .....	108
2.	<i>Entraînement parole</i> .....	108
ANNEXE XIII : EXEMPLE DE MATERIEL SONORE UTILISE POUR LE JEU DE L'ENTRAINEMENT MUSICAL ...		109
<b>TABLE DES ILLUSTRATIONS</b> .....		<b>110</b>
I.	LISTE DES FIGURES .....	110
VII.	LISTE DES TABLEAUX.....	111
<b>TABLE DES MATIERES</b> .....		<b>113</b>

---

HUET Clémence, JULIEN-LAFERRIERE Aude

**EFFETS D'UN ENTRAÎNEMENT MUSICAL SUR LES FONCTIONS  
ATTENTIONNELLES**

114 Pages

Tome1 : 114 Pages

Mémoire d'orthophonie -UCBL-ISTR- Lyon 2010

---

**RESUME**

---

La musique comme outil de réhabilitation cognitive a été beaucoup étudiée ces dernières décennies. Des processus de traitements communs ont été trouvés avec le langage, inspirant des études avec entraînement musical visant des bénéfices sur différentes composantes langagières. Au moyen de la plasticité cérébrale et de transferts positifs entre ces différentes habiletés, les résultats se sont avérés encourageants. Par ailleurs, l'implication de l'attention sous ses différentes formes dans le traitement du langage a été également explorée : il est fréquent qu'un trouble du langage soit corrélé avec un trouble de l'attention. Enfin, l'attention étant impliquée dans le traitement de la musique, il a pu être bénéfique de proposer une stimulation musicale là où l'attention était déficitaire. Nous avons donc conçu un protocole visant à mesurer l'impact d'un entraînement musical de six semaines sur différentes sous-composantes attentionnelles, et par extension sur le traitement métaphonologique du langage. Deux enfants porteurs d'un trouble à type de déficit de l'attention ont suivi cet entraînement, avec une série de pré-tests et des post-tests. Deux autres enfants porteurs du même trouble ont suivi un entraînement contrôle, avec l'écoute de livres audio. Les résultats montrent que l'inhibition progresse ainsi que la stabilité attentionnelle pour les deux enfants ayant suivi l'entraînement musical. Les performances métaphonologiques ont également mieux progressé chez ces enfants. L'attention soutenue progresse pour les quatre enfants, ce qui se justifie par le fait que les activités des deux entraînements suscitaient également une attention soutenue. Certains biais sont à prendre en compte, mais les résultats sont encourageants. En regard de la littérature explorée, la musique reste un outil de réhabilitation à investiguer et investir dans le domaine de l'orthophonie.

---

**MOTS-CLES**

---

Musique, Langage, Attention, Entraînement, Plasticité cérébrale.

---

**MEMBRES DU JURY**

---

Sibylle Gonzalez – Hagar Levy-Sebbag – Gérald Bussy

---

**MAITRE DE MEMOIRE**

---

Barbara TILLMANN et Nathalie BEDOIN

---

**DATE DE SOUTENANCE**

---

Jeudi 27 juin 2013

---