



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

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.culture.gouv.fr/culture/infos-pratiques/droits/protection.htm>



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

Par

ROBARDET Charline
VINCENDEAU Adeline

**LIENS ENTRE APPRENTISSAGE IMPLICITE,
TRAITEMENT SYNTAXIQUE ET TRAITEMENT
HARMONIQUE :**

*Une étude comparative entre des enfants dysphasiques et
musiciens*

Maître de Mémoire

DONNADIEU Sophie

Membres du Jury

BENBOUTAYAB Nadia

CHAPUIS Solveig

SANCHEZ Monique

Date de Soutenance

28 JUIN 2012

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. KIRKORIAN Gilbert**

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

Institut des Sciences et Techniques de
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. BERNARD Régis**

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

Ecole Polytechnique Universitaire de
Lyon (EPUL)
Directeur **M. FOURNIER Pascal**

Institut des Sciences Financières et
d'Assurance (I.S.F.A.)
Directeur **Pr MAUME-DESCHAMPS
Véronique**

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

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

IUT LYON 1
Directeur **M. COULET Christian**

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

THEROND Béatrice

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 Mme Sophie Donnadieu, notre maître de mémoire, pour son suivi bienveillant et son investissement sans faille. Merci d'avoir accepté de nous encadrer durant deux ans et de nous avoir initiées avec passion au monde de la recherche.

Nous pensons également aux quatre étudiantes de Master 1 en psychologie avec qui nous avons collaboré pour mener à bien ce projet.

Merci à Mme Barbara Tillmann, chercheur au CNRS de Lyon, pour son aide et ses remarques avisées qui nous ont aidées à avancer et à nous poser les bonnes questions.

Un immense merci aux orthophonistes qui nous ont présenté leurs patients, aux familles qui ont accepté que l'on rencontre leurs enfants, pour leur accueil et leur sympathie.

Merci surtout aux enfants qui ont participé à notre étude pour leur investissement, leur patience et leur bonne humeur. Ce fut un plaisir de tous vous rencontrer.

Marie-Pierre, nous te remercions pour ta générosité et le prêt longue durée de matériel !

Un merci tout particulier à nos familles pour nous avoir encouragées dans ces études passionnantes et pour nous avoir soutenues durant ces quatre années. Une pensée à nos amis dont l'humour et la solidarité permet de sortir de toutes les situations. Enfin, un merci infini à Reno et Hugo dont la présence et l'affection nous ont été si précieuses.

SOMMAIRE

ORGANIGRAMMES	2
1. Université Claude Bernard Lyon1	2
1.1 Secteur Santé :	2
1.2 Secteur Sciences et Technologies :	2
2. Institut Sciences et Techniques de Réadaptation FORMATION ORTHOPHONIE	3
REMERCIEMENTS.....	4
SOMMAIRE.....	5
INTRODUCTION.....	7
PARTIE THEORIQUE	8
I. LA DYSPHASIE	9
1. Généralités	9
2. Les hypothèses explicatives de la dysphasie	12
II. LA COMPETENCE D'APPRENTISSAGE IMPLICITE ET SES IMPLICATIONS DANS LE LANGAGE	14
1. L'apprentissage implicite.....	14
2. Liens entre apprentissage implicite et langage.....	15
III. LES LIENS ENTRE LANGAGE ET MUSIQUE	17
1. Un mode de fonctionnement similaire ?.....	17
2. Des troubles auditifs musicaux associés à des troubles du langage	19
3. Effets de la pratique musicale ou d'un entraînement auditif non verbal/musical sur les compétences langagières.....	20
IV. LES LIENS ENTRE LANGAGE, MUSIQUE ET APPRENTISSAGE IMPLICITE	21
1. Liens entre musique et apprentissage implicite	21
2. Des liens entre ces trois domaines ? Quelques études.....	23
PROBLEMATIQUE ET HYPOTHESES.....	24
I. PROBLEMATIQUE	25
II. HYPOTHESES	25
1. Hypothèse théorique générale.....	25
2. Hypothèses opérationnelles	25
PARTIE EXPERIMENTALE	27
I. POPULATION	28
1. Procédure pour la constitution des groupes	28
2. Présentation des groupes expérimentaux.....	30
II. DESCRIPTION DU MATERIEL	34
1. Présentation des tâches (stimuli et procédure)	34
2. Présentation des supports multimédia et logiciels.....	41
3. Procédure.....	41
PRESENTATION DES RESULTATS.....	43
I. EVALUATION DES COMPETENCES EN APPRENTISSAGE IMPLICITE SEQUENTIEL	44
1. Résultats à la tâche d'apprentissage implicite en modalité visuelle (AIV)	44
2. Résultats à la tâche d'apprentissage implicite en modalité auditive (AIA).....	47
II. EVALUATION DES COMPETENCES EN TRAITEMENT SYNTAXIQUE ET EN TRAITEMENT HARMONIQUE	50
1. Comparaison des résultats aux tâches syntaxique (Synt) et harmonique (Harm).....	50
2. Résultats pour la tâche syntaxique.....	51
3. Résultats pour la tâche harmonique.....	51
III. PRESENTATION DES CORRELATIONS OBTENUES	52
1. Corrélations au sein des tâches expérimentales	52
2. Corrélations entre les tâches expérimentales et les tâches contrôles	55
DISCUSSION DES RESULTATS.....	57
I. DISCUSSION DES RESULTATS	58

1.	<i>Peut-on démontrer la présence d'un apprentissage implicite chez nos sujets ? Cette compétence est-elle plus solide chez les enfants musiciens par rapport aux autres groupes, les enfants dysphasiques présentent-ils un déficit dans ce domaine ?</i>	58
2.	<i>Dans le traitement syntaxique et harmonique, peut-on voir émerger trois groupes de niveaux différents ?</i>	61
3.	<i>Peut-on établir un lien entre toutes les compétences testées dans cette expérimentation ?</i>	63
II.	DISCUSSION DE LA METHODE	66
1.	<i>Choix des tâches contrôles</i>	66
2.	<i>Choix des tâches expérimentales</i>	66
3.	<i>Sélection de la population</i>	68
4.	<i>Pertinence du lieu et des modalités de passation</i>	69
5.	<i>Ouverture</i>	69
III.	APPORTS	70
1.	<i>Apports pour les participants</i>	70
2.	<i>Apports pour la profession et la recherche dans le domaine du langage</i>	70
3.	<i>Apports pour notre pratique clinique</i>	71
	CONCLUSION	72
	REFERENCES	73
	GLOSSAIRE	79
	ANNEXES	81
	LISTE DES ANNEXES	82
	ANNEXE I : COURRIER D'INFORMATION A DESTINATION DES ORTHOPHONISTES POUR LA RECHERCHE DE SUJETS DYSPHASIQUES	83
	ANNEXE II : COURRIER D'INFORMATION A DESTINATION DES ECOLES DE MUSIQUE POUR LA RECHERCHE DE SUJETS MUSICIENS	84
	ANNEXE III : QUESTIONNAIRE D'INFORMATIONS GENERALES ADRESSE A TOUS LES SUJETS	85
	ANNEXE IV : QUESTIONNAIRE EVALUANT LA PRATIQUE MUSICALE DES SUJETS DU GROUPE MUSICIENS	86
	ANNEXE V : CLASSIFICATION UTILISEE POUR LA COTATION DES PROFESSIONS ET CATEGORIES SOCIOPROFESSIONNELLES DES PARENTS	87
	ANNEXE VI : TABLEAU PRESENTANT L'ENSEMBLE DES SEQUENCES GRAMMATICALES ET AGRAMMATICALES ELABOREES POUR LA PHASE D'APPRENTISSAGE ET LA PHASE TEST DES TACHES AIV ET AIA	88
	ANNEXE VII : ECRANS DE CONSIGNES DES TACHES D'APPRENTISSAGE IMPLICITE VISUEL ET AUDITIF	89
1.	<i>Ecrans de consignes de la tâche d'apprentissage implicite visuel</i>	89
2.	<i>Ecrans de consignes du pré-test d'identification des sons d'animaux</i>	92
3.	<i>Ecrans de consignes de la tâche d'apprentissage implicite auditif</i>	93
	ANNEXE VIII : LISTES DES PHRASES CONSTITUANT LA TACHE SYNTAXIQUE	97
	ANNEXE IX : TABLEAUX DE REFERENCE POUR LA PASSATION DES TACHES EXPERIMENTALES	100
1.	<i>Tableau pour le groupe Dysphasiques</i>	100
2.	<i>Tableau pour le groupe contrôle</i>	101
3.	<i>Tableau pour le groupe Musiciens</i>	101
	ANNEXE X : DIPLOME DE REMERCIEMENT DESTINE AUX ENFANTS A LA FIN DE L'EXPERIMENTATION	102
	TABLE DES ILLUSTRATIONS	103
1.	<i>Liste des figures</i>	103
2.	<i>Liste des tableaux</i>	103
3.	<i>Liste des graphiques</i>	104
	TABLE DES MATIERES	105

INTRODUCTION

Dans la pratique orthophonique, l'apport de certains domaines artistiques, comme la musique, dans la remédiation de certaines pathologies semble pertinent et répandu. Au fil de nos lectures, nous avons ainsi pris conscience de l'existence des liens entre le langage et la musique, ouvrant un vaste champ de possibles. Ainsi, notre curiosité clinique s'est dirigée vers l'intérêt de l'utilisation de la musique dans le cadre de la dysphasie. Petit à petit, nous avons également développé un intérêt concernant les mécanismes cognitifs sous-tendant la dysphasie et l'acquisition du langage dans cette pathologie. Cela nous a amenées à considérer une théorie récente et prometteuse : l'apprentissage implicite, à l'origine du développement de nombreuses habiletés cognitives, serait déficitaire dans la dysphasie.

Comprenant l'intérêt de mettre en commun toutes ces notions, nous avons choisi d'étudier les liens qui peuvent exister entre la capacité d'apprentissage implicite, les habiletés langagières et les compétences musicales. En effet, des liens entre ces différentes compétences ont été établis de manière partielle dans de nombreuses études, et aujourd'hui, il semble intéressant de proposer une étude synthétisant ces rapports étroits, afin d'approfondir les connaissances sur le développement du langage et de la cognition en général.

Pour cela nous avons choisi d'explorer ces liens au sein de la pathologie du langage, et au sein de l'expertise musicale, c'est-à-dire chez les enfants pratiquant la musique depuis plusieurs années. En effet, l'exploration des performances dans les domaines de l'apprentissage implicite, du langage et de la musique, chez des enfants présentant des troubles langagiers ou des performances particulièrement développées en musique, pourrait permettre de faire ressortir des variations témoignant de l'intrication de ces trois domaines cognitifs.

Dans une première partie basée sur la littérature scientifique, nous présenterons la pathologie du langage qu'est la dysphasie pour caractériser ces troubles langagiers ainsi que ses troubles associés. Puis, nous proposerons de faire ressortir les liens qui existent entre l'apprentissage implicite et le langage, ainsi qu'entre le langage et la musique, en insistant sur les aspects syntaxiques de ces deux derniers. Enfin nous présenterons les recherches déjà entreprises pour tenter de faire du lien entre les trois domaines cognitifs explorés dans ce mémoire. Dans une deuxième partie, nous décrirons la démarche expérimentale entreprise pour comparer les performances de trois groupes d'enfants dysphasiques, d'enfants musiciens et d'enfants contrôles sur des tâches mettant en jeu les compétences d'apprentissage implicite, le traitement syntaxique et le traitement harmonique. Enfin, dans un dernier temps, les résultats obtenus permettront de révéler si les sujets dysphasiques, musiciens et contrôles présentent bien des profils différents sur ces tâches, permettant de faire ressortir le lien entre l'apprentissage implicite, la syntaxe* et l'harmonie*. Nous discuterons ces résultats afin de caractériser et d'expliquer les différentes performances aux tâches trouvées selon les groupes, et de conclure sur l'apparition ou non d'un lien entre ces trois domaines, tout en évaluant la pertinence de la méthodologie employée. Nous proposerons des pistes d'interprétation et d'utilisation de ces résultats pour la recherche à venir, ainsi que pour la clinique orthophonique.

Chapitre I

PARTIE THEORIQUE

I. La dysphasie

1. Généralités

1.1. Terminologie, définitions et prévalence

Les troubles primaires du développement du langage oral sont connus de longue date. Au fil des années, les termes pour les identifier ont évolué. La première description, à la fin du XIX^{ème} siècle, évoquait des enfants « muets sans être sourds ». Successivement, on a parlé d'audimutité, de dysphasie, d'aphasie développementale, de dysphasie développementale. De nos jours, la littérature anglo-saxonne définit ces troubles par le terme assez général de *specific language impairment* (SLI), englobant toutes les affections sévères du développement du langage oral (Chevrie-Muller, 2007). Du côté francophone, on parle désormais plutôt de Troubles Spécifiques du Développement du Langage (TSDL), terme proposé par Chevrie-Muller. Ce terme tend à regrouper les troubles qui répondent à la définition par exclusion que nous citerons ci-après, sans distinguer les degrés de sévérité, les étiologies ou les formes cliniques. Les enfants ayant un TSDL grave continuent d'être appelés dysphasiques par les cliniciens francophones.

La dysphasie se définit par un trouble structurel, persistant et durable de toutes les composantes du langage oral. Il est spécifique, selon la Classification Internationale des Maladies (Organisation Mondiale de la Santé, 10^{ème} révision, 1994). Plus précisément, la dysphasie fait référence à « toute apparition retardée et tout développement ralenti du langage [ne pouvant être dus à] un déficit sensoriel, des troubles moteurs des organes de la parole, une déficience mentale, des troubles psychopathologiques, une déprivation socioaffective grave, une lésion cérébrale évidente » (Rapin et Allen, 1992, citées par Chevrie-Muller, 2007, p.361). Mazeau (2005, citée par George, 2010) ajoute la notion de responsabilité des structures cérébrales impliquées dans le traitement du langage.

La multiplicité de terminologies employées ainsi que la difficulté pour les chercheurs de donner une définition unique de la dysphasie montrent à quel point ce syndrome est hétérogène et complexe dans ses formes cliniques. Les termes ne recoupant pas tous exactement les mêmes populations, les recherches en épidémiologie varient : le cadre est plus large pour les SLI que pour les dysphasies (Soares-Boucaud, Labruyère, Jery et Georgieff, 2009). Ainsi, on retrouve une prévalence de 5-8% de SLI chez les enfants d'âge préscolaire, les chiffres montant parfois jusqu'à 15%. On s'accorde cependant à dire que les TSDL graves de type dysphasie s'observent en réalité dans environ 1% de la population (Piérart, 2004). Les garçons seraient trois fois plus touchés que les filles. Concernant les facteurs génétiques, des études faites sur des jumeaux montrent 85% de risque de présenter un TSDL si le jumeau est touché. Le caractère héréditaire semble également prégnant dans la dysphasie, des cas de dysphasies familiales sur plusieurs générations ayant été observés (Uzé et Bonneau, 2004).

1.2. Diagnostic

Le diagnostic de dysphasie s'établit grâce à une double démarche et à une évaluation pluridisciplinaire (neuropsychologique, ORL, neuropédiatrique, orthophonique). Le diagnostic négatif permet dans un premier temps d'éliminer toutes les causes qui feraient du trouble du langage une atteinte secondaire à une autre pathologie. Il se base sur les définitions par exclusion classiques : l'enfant doit donc être indemne de toute carence éducative ou psycho-affective, son quotient intellectuel non verbal doit être normal ou subnormal, son audition correcte... Dans un second temps, le diagnostic positif vient affirmer la réalité des troubles par un examen précis du langage. Celui-ci met en évidence les symptômes spécifiques d'un trouble structurel langagier et ses déviations caractéristiques, en évaluant toutes les composantes du langage dans leurs aspects expressifs et réceptifs. Un profil linguistique est alors établi et permet de mesurer l'hétérogénéité des déficits et leur sévérité (Chevrie-Muller, 2007). Cependant, le diagnostic ne peut être définitivement posé qu'à partir des six ans de l'enfant, deux des caractéristiques des troubles étant la persistance et la résistance aux actions thérapeutiques.

Gérard (1993) propose six marqueurs de déviance à repérer afin de caractériser la dysphasie : trouble de l'évocation lexicale, trouble de l'encodage syntaxique, trouble de la compréhension verbale, hypospontanéité, trouble de l'informativité et enfin dissociation automatico-volontaire. Trois critères sur six suffisent à affirmer la présence d'une dysphasie.

1.3. Classifications sémiologiques des syndromes dysphasiques

La dysphasie revêt plusieurs profils, bien différents selon les compétences touchées : expression, compréhension, morphosyntaxe*, lexique, sémantique, phonologie, pragmatique. On peut donc parler « des » syndromes dysphasiques. Dans la clinique, en France, c'est la classification de Gérard (1993) qui fait foi. Il décrit cinq syndromes dysphasiques (par ordre de fréquence d'apparition). (a) *Le syndrome phonologique-syntaxique* (forme clinique la plus fréquente) où la compréhension est nettement supérieure aux capacités d'expression. Celle-ci est déformée et rendue inintelligible par l'altération de la phonologie. La parole est peu fluente, due à un agrammatisme et un stock lexical réduit. L'enfant passe par les gestes pour se faire comprendre et reste donc assez informatif. (b) *Le trouble de la production phonologique* : l'expression est essentiellement touchée. Les difficultés majeures se situent sur le contrôle de l'enchaînement séquentiel des phonèmes rendant l'enfant inintelligible. La parole est néanmoins fluente. L'enfant, très conscient de ses erreurs, utilise de nombreuses conduites d'approche. On observe une dyssyntaxie et une difficulté d'évocation lexicale même pour les mots courants. La compréhension est bonne. (c) *La dysphasie réceptive* : l'altération de la compréhension verbale est massive, avec un trouble du décodage. Les difficultés en expression sont présentes mais secondaires au trouble de compréhension. On retrouve en situation dirigée une dyssyntaxie, un manque du mot, des paraphrasies phonémiques et verbales. (d) *La dysphasie mnésique ou lexicale-syntaxique* : la caractéristique principale est un manque du mot invalidant, les difficultés mnésiques et d'évocation entraînent un défaut d'informativité. L'expression et la compréhension sont plus laborieuses quand les énoncés s'allongent et se complexifient, du fait du déficit de

catégorisation sémantique. (e) *La dysphasie sémantique-pragmatique* : ce syndrome est dû à un trouble de la formulation du langage, de la pragmatique. La parole est fluente et préservée dans ses aspects formels. Cependant, l'utilisation du langage en contexte est difficile (défaut d'informativité, formules plaquées...) et la compréhension du langage élaboré (implicite, humour) est déficitaire.

La classification plus récente de Mazeau (1999, citée par Gadais et Cuiller, 2000) est intéressante car elle regroupe la classification précédente selon trois grandes catégories, en s'appuyant sur le versant du langage atteint principalement (expression ou compréhension) : les dysphasies réceptives (comprenant entre autres la dysphasie réceptive de Gérard), les dysphasies expressives (dysphasie phonologique-syntaxique, dysphasie avec trouble de la production phonologique) et les dysphasies globales touchant l'ensemble des voies langagières. Les dysphasies mnésiques et les dysphasiques sémantiques-pragmatiques sont mises à part car elles ne se rencontrent que très rarement et plutôt dans le cadre de troubles secondaires à une autre pathologie.

1.4. Le trouble syntaxique dans les dysphasies expressives

Nous venons de voir que la dysphasie présente des formes différentes selon les aspects du langage qui sont touchés. Néanmoins, le problème majeur et transversal à toutes ses formes est l'acquisition de la morphosyntaxe (Weinert, 1992). Selon Comblain (2004, p.37) « la composante morphosyntaxique est rarement indemne ». L'agrammatisme, la dyssyntaxie ou encore la difficulté de compréhension fine des marqueurs syntaxiques évoqués dans les différents syndromes expressifs attestent d'un trouble du traitement syntaxique (Soares-Boucaud et al., 2009)

Le profil grammatical des enfants TSDL (expressifs) est le suivant : d'après Ullman et Pierpont (2005), la production est plus touchée que la compréhension. Les performances sont inférieures à celles d'enfants contrôles : les enfants TSDL de six ans ont un niveau de production syntaxique égal à celui d'enfants de trois ans. Les erreurs produites sont différentes et déviantes (Comblain, 2004). D'après Ullman et Pierpont, les aspects syntaxiques ou morphologiques réguliers sont plus difficiles à retenir que les formes irrégulières, qui peuvent être apprises par cœur sans nécessiter l'application d'une règle. En production, Parisse et Maillart (2004) notent des erreurs de genre, des omissions de type agrammatisme (« fille mange »), des erreurs atypiques de type dyssyntaxie (« la fille y mange un glace »)... Les phrases passives, les pronoms personnels, les flexions temporelles sont significativement moins bien produits. En compréhension, les flexions temporelles, les articles, les propositions subordonnées ou relatives sont difficiles à saisir pour les enfants dysphasiques (Comblain, 2004). De même, d'après une étude de Maillart et Schelstraete (2007), ces enfants détectent moins bien les erreurs liées à la morphologie verbale (accords, flexions verbales...).

1.5. Les troubles associés

Les syndromes dysphasiques sont généralement accompagnés de troubles associés, différents selon les formes cliniques. La fréquence d'atteinte d'autres domaines cognitifs que le langage dans la dysphasie a incité Ullman et Pierpont (2005) à parler de déficit non linguistique systématique dans cette pathologie. Le terme de spécificité des troubles du

langage serait donc à nuancer. En effet, la plupart des enfants dysphasiques présentent des déficits de la coordination motrice et des troubles praxiques, en particulier dans la sphère bucco-linguo-faciale (Wetzburger, 2004), ainsi que des troubles de la motricité globale et fine (Soares-Boucaud et al., 2009). La mémoire à court terme et la mémoire de travail sont souvent limitées. Un trouble de la perception peut également être évoqué, notamment dans la perception du rythme et de la prosodie comme l'a montré Weinert (1992), ou encore dans la perception musicale (Tessier et Vannier, 2008). D'autres troubles peuvent être associés, tels qu'un déficit attentionnel, des troubles visuo-spatiaux, d'après Soares-Boucaud et al. (2009).

2. Les hypothèses explicatives de la dysphasie

2.1. Les théories modulaires et non modulaires

Deux grandes familles de théories coexistent pour expliquer l'origine de la dysphasie : les théories dites modulaires et les théories non modulaires. Selon les premières, la dysphasie a pour origine un déficit spécifique dans le domaine langagier. Ainsi, certains auteurs se positionnent sur une hypothèse de déficit grammatical spécifique. Les sujets dysphasiques auraient des difficultés dans l'acquisition de certains mécanismes linguistiques – les flexions verbales par exemple –, entravant le développement de leurs habiletés grammaticales (Gopnik et Crago, 1991 ; Rice, Wexler et Cleave 1995, cités par Jakubowicz, 2003 ; Van der Lely, 2003, cité par Evans, Saffran et Robe-Torres, 2009). D'autres auteurs postulent, eux, un déficit du module de la phonologie du langage (Joanisse et Seidenberg, 2003). Selon les théories non modulaires, ce sont des déficits d'origine cognitive plus globale, et non langagiers qui seraient à l'origine de ce trouble. Ainsi, Tallal et ses collaborateurs (1976 ; 1978 ; 2004) ont suggéré l'existence de Troubles Auditifs Centraux à l'origine des troubles spécifiques du langage. Selon ces auteurs, il existe un déficit dans le traitement auditif des sons complexes caractérisés par des transitions de fréquences rapides. Cela aurait pour conséquence des difficultés à construire des représentations phonologiques adéquates, corrélées aux difficultés de compréhension et de production au niveau lexical et syntaxique. Gathercole et Baddeley (1990) ont mis en avant un lien de causalité partielle entre les déficits en mémoire de travail phonologique et les déficits retrouvés chez les enfants avec TSDL. Leonard, en 1989 (cité par Jakubowicz, 2003), a constaté des limitations au niveau de la vitesse de traitement chez les sujets dysphasiques, et a suggéré qu'elles seraient à l'origine de leurs troubles.

Il existe donc de nombreuses théories pour tenter de caractériser l'origine de la dysphasie, dont la liste ci-dessus n'est pas exhaustive. A ce jour aucune théorie n'a abouti à un consensus, car il semble très complexe de trouver une hypothèse rendant compte de l'étendue des troubles dysphasiques et des différences entre les profils. Dans le cadre de ce mémoire, nous développerons plus spécifiquement la théorie d'Ullman et Pierpont (2005), qui paraît l'hypothèse actuellement la plus intéressante car, en plus d'expliquer les troubles verbaux, elle permet d'expliquer la présence des troubles généralement associés.

2.2. L'hypothèse d'un déficit procédural (Ullman et Pierpont, 2005)

Ullman et Pierpont (2005) ont proposé une théorie de la dysphasie, appelée hypothèse PDH ou Procedural Deficit Hypothesis. Cette hypothèse est basée sur le modèle déclaratif/procédural (ou modèle DP), appliqué au langage par Ullman en 2004. Dans le fonctionnement cognitif des êtres humains, on a depuis longtemps fait une distinction entre deux systèmes de mémoire : le système déclaratif et le système procédural. Le premier système permet le stockage et l'utilisation des connaissances des faits et des événements. La plupart des connaissances intégrées dans ce système peuvent être récupérées de manière consciente, et donc explicitement. A l'inverse, le système procédural est le système assurant l'apprentissage implicite et l'exécution de compétences cognitives et motrices (et plus spécialement celles impliquant des séquences ordonnées), ainsi que l'intégration des régularités du monde extérieur selon un ensemble de règles. L'apprentissage via ce système se fait sur la base d'expositions répétées et permet d'acquérir des procédures réutilisables par la suite. Le système procédural interviendrait dans des domaines tels que la mémoire de travail, l'imagerie mentale, la coordination motrice et les praxies, ou encore le traitement temporel et séquentiel.

Ces deux systèmes seraient largement impliqués dans le développement du langage selon Ullman (2004). Le système langagier serait ainsi composé d'un « lexique mental », qui dépendrait de la mémoire déclarative et serait composé de connaissances mémorisées, spécifiques aux mots et aux savoirs. Il serait composé également d'une « grammaire mentale », rattachée à la mémoire procédurale. Elle permettrait la combinaison des items lexicaux en représentations complexes grâce à des règles spécifiques, utiles pour comprendre la langue et la manier. Dans le domaine du langage, ce système soutient la manipulation de la morphologie, de la syntaxe et de la phonologie. Les informations séquentielles de l'environnement, telles que les praxies (qui sont une suite de mouvements et dont donc de nature séquentielle) ou le flux de parole, sont intégrées dans le système de mémoire procédurale, et analysées pour en extraire des régularités et des règles qui pourront être acquises et reproduites. L'intégrité de ce système permet donc de réaliser de nombreux apprentissages grâce à la capacité d'apprentissage implicite notamment. Elle sous-tend ainsi le bon développement de nombreuses compétences, en particulier le développement du langage.

Selon l'hypothèse PDH, les sujets dysphasiques présenteraient un déficit du système procédural et donc une atteinte de la « grammaire mentale ». Ullman et Pierpont supposent que les déficits constatés dans la dysphasie, en morphologie, syntaxe, phonologie, mémoire de travail, traitement temporel et séquentiel ou encore dans le contrôle moteur, sont autant de preuves d'un apprentissage procédural déficitaire. Le grand intérêt d'une telle hypothèse est d'expliquer un large éventail de troubles atteignant le langage, tout en rendant compte des atteintes sur les fonctions cognitives non verbales. Selon une telle hypothèse, les capacités d'apprentissage implicite seraient déficitaires chez ces enfants et engendreraient des troubles du développement du langage oral, et en particulier, des troubles syntaxiques.

II. La compétence d'apprentissage implicite et ses implications dans le langage

1. L'apprentissage implicite

1.1. Définition et mesures

Reber (1967) a été le premier à définir cette compétence particulière qu'est l'apprentissage implicite. Selon cet auteur, les humains sont dotés de mécanismes d'acquisition leur permettant d'extraire des régularités de structures implicites dans le monde qui les entoure, sans aide explicite. Nous serions donc capables, grâce à un apprentissage « statistique »*, d'acquérir des connaissances en déduisant et en intégrant de nouvelles règles de l'environnement. Il s'agit d'un apprentissage dit implicite car ses mécanismes automatiques opèrent en dehors de la conscience immédiate (Conway et Christiansen, 2009).

L'apprentissage implicite peut s'évaluer de manière indirecte (Evans et al., 2009). Ainsi, c'est la modification comportementale du sujet qui permet d'attester de la présence d'un apprentissage non conscient. La méthode privilégiée est celle introduite par Reber (1967): il s'agit d'utiliser une grammaire artificielle*, dans laquelle les éléments d'une séquence sont hiérarchisés et dépendants les uns des autres, selon des règles artificielles générées de façon arbitraire. Les sujets sont exposés à ces règles lors d'une phase d'apprentissage, puis on mesure la présence ou non d'une généralisation de la grammaire, acquise implicitement, à de nouvelles séquences lors d'une phase test. Concrètement, ceci peut être mesuré de diverses manières. Tout d'abord, dans les tâches de *Serial Reaction Time*, l'augmentation de la vitesse de réponse témoigne de l'apprentissage implicite (Gabriel, Maillart, Melody, Stefaniak et Meulemans, 2011). Ensuite, dans les tâches de jugement de grammaticalité, l'acquisition de la grammaire artificielle proposée est mesurée par l'exactitude de la classification donnée par le sujet, qui doit dire si la nouvelle séquence semble suivre ou non la même règle que dans la phase d'apprentissage (Conway et Christiansen, 2005). Dans les tâches de « préférence », on demande aux sujets de donner une impression positive ou négative par rapport à une séquence (Folia et al., 2008). Enfin, il est possible de mesurer l'apprentissage implicite par des tâches de rappel sériel (Conway, Pisoni, Anaya, Karpicke et Henning, 2010), dans lesquelles les sujets doivent reproduire immédiatement les séquences présentées : un apprentissage implicite est constaté si le nombre de séquences correctement rappelées dans la phase test est supérieur pour les séquences grammaticales, par rapport aux séquences agrammaticales. Par ailleurs, l'apprentissage de règles artificielles semble être un bon moyen pour étudier les aspects de l'acquisition du langage particulièrement (Folia et al., 2008).

1.2. Nature de la compétence d'apprentissage implicite

L'apprentissage implicite est une compétence qui ne dépend pas d'un domaine en particulier (langagier, moteur...), elle est abstraite et ne serait pas directement liée à la nature du stimulus (Evans et al., 2009). Comme le soulignent Conway et Christiansen (2005), nous sommes capables d'enregistrer implicitement une quantité impressionnante

de connaissances, que l'information de départ nous parvienne par l'audition, par la vision ou même par le toucher. Il existe en effet de fortes similarités entre ces modalités, car il est possible de traiter des informations séquentielles dans chacune d'elles : elles peuvent être utilisées pour localiser des stimuli dans l'espace, pour détecter des mouvements, pour percevoir des rythmes... L'apprentissage serait donc un mécanisme amodal, ou *domain-general*. Cependant, les travaux de Conway et ses collaborateurs tempèrent cette affirmation en proposant que les contraintes liées à chacune des modalités spécifiques influencent le traitement de certains stimuli. Ils seraient traités plus ou moins efficacement selon leur type. Ainsi, la modalité auditive primerait pour le traitement des informations temporelles (Conway et Christiansen, 2009).

Ce dernier point suggère que le développement du langage oral reposerait particulièrement sur le bon développement des compétences d'apprentissage implicite dans la modalité auditive. En effet, cette compétence permettant d'apprendre implicitement les règles de l'environnement expliquerait que le langage chez l'enfant se développe sans apprentissage explicite, mais grâce à une simple exposition répétée à la langue maternelle, contrairement au développement du langage écrit qui nécessite un apprentissage explicite.

2. Liens entre apprentissage implicite et langage

2.1. Liens apprentissage implicite/langage dans le développement normal

Comme l'explique Weinert (1992), le jeune enfant, dans les premières années de sa vie, arrive à acquérir un langage naturel et complexe, et en particulier l'ensemble des règles morphosyntaxiques, alors qu'il n'a été exposé qu'à un ensemble fini d'exemples. Ces observations ont été le point de départ des études sur l'implication de l'apprentissage implicite dans le développement du langage. Comment cela est-il possible ? L'hypothèse retenue par de nombreux auteurs est que l'enfant réalise une analyse à partir de ce qu'il perçoit de l'environnement, exploite les régularités statistiques de la langue et les schémas grammaticaux qui ont du sens pour lui, et les généralise, ce qui lui permet d'intégrer les aspects formels de la langue. C'est l'apprentissage implicite. Les enfants, dès le plus jeune âge, présentent ainsi des compétences particulières (sans doute liées au système procédural d'Ullman (2004), décrit plus haut) qui les amènent à réaliser un apprentissage statistique. Celui-ci leur permet de construire les mots et de les apprendre, en identifiant les sons formant un mot, et les frontières entre les mots, dans le flux de parole continue (Evans et al., 2009). De même, il leur permet ensuite d'apprendre les contraintes de la grammaire, régissant l'ordre des mots, et d'abstraire, très rapidement et très tôt dans le développement, les connaissances acquises afin d'acquérir une nouvelle structure syntaxique et de la réutiliser (Gomez et Gerken, 2000). Ainsi, contrairement à la lecture qui nécessite un apprentissage formel à l'école, le langage oral semble essentiellement reposer sur des compétences d'apprentissage implicite (Folia, Uddén, De Vries, Forkstam et Petersson, 2010).

Le lien est donc clairement établi entre la compétence d'apprentissage implicite et le bon développement du langage. Fort de ce constat, il est alors plausible de formuler

l'hypothèse selon laquelle les troubles du langage reposeraient sur un déficit de ce type d'habiletés d'apprentissage implicite.

2.2. Liens apprentissage implicite/langage dans la pathologie du développement du langage

L'hypothèse du lien entre un déficit d'apprentissage implicite et un trouble du développement du langage a donné lieu à un certain nombre d'études portant sur diverses pathologies du langage, qu'elles soient spécifiques au langage ou consécutives à des troubles auditifs. Ainsi, d'après Conway, Pisoni et Kronenberger (2009), une période de privation auditive chez des sujets sourds, bien que compensée par un implant cochléaire, aurait de réelles conséquences sur l'apprentissage implicite, et ce dans différentes modalités sensorielles. Selon ces auteurs, c'est l'expérience sonore qui permet de construire les fondations servant à développer les habiletés cognitives temporelles et séquentielles dans toutes les modalités. La modalité auditive prime cependant en matière de traitement séquentiel*. Ainsi, les enfants sourds implantés présenteraient un déficit du traitement séquentiel, impliqué dans l'apprentissage implicite, ayant pour conséquence des difficultés langagières persistantes malgré la compensation de l'appareil auditif. Ces difficultés se retrouvent notamment en grammaire, car l'extraction des régularités de la langue se fait moins efficacement que chez un enfant tout-venant. Folia et al. (2008) font quant à eux une revue sur le lien entre un déficit d'apprentissage implicite séquentiel et la dyslexie. Ce lien a été prouvé à maintes reprises : alors même que les compétences d'apprentissage explicite (formel, scolaire) sont intactes, on observe une faiblesse dans les habiletés de traitement implicite chez les sujets dyslexiques.

Pour ce qui concerne les enfants dysphasiques, Ullman et Pierpont (2005) proposent qu'une partie de ces enfants présenterait un déficit en mémoire procédurale, engendrant notamment des difficultés d'apprentissage implicite. De plus, Weinert (1992) s'est intéressée à l'origine du trouble syntaxique dans la dysphasie. Elle a montré que les enfants dysphasiques n'apprenaient pas correctement les régularités implicites de la langue à cause d'un déficit dans le traitement de l'information rythmique et prosodique. En effet, c'est ce type d'informations qui permet d'établir les frontières entre les mots dans le flux de parole et de distinguer les différents constituants grammaticaux. D'autre part, Gopnik et Crago (1991) ont montré que ces mêmes enfants présentaient des difficultés pour apprendre les règles de la syntaxe, du fait d'un apprentissage statistique naturel trop faible chez eux pour leur permettre de généraliser les exemples en une règle abstraite. Ainsi, ils se baseraient en grande partie sur la mémorisation d'exemples et de règles apprises explicitement. Evans et al. (2009) viennent conforter et compléter cette hypothèse en proposant que ce soient bien de faibles compétences d'apprentissage implicite qui sous-tendraient certains aspects du trouble du langage chez les enfants dysphasiques. Dans leur étude, les auteurs ont soumis des enfants SLI et tout-venant à l'écoute passive d'un langage artificiel, pendant qu'ils faisaient un dessin. Ce langage était constitué de syllabes de type consonne-voyelle, formant au final six mots. Les probabilités de transition d'une syllabe à l'autre étaient plus fortes au sein du mot qu'entre les mots, afin de permettre la reconnaissance des frontières entre ces mots artificiels (aucun autre indice, de type prosodique par exemple, n'était présent pour permettre ce découpage). Six non-mots avaient également été insérés dans le flux de parole, ne suivant aucune probabilité transitionnelle. Par la suite, les enfants ont écouté

des paires de mots artificiels (mot et non-mot), et ont dû choisir lequel correspondait le plus à ce qu'ils avaient entendu auparavant. Les enfants SLI, même après plusieurs minutes d'écoute, n'ont pas réussi à apprendre cette grammaire artificielle et à déceler les frontières entre les mots afin de les extraire du flux de parole, tandis que les enfants tout-venant y sont parvenus. Ainsi, selon ces auteurs, au-delà des difficultés grammaticales, les enfants dysphasiques auraient entre autres un déficit au niveau du lexique. Cette difficulté serait en lien direct avec une faible habileté à repérer les propriétés statistiques de la langue, notamment les frontières entre les mots, pour les apprendre. Enfin, on a pu démontrer que le déficit en apprentissage implicite dans la dysphasie dépassait effectivement les limites du langage et pouvait se retrouver dans les modalités non verbales, notamment visuelle et motrice (Tomblin, Mainela-Arnold et Zhang, 2007).

En conclusion, il semble bien que les compétences d'apprentissage implicite sous-tendent le bon développement du langage. D'autre part, de même que l'absence d'exposition à l'environnement sonore en début de vie pourrait expliquer, en partie, un développement anormal du traitement séquentiel et des compétences langagières altérées, une exposition riche et répétée au monde sonore pourrait permettre le bon développement du langage. Certains scientifiques supposent que l'expertise musicale*, par le développement de compétences spécifiques liées au traitement séquentiel des informations auditives et à certaines compétences d'apprentissage implicite, favoriserait le développement des compétences langagières. Cette hypothèse s'appuie sur des études de plus en plus nombreuses qui suggèrent des liens étroits entre le langage et la musique.

III. Les liens entre langage et musique

1. Un mode de fonctionnement similaire ?

Le langage et la musique sont des habiletés universelles chez l'être humain, et il semble y avoir de nombreux parallèles à établir entre ces deux domaines. Tout d'abord, chacun est constitué de séquences de sons formant une enveloppe rythmique* et mélodique. De plus, ils semblent partager des similarités au niveau de la structure : il s'agit dans les deux cas d'un agencement d'éléments de base (note ou phonème), regroupés en éléments plus complexes (accord* ou mot), puis arrangés au sein d'une séquence (phrases musicale ou linguistique) (Lerdahl et Jackendoff, 1983 ; cités par Hoch, Tillmann et Poulin-Charronnat, 2008). Cette intuition d'une ressemblance dans le fonctionnement de ces deux domaines a ouvert la porte à de nombreuses recherches sur leurs similarités et leurs différences.

1.1. De structures corticales communes à l'hypothèse de ressources partagées ?

Un certain nombre d'études ont été menées en neuroimagerie afin de déterminer si des zones cérébrales communes pouvaient être impliquées lors d'activités langagières ou musicales. Selon une synthèse de Tillmann, Hoch et Marmel (2010), « au-delà des régions frontales inférieures, l'ensemble de ces études suggère que le traitement des structures musicales inclut un réseau neuronal plus large, comprenant des régions

temporales bilatérales et des régions pariétales droites. De façon comparable, pour le langage, les patrons d'activation cérébrale incluent en plus du gyrus frontal inférieur, des régions temporales (gyrus temporal supérieur antérieur, gyrus/sulcus temporal supérieur postérieur) et pariétales » (p. 14). Pour ce qui concerne plus particulièrement le traitement de la syntaxe langagière et de la « syntaxe » musicale, appelée aussi « harmonie », Koelsch (2005) a pu montrer que les aires impliquées se chevauchent. En conclusion, il semble que, malgré quelques différences dans leur fonctionnement, ces réseaux soient regroupés anatomiquement au sein d'une région corticale commune (Patel, 2012).

1.2. L'hypothèse de ressources partagées

Etant donné leurs similarités fonctionnelles et anatomiques, Patel (2003) propose que le langage et la musique partagent des ressources communes. Selon la *Shared Syntactic Integration Resource Hypothesis* (SSIRH), le langage et la musique partageraient un même système d'intégration structurelle syntaxique, comparable à un système de mémoire de travail. « Ces ressources permettraient de relier les événements d'une séquence musicale ou d'une phrase entre eux pour interpréter la séquence ou la phrase. » (Hoch et al., 2008, p.39). Cette hypothèse suppose aussi que le langage et la musique aient en revanche leur propre système de stockage des représentations et des connaissances, comparables eux à des systèmes de mémoire à long terme. Ces éléments permettent de rendre compte de l'existence de dissociations entre langage et musique. En effet, en neuropsychologie, de nombreux cas d'amusie sans aphasie, ou d'aphasie sans amusie ont été étudiés, prouvant ainsi que, suite à une lésion cérébrale, les habiletés langagières peuvent être préservées et non les habiletés musicales, ou le contraire (Peretz et al., 1994 ; cités par Patel, 2012).

Une telle hypothèse prédit qu'un déficit syntaxique partagé pour le langage et la musique peut exister et qu'il devrait également se retrouver chez des patients aphasiques (Hoch et al., 2008). Patel (2008) a testé cette hypothèse auprès d'une population présentant un agrammatisme dans le cadre d'une aphasie de type Broca. Il a constaté une diminution des capacités de traitement de la syntaxe musicale, associée aux troubles du traitement de la syntaxe langagière. Une étude de Koelsch, Gunter, Wittfoth et Sammler (2005) va également dans le sens de cette hypothèse au niveau du traitement neurophysiologique (étude en électroencéphalographie chez des sujets adultes non musiciens). Les auteurs ont ainsi utilisé des tâches faisant intervenir dans le même temps des séquences linguistiques et musicales, contenant des violations de la syntaxe ou de l'harmonie. Une mesure des potentiels évoqués a permis de mettre en évidence une onde dite LAN (*Left Anterior Negativity*) lors de la détection d'une incongruité syntaxique, alors qu'une onde dite ERAN (*Early Right Anterior Negativity*) est présente lors d'une violation de la structure musicale. Ainsi, lorsqu'une phrase est proposée sur une mélodie, contenant toutes deux une violation syntaxique/harmonique, alors les deux ondes apparaissent significativement moins étendues en amplitude. Cela va dans le sens de la SSIRH, car ces deux ondes seraient en compétition pour utiliser les ressources neuronales partagées.

1.3. Le modèle déclaratif/procédural d'Ullman (2004) appliqué à la musique

Dans le prolongement de la théorie sur le fonctionnement du langage d'Ullman (2004), Miranda et Ullman (2007) se sont intéressés au fonctionnement de la musique et ont suggéré l'existence d'une dissociation règle/mémoire similaire à celle retrouvée dans le langage (système déclaratif/procédural). Il semblerait y avoir deux systèmes permettant deux traitements de nature différente : a) le système des « règles », lieu de traitement des structures de niveau supérieur (mélodies), composées d'unités basiques, que sont les notes ou les accords, arrangées dans une configuration hiérarchique suivant des règles ; et b) le système « mémoire », le stock de toutes les représentations musicales. Pour valider un tel modèle, les auteurs ont mené une étude en potentiels évoqués auprès de jeunes adultes, musiciens et non musiciens. Les sujets étaient confrontés à des mélodies qui contenaient ou non une violation dans les règles de l'harmonie musicale (violation des représentations du système « règles »), ou alors des séquences avec une violation dans les notes d'une mélodie familière (violations des représentations du système « mémoire »), ou bien à des séquences contenant les deux types de violations. Les résultats ont révélé une double dissociation entre « règle » et « mémoire », indépendante de l'expertise musicale. Les bases neuronales et les mécanismes cognitifs pour traiter les règles musicales et les représentations mnésiques des mélodies seraient donc bien distincts et indépendants. La double dissociation est donc analogue à celle constatée dans le langage.

2. Des troubles auditifs musicaux associés à des troubles du langage

Les études montrant que des troubles de la perception et de la production musicale cohabitent avec des troubles langagiers suggèrent également l'existence d'un lien fort entre langage et musique, puisque les deux domaines peuvent présenter des dysfonctionnements de manière simultanée.

Overy, Nicolson, Fawcett et Clarke (2003) ont par exemple exploré les habiletés et les difficultés dans la perception et la production musicale, en testant des compétences telles que le rythme, la mélodie, le traitement rapide de notes ou la métrique* chez des sujets dyslexiques. Ces derniers présentent des performances significativement inférieures au groupe contrôle dans les tâches de traitement rapide de notes et de rythme. Ces résultats sont cohérents avec l'hypothèse selon laquelle les sujets dyslexiques présentent un déficit des capacités de traitement rapide. En ce qui concerne la dysphasie, nous rapporterons les conclusions de deux études sur la perception et/ou la production musicale. Tessier et Vannier (2008) ont proposé à des enfants présentant tous types de dysphasie ainsi qu'à des enfants contrôles des épreuves testant la perception de la musique, que ce soit au niveau mélodique ou temporel. Des résultats significativement inférieurs à la population contrôle ont été retrouvés dans tous les types de dysphasie. Jentschke, Koelsch, Sallat et Friederici (2008), quant à eux, ont étudié les troubles du traitement de la syntaxe musicale chez des enfants SLI de 4 à 5 ans, en comparaison avec des enfants contrôles du même âge, dans une étude électrophysiologique. Les enfants SLI n'ont pas présenté de patrons d'activation ordinaires du traitement de la syntaxe musicale : l'onde ERAN, témoin du traitement de l'intégration musicale, n'est pas apparue. Cela montre donc que les difficultés rencontrées par les enfants dysphasiques dans le traitement de la syntaxe linguistique se retrouvent aussi dans la syntaxe musicale.

Ces études suggèrent qu'il est alors possible d'envisager qu'un entraînement musical puisse avoir un impact sur les habiletés langagières et ainsi confirmer le lien entre ces deux domaines.

3. Effets de la pratique musicale ou d'un entraînement auditif non verbal/musical sur les compétences langagières

De nombreuses études ont mis en évidence des différences morphologiques et comportementales entre le cerveau des musiciens et celui des non musiciens. Certaines aires cérébrales auditives, motrices ou visuo-spatiales semblent être morphologiquement plus développées chez les sujets pratiquant la musique (Gaser et Schlaug, 2003 ; Schneider et al., 2002). De même, le planum temporale présente une asymétrie plus importante pour les sujets musiciens, avec une prédominance pour l'hémisphère gauche (Zatorre et al., 2002). Cette aire cérébrale, très impliquée dans certaines activités langagières, suggère que les sujets pratiquant la musique ont de meilleures performances langagières que les sujets non musiciens. La recherche se développe donc actuellement dans le domaine de l'utilisation de la musique à des fins de remédiation des troubles du langage oral ou écrit, puisque son apport semble intéressant dans le développement des capacités cognitives. Il s'agit de montrer qu'un entraînement musical, ou que l'expertise musicale, peut avoir une influence positive sur d'autres compétences cognitives et notamment sur le langage.

3.1. Dans la population tout-venant

Les musiciens, de par une pratique régulière, entraînent leurs capacités de traitement acoustique et temporel. De ce fait, il semble logique qu'ils améliorent leurs capacités de traitement auditif de manière significative. Gaab et al. (2005) sont partis de ce constat et ont utilisé un entraînement musical, dans le but qu'il permette d'améliorer la capacité à traiter les indices spectrotemporels non linguistiques, et qu'il amène des modifications neuroanatomiques au niveau des aires cérébrales dédiées à ces traitements. Il en a résulté une plus grande efficacité du réseau cortical connu pour être impliqué, entre autres, dans les traitements langagiers.

De plus, plusieurs études ont été menées dans le domaine de la prosodie du langage, en lien avec le traitement de la hauteur en musique. Magne, Schön et Besson (2004 ; 2006) ont comparé les habiletés de traitement de la hauteur dans le langage et dans la musique chez des sujets musiciens et non musiciens (enfants et adultes). Les sujets musiciens en général détectent mieux les variations de hauteur dans des phrases musicales et linguistiques. L'expertise musicale améliore donc la détection des variations de hauteur autant en langage qu'en musique. De leur côté, Moreno et Besson (2006) ont montré qu'un entraînement musical, même court, aurait des répercussions positives sur le traitement de la hauteur, tant dans la musique que dans le langage.

Dans le domaine syntaxique cette fois, Jentschke et Koelsch (2009) ont constaté que les enfants musiciens ont une meilleure perception des régularités de la syntaxe musicale et une plus grande sensibilité aux violations de ces régularités. Les auteurs ont ainsi montré que l'onde ERAN était plus ample chez les enfants musiciens, en comparaison aux

enfants non musiciens, lors de tâches de comparaison d'accords musicaux réguliers ou irréguliers, et de jugement de grammaticalité de structures syntaxiques correctes ou incorrectes. De plus, l'onde LAN a été détectée uniquement chez les musiciens. Ces deux résultats montrent que les musiciens présentent de meilleures capacités dans la détection de violations syntaxiques musicales et linguistiques.

3.2. Dans les troubles spécifiques du développement du langage

Dans le domaine de la pathologie du langage, peu d'études rapportent la mise en place d'un protocole d'entraînement musical ayant pour but d'améliorer les compétences verbales. Santos, Joly-Pottuz, Moreno, Habib et Besson (2007) ont néanmoins examiné les déficits de traitement de la hauteur et leur amélioration après un entraînement auditif chez des sujets dyslexiques. Les enfants entraînés ont non seulement vu leurs performances en langage et lecture s'améliorer de manière significative, mais cette amélioration au niveau comportemental était aussi associée à des modifications neurophysiologiques. Plus récemment, Serreboubée, Tournière, Frambourg et Donnadiou (2011) ont réalisé une étude afin d'évaluer l'effet d'un entraînement musical sur les compétences langagières de deux enfants dysphasiques. Un entraînement musical de dix semaines, portant sur les notions de hauteur, d'intensité et de rythme a été proposé aux enfants. Dans cette étude, des progrès significatifs ont été relevés dans les performances à des tâches morphosyntaxiques, et une tendance relative à l'amélioration a été observée dans les tâches de traitement phonologique et de mémoire.

Nous avons donc vu que les liens entre compétence d'apprentissage implicite et langage, et entre langage et musique ont été mis en évidence par de nombreuses études. Or, les processus en jeu dans le traitement d'une information sonore, qu'elle soit musicale ou langagière, sont par nature séquentiels et dépendants de l'apprentissage implicite. Un lien entre musique et apprentissage implicite peut donc aussi être supposé. Les conclusions allant dans ce sens permettront par la suite d'affirmer la présence d'un rapport très étroit entre les compétences d'apprentissage implicite, le langage et la musique.

IV. Les liens entre langage, musique et apprentissage implicite

1. Liens entre musique et apprentissage implicite

1.1. Compétences d'apprentissage implicite chez des sujets non musiciens

Selon Tillmann, Madurell, Lalitte et Bigand (2005, p.64), dans la musique, l'auditeur ne perçoit pas les sons simplement de manière linéaire, mais fait naturellement, et de manière inconsciente, des liens entre les différents événements perçus, afin de leur donner un sens dans leur ensemble. Avec son expérience et ses connaissances de l'harmonie musicale, il apprend à développer des attentes musicales et est capable d'anticiper la fin d'une séquence, à partir d'indices perçus dans le début de cette séquence. Plusieurs auteurs ont ainsi remarqué la présence de connaissances implicites musicales chez des adultes et enfants, et ce, même sans formation musicale. Rohrmeier, Rebuschat et Cross

(2011) ont par exemple montré qu'avec une simple exposition à des mélodies construites sur le principe d'une grammaire artificielle, les participants arrivent à acquérir les structures grammaticales de mélodies non familières, et notamment grâce à la mise en œuvre de leurs capacités d'apprentissage implicite. Beaucoup d'études ont suggéré que les patterns de performance sont similaires chez des adultes musiciens et chez des non musiciens, dans des tâches testant la capacité d'apprentissage implicite sur du matériel musical. Des études en potentiels évoqués ont ainsi montré que dans ces deux types de profils, on retrouve les mêmes réponses électrophysiologiques à des changements subtils dans la fonction harmonique d'un accord-cible. Cela témoigne ainsi de leur capacité respective à détecter des règles et à comprendre la fonction des différents éléments musicaux dans une séquence, et ceci de manière totalement inconsciente (Regnault, Bigand et Besson, 2001). Schellenberg, Bigand, Poulin-Charonnat, Garnier et Stevens (2005), entre autres, ont aussi démontré la présence d'une compétence d'apprentissage implicite chez les enfants. Dans trois expériences différentes, mais basées sur le même paradigme, les enfants entendaient une série d'accords suivie d'un accord final, l'accord-cible. Ce dernier était un accord correspondant ou non aux règles harmoniques de la musique occidentale, c'est-à-dire qu'il pouvait être ou non défini comme adéquat pour terminer une séquence. Les performances étaient plus rapides et plus précises quand l'accord correspondait aux règles harmoniques, que quand il ne correspondait pas.

Selon Tillmann, Bharucha et Bigand (2000), cette compétence serait donc une habileté générale présente chez tous les êtres humains avec ou sans formation musicale. Or, on sait que la pratique musicale, ou du moins l'écoute régulière, permettrait de développer les compétences de traitement séquentiel rapide et d'être plus performant pour repérer des éléments musicaux plus subtils. Cela serait possible grâce à une exposition fréquente à des stimuli non verbaux combinés dans des séquences complexes. L'expertise musicale permet-elle donc d'améliorer les compétences dans le domaine de l'apprentissage implicite, par rapport à des individus ne pratiquant pas la musique ?

1.2. Influence de l'expertise musicale ou d'un entraînement musical sur les compétences d'apprentissage implicite

Autant qu'une privation d'expérience sonore peut altérer le développement des compétences d'apprentissage implicite (Conway et al., 2009 ; 2010), l'expérience auditive ou musicale pourrait à l'inverse améliorer ces mêmes habiletés (Schön et François, 2011). Ces modifications positives seraient anatomiques et fonctionnelles. D'une part, Sluming et al. (2002 ; cités par Schön et François, 2011) ont constaté, chez des sujets musiciens, une augmentation du volume et de la densité de la matière grise dans l'aire de Broca notamment, cette aire étant impliquée dans la segmentation du flux continu de parole et dans la perception harmonique. D'autre part, Marin (2009) a utilisé une tâche testant la capacité de détection d'accords irréguliers d'une séquence, en référence à sa structure harmonique de base, pour rendre compte des capacités d'apprentissage implicite d'enfants dans le domaine musical. Elle a montré qu'un entraînement musical précoce augmente la précision et la rapidité des réponses sur cette tâche, appelée « paradigme d'amorçage harmonique ».

La pratique de la musique ne serait donc pas indispensable au développement des compétences d'apprentissage implicite sur des stimuli musicaux, puisqu'elle semble être

une capacité générale et innée de la cognition humaine, mais elle pourrait néanmoins permettre d'accroître les performances dans ce domaine et dans celui du langage.

2. Des liens entre ces trois domaines ? Quelques études.

A la lumière des données précédentes, les liens entre langage, musique et apprentissage implicite semblent évidents. Marin (2009) a ainsi évalué cette hypothèse en tentant de mettre en lien les résultats d'un groupe d'enfants d'âge préscolaire à des tâches de langage, avec leurs performances lors d'un paradigme d'amorçage harmonique. Deux groupes d'enfants ont participé à l'étude : des enfants ayant suivi un éveil musical et des enfants contrôles. Les enfants ayant suivi l'entraînement musical ont amélioré leurs habiletés d'apprentissage implicite musical et leurs habiletés langagières, notamment sur des tâches en lien avec la syntaxe langagière. Schön et François (2011) ont évalué l'impact de l'expertise musicale sur les compétences langagières ou d'apprentissage implicite chez des enfants musiciens et non musiciens. Les participants devaient écouter un flux continu de syllabes chantées pendant quelques minutes, ce flux étant composé de mots trisyllabiques basés sur un langage artificiel. Puis, on proposait aux sujets une tâche à choix forcé : deux mots trisyllabiques, dont un correspondait aux mots retrouvés dans le langage écouté précédemment, et l'autre non. Les sujets devaient choisir le mot qui leur paraissait le plus familier parmi les deux. Les sujets musiciens, ayant une meilleure perception de la familiarité, paraissaient avoir des représentations des structures linguistiques et musicales significativement plus « robustes ». Une onde N400, témoignant de la familiarité, est en effet apparue de manière plus ample chez les sujets musiciens. L'expertise musicale semble donc être un atout majeur pour présenter de meilleures performances autant en musique qu'en langage ou en apprentissage implicite, prouvant ainsi les relations réciproques entre ces trois champs de compétences. De même, Evans et al. (2009) ont mené une étude auprès d'enfants dysphasiques et d'enfants contrôles, avec des tâches permettant d'évaluer l'apprentissage statistique sur des stimuli verbaux et musicaux. Les sujets devaient écouter un langage artificiel pendant 42 minutes, ce langage artificiel étant construit avec des non-mots trisyllabiques dont les probabilités transitionnelles ont été calibrées pour représenter les frontières entre les mots (cf. description précise de cette partie de l'étude plus haut). Puis dans un second temps, ils devaient écouter un langage tonal* avec calibrage des probabilités d'apparition des notes, de la même manière que pour la tâche précédente. Deux séquences leur étaient ensuite présentées et on leur demandait de dire quelle séquence leur paraissait la plus familière. Les performances ont été significativement plus basses chez les enfants dysphasiques pour repérer les régularités, autant pour le flux verbal que pour le flux musical, avec une difficulté plus marquée pour les stimuli musicaux. De plus, ces difficultés étaient corrélées aux performances observées aux tâches lexicales. Les difficultés des enfants dysphasiques ne sont donc pas limitées aux sons de parole, et le phénomène d'apprentissage implicite semble particulièrement robuste chez l'enfant typique, mais sa nature paraît fragile et inefficace chez l'enfant dysphasique.

Le tissu scientifique présenté ci-dessus permet d'établir progressivement des liens forts entre les domaines de l'apprentissage implicite, du langage et de la musique. Ceux-ci restent aujourd'hui à confirmer, et ce, en développant les études sur le sujet. C'est ce que nous nous proposons d'explorer dans ce mémoire.

Chapitre II

PROBLEMATIQUE ET HYPOTHESES

I. Problématique

D'après la revue de la littérature scientifique exposée, des liens ont donc pu être établis entre les habiletés langagières, musicales et d'apprentissage implicite. En effet, il a été montré que les compétences d'apprentissage implicite et de langage sont interdépendantes (Conway et al., 2010 ; Evans et al., 2009); qu'il existe des ressources corticales et fonctionnelles communes entre langage et musique (Koelsch, 2005 ; Patel, 2003); et enfin, que l'expertise musicale et une compétence d'apprentissage implicite performante semblent intriquées (Marin, 2009; Schön et François, 2011). Cependant, à l'heure actuelle, les liens n'ont été étudiés que partiellement, en privilégiant deux domaines à la fois. L'objectif de cette étude est donc d'obtenir une vue d'ensemble du fonctionnement de ces trois domaines, en étudiant les relations qui les unissent. Nous avons choisi d'explorer cela grâce à l'observation du fonctionnement d'enfants, les uns présentant un trouble sévère du langage oral (dysphasie), et les autres pratiquant activement la musique. Notre étude se portera plus particulièrement sur la syntaxe (combinaison d'événements dans une séquence), compétence transversale aux trois domaines, qui s'acquiert grâce à l'apprentissage implicite et qui se retrouve dans le langage et la musique (harmonie).

II. Hypothèses

1. Hypothèse théorique générale

Nous avançons l'hypothèse que les enfants dysphasiques présentent un déficit de la compétence d'apprentissage implicite lié à de faibles habiletés en traitement syntaxique et en traitement harmonique, au regard de la norme établie par les enfants tout-venant. Parallèlement, nous faisons l'hypothèse que les enfants pratiquant la musique présentent une meilleure compétence d'apprentissage implicite que la norme, en lien avec de bonnes capacités de traitement de la syntaxe linguistique et musicale.

2. Hypothèses opérationnelles

2.1. Hypothèse opérationnelle 1

Nous comparerons les performances d'un groupe d'enfants dysphasiques à celles d'un groupe d'enfants contrôles et d'un groupe d'enfants musiciens sans pathologie du langage sur deux tâches d'apprentissage implicite, en modalités visuelle et auditive. Pour cela, l'apprentissage implicite sera mis en évidence par un taux de rappel correct supérieur pour les séquences suivant la grammaire artificielle, préalablement apprise, par rapport aux séquences agrammaticales. Nous nous attendons à ce que le nombre de séquences grammaticales et agrammaticales bien rappelées ne diffère pas significativement pour le groupe Dysphasiques, contrairement aux groupes contrôle et Musiciens où l'effet d'un apprentissage implicite doit apparaître.

Nous confronterons alors le taux de rappel correct de séquences grammaticales par rapport aux séquences agrammaticales dans les groupes contrôle et Musiciens, en nous attendant à constater un apprentissage implicite plus important dans le second groupe.

2.2. Hypothèse opérationnelle 2

Nous évaluerons également les performances du groupe d'enfants dysphasiques par rapport au groupe contrôle lors de la réalisation de deux tâches de traitement de la syntaxe linguistique et musicale (harmonie). Nous faisons l'hypothèse que le nombre de réponses correctes sera inférieur pour le groupe d'enfants dysphasiques comparé aux groupe d'enfants contrôles. A l'inverse, lors de la comparaison des performances du groupe Musiciens par rapport au groupe contrôle à ces mêmes tâches syntaxique/harmonique, nous nous attendons à trouver un nombre supérieur de bonnes réponses pour le groupe d'enfants pratiquant la musique.

2.3. Hypothèse opérationnelle 3

Si les deux hypothèses opérationnelles précédentes se trouvent avérées, nous pourrions mettre en évidence des corrélations entre les performances mesurées à toutes les tâches pour chacun des trois groupes : de faibles performances devraient alors s'observer dans les tâches d'apprentissage implicite associées à de faibles performances aux tâches de traitement de la syntaxe langagière et musicale tandis que de bonnes performances dans un domaine devraient se retrouver dans les autres tâches.

Chapitre III

PARTIE EXPERIMENTALE

I. Population

1. Procédure pour la constitution des groupes

1.1. Méthodologie de la recherche de population

La recherche de la population et les passations ont été réalisées en parallèle avec quatre étudiantes en Master 1 de psychologie cognitive de l'Université de Savoie. Nous avons donc eu la responsabilité de la constitution du groupe d'enfants dysphasiques ainsi qu'une partie des enfants du groupe Musiciens.

La prospection s'est effectuée pour notre part dans la région Rhône-Alpes, auprès de cabinets libéraux d'orthophonie ou de centres spécialisés pour enfants dysphasiques, et dans l'agglomération lyonnaise pour les enfants pratiquant la musique, auprès d'écoles de musique et par le bouche-à-oreille entre parents.

Ainsi, nous avons créé plusieurs courriers d'information destinés à nos différents interlocuteurs dans un premier temps (cf. Annexes I et II), puis nous avons procédé à une prospection plus intensive par téléphone.

Le groupe contrôle, constitué par les étudiantes en Master 1, ainsi que l'autre partie des enfants musiciens, ont été recrutés dans l'entourage de celles-ci, en région Rhône-Alpes également.

1.2. Présentation des tâches contrôles

Pour établir un profil cognitif de chaque enfant, et voir s'il correspondait à nos critères de recherche, nous avons proposé un premier rendez-vous aux sujets présélectionnés. L'objectif a été d'explorer rapidement les compétences des sujets dans les domaines de l'expression et de la compréhension syntaxique, de la mémoire à court terme auditivo-verbale, du raisonnement abstrait et du traitement de l'information visuelle. Les tâches contrôles nous ont ainsi permis de constituer les groupes, en choisissant ou en éliminant certains sujets à partir de nos critères d'inclusion et d'exclusion. Elles nous ont également permis de prévoir, à partir de cette première impression, la faisabilité des tâches expérimentales pour les enfants sélectionnés. En effet, les compétences testées par les tâches contrôles peuvent entrer en jeu dans la réalisation des tâches expérimentales.

Nous avons donc choisi quatre épreuves issues de tests orthophoniques et psychométriques en tenant compte de la population à laquelle elles s'adressent (enfants de 10 ans en moyenne), du domaine exploré et de la rapidité de leur passation.

1.2.1. Tâche de production syntaxique

La tâche proposée est issue de la batterie ELO (Evaluation du Langage Oral), construite par Khomsi en 2001 : l'épreuve « Production d'Énoncés ». Son objectif est d'explorer la production morphosyntaxique des enfants du cycle primaire. Elle s'adresse donc à des enfants de la Petite Section de Maternelle jusqu'au CM2. Il s'agit pour le sujet de terminer une phrase incomplète à l'aide d'un support constitué de deux images. L'expérimentateur commente la première image à l'aide d'une phrase, puis commence la seconde que l'enfant doit terminer lui-même : « Ici, c'est un boulanger ; là c'est une... boulangère ». Les portions de phrases à produire par l'enfant contiennent des marques morphosyntaxiques ou des structures syntaxiques particulières : féminins morphémiques, pluriels spéciaux, flexions verbales, tournures passives, etc. Après les trois items d'exemple, les 25 items de la tâche sont présentés aux sujets, le nombre d'items proposés étant dépendant du niveau scolaire. A l'issue de l'épreuve, une note brute est retenue (MorSyn), correspondant au nombre de réponses justes. On se réfère alors à l'étalonnage en Z scores pour situer le sujet par rapport à la norme, c'est-à-dire en effectuant un calcul avec la moyenne et l'écart-type pour base [(score de l'enfant – moyenne)/écart-type].

1.2.2. Tâche de compréhension syntaxique

L'épreuve « Compréhension 2 » est, de la même façon, issue de la batterie ELO. Elle permet d'investiguer le niveau de compréhension morphosyntaxique des enfants de la Grande Section de Maternelle au CM2. Le sujet a devant lui une planche constituée de quatre images, puis il doit choisir l'image qui correspond à un énoncé proposé à l'oral par l'expérimentateur. Les phrases contiennent des difficultés morphosyntaxiques sur les temps verbaux, des phrases contenant des subordonnées et des enchâssements, des phrases passives, etc. Seule une image parmi les quatre est correcte, les autres correspondent à des distracteurs. Les items d'exemple puis les items de test sont présentés au sujet. Si la première désignation de l'enfant n'est pas celle attendue, on présente une seconde fois la phrase pour lui laisser une deuxième possibilité de comprendre. Deux notes brutes sont donc calculées : CI, la note brute totalisant toutes les bonnes désignations immédiates ; et CG, comptabilisant le nombre total de bonnes désignations, c'est-à-dire la compréhension globale. Grâce à l'étalonnage en Z scores, on situe les scores de l'enfant par rapport à la norme pour son niveau scolaire.

1.2.3. Tâches de mémoire à court terme et de mémoire de travail auditivo-verbales

Les tâches d'empan de chiffres endroit-envers utilisées ici proviennent de la Batterie Analytique du Langage Ecrit (BALE, Jacquier-Roux, Lequette, Pouget, Valdois et Zorman, 2010).

La mesure de l'empan endroit consiste à faire répéter au sujet des séquences de chiffres énoncés à l'oral, au rythme d'un chiffre par seconde. Le nombre de chiffres par séquence augmente à chaque fois. Ainsi, on commence par faire répéter 2 chiffres, puis 3, et ainsi de suite, jusqu'à 7 chiffres. Par exemple, l'expérimentateur dit « 2, 9 » et le sujet doit

répéter « 2, 9 ». Si le sujet ne réussit pas la première séquence proposée, on lui en propose une deuxième contenant le même nombre de chiffres. S'il réussit à rappeler correctement cette seconde séquence, on continue le test en augmentant le nombre de chiffres ; s'il ne réussit pas, l'épreuve s'achève. La plus grande séquence de chiffres bien rappelée donne la taille de l'empan. Grâce à cette tâche, il est possible d'avoir un aperçu de la capacité de la mémoire à court terme auditivo-verbale du sujet.

L'empan envers, lui, permet d'explorer la mémoire de travail auditivo-verbale. Cela se base exactement sur le même principe que la tâche précédente sauf que la consigne consiste à répéter la séquence de chiffres dans l'ordre inverse de celui dans lequel ils ont été donnés. Par exemple, l'expérimentateur dit « 2, 9 » et le sujet doit répéter « 9, 2 ».

Pour ces deux tâches, on se réfère ensuite aux Z scores par niveau scolaire pour observer où se situe le score du sujet par rapport à la norme.

1.2.4. Tâche de raisonnement abstrait et de traitement de l'information visuelle

L'épreuve de Matrices est un subtest de la batterie WISC-IV (Échelle d'intelligence de Wechsler pour enfants et adolescents, Wechsler, 2005). C'est une tâche de matrices analogiques. L'enfant observe une matrice incomplète, composée de dessins ou de formes géométriques, et doit sélectionner la partie manquante parmi cinq possibilités de réponse. Le lien entre la matrice et la partie manquante est un lien logique que l'enfant doit deviner. Ce test est constitué de 35 items, ainsi que de trois items d'exemple. On présente les items les uns à la suite des autres, et on arrête le test si le sujet donne quatre mauvaises réponses à la suite, ou s'il en donne quatre sur cinq items. On obtient une note brute totale en prenant le nombre d'items réussis. On se réfère au tableau d'étalonnage en note standard selon la tranche d'âge du sujet pour obtenir son positionnement par rapport à la norme.

1.2.5. Questionnaires adressés aux sujets

Nous avons aussi fait remplir aux sujets et à leurs parents un questionnaire pour recueillir des informations générales telles que la classe, le sexe, l'existence de troubles du langage oral ou écrit, la profession des parents, etc. (cf. Annexe III). Pour les sujets musiciens uniquement, nous avons recueilli des informations sur leur pratique musicale grâce à un second questionnaire (cf. Annexe IV).

2. Présentation des groupes expérimentaux

Afin de répondre à la question que nous nous posons, nous avons choisi d'évaluer et de comparer les performances de deux groupes d'enfants au profil différent, les uns présentant une dysphasie, les autres pratiquant la musique. Ces groupes seront comparés à un groupe contrôle, nous donnant un repère sur une norme de référence pour les tâches expérimentales.

2.1. Groupe d'enfants contrôles (GC)

Pour la constitution de ce groupe, les étudiantes en Master 1 ont rencontré 16 enfants, issus de leur entourage ou d'écoles de Savoie et de Haute-Savoie.

Les critères retenus pour la sélection de ces enfants contrôles ont été les suivants : enfants de 9 ans en moyenne, actuellement scolarisés en primaire, ne présentant pas de trouble du langage et n'ayant jamais pratiqué la musique.

Le groupe contrôle est composé de 9 garçons et 7 filles de langue maternelle française, et d'une moyenne d'âge de 9 ans 7 mois (écart-type de 1.05, étendue de 7 ans 8 mois à 10 ans 8 mois). Les sujets sont issus de classes de CE1 pour deux enfants, un seul est en CE2, trois sont en CM1 et la majorité est en CM2. Les catégories socio-professionnelles (CSP) des parents sont hétérogènes, avec plus « d'artisans, commerçants » du côté des pères, et de « professions intermédiaires » du côté des mères (la cotation utilisée pour cette classification peut être consultée à l'Annexe V).

2.2. Groupe d'enfants dysphasiques (GD)

Nous avons retenu 16 sujets dysphasiques, sur les 20 initialement recrutés. Parmi les sujets éliminés, un enfant ne correspondait pas aux critères d'âge, tandis que les trois autres ne présentaient pas de données exploitables quant aux tâches expérimentales.

Les autres ont été choisis en s'appuyant sur les critères suivants : les enfants doivent avoir 9 ans en moyenne, avoir comme langue maternelle le français, être scolarisés en cycle primaire, présenter une dysphasie diagnostiquée comportant des troubles majoritairement expressifs, ne pas présenter d'autre pathologie cognitive importante (dyspraxie, épilepsie, troubles du comportement...), et enfin n'avoir jamais pratiqué la musique.

Ainsi, la moyenne d'âge de nos sujets dysphasiques est de 9 ans 6 mois (écart-type de 0.7, étendue de 8 ans 9 mois à 10 ans 11 mois). Il y a 12 garçons et 4 filles, dont un en classe de CE2, deux en CE2-CLIS (avec antécédent de redoublement), sept en CM1 dont trois redoublants, trois en CM2 et enfin trois enfants scolarisés dans une école spécialisée « dys », en classe adaptée. Les catégories socio-professionnelles sont diverses selon les familles, avec une plus grande part « d'employés » chez les pères comme chez les mères.

2.3. Groupe d'enfants musiciens (GM)

Nous avons rencontré, parallèlement aux étudiantes en Master 1, vingt-cinq enfants pratiquant la musique. L'un d'eux a dû être rejeté du protocole d'expérimentation car il ne correspondait pas à nos critères d'âge. Par ailleurs, afin d'obtenir trois groupes de même importance, nous avons finalement choisi d'éliminer 8 autres sujets au hasard. Seize enfants musiciens constituent donc ce groupe.

Il s'agit d'enfants de 9 ans en moyenne, de langue maternelle française, scolarisés en école primaire, pratiquant la musique depuis trois années consécutives ou plus, et enfin ne présentant pas de pathologie du langage oral ou écrit.

Le groupe Musiciens présente une moyenne d'âge de 9 ans 3 mois (écart-type de 1.18, étendue de 7 ans à 10 ans 8 mois) et 8 garçons et 8 filles le composent. Deux enfants sont en classe de CE1, trois sont en CE2, 4 sont en CM1 et enfin 7 sont en CM2. Aucun n'a redoublé. Quant à l'expertise musicale, elle se manifeste par la pratique régulière d'un instrument et/ou de l'apprentissage du solfège, ajouté à d'autres formes d'expression musicale pour certains (expression corporelle, danse, claquettes). En moyenne, les enfants de ce groupe pratiquent la musique 2,8 heures par semaine, et ce depuis 3,2 années. Les parents font majoritairement partie de la catégorie des « professions intermédiaires », pères et mères confondus.

2.4. Appariement des groupes et comparaison de leurs profils aux tâches contrôles

Le tableau 1 ci-dessous présente les résultats obtenus en moyenne pour les trois groupes expérimentaux lors des tâches contrôles, et les analyses statistiques permettant d'observer des effets de groupe (comparaison des profils selon les groupes).

Tableau 1. Présentation des moyennes et écarts-types entre parenthèses obtenus par les trois groupes aux tâches contrôles, ainsi que les valeurs des analyses statistiques obtenues

	GD	GC	GM	Effet de groupe	Effet de groupe GD/GC	Effet de groupe GC/GM
Age chrono	9,621 (0,684)	9,707 (1,052)	9,326 (1,184)	F(2,45)=0.65; NS	/	/
MorSyn (Zscore)	-2,971 (2,392)	0,742 (0,968)	0,858 (0,939)	F(2,45)=26.59; p<.05	F(1,45)=43.88; p<.05	F(1,45)=0.04; NS
CI (Zscore)	-0,511 (1,068)	0,576 (0,711)	1,046 (0,768)		F(1,45)=12.68; p<.05	F(1,45)=2.37; NS
CG (Zscore)	-0,585 (1,205)	0,152 (0,922)	0,766 (0,656)		F(1,45)=4.77; p<.05	F(1,45)=3.31; p=0,076
Empan endroit	3,875 (0,806)	5,188 (1,047)	5,438 (0,892)	F(2,45)=13.78; p<.05	F(1,45)=16.27; p<.05	F(1,45)=0.59; NS
Empan envers	3,000 (0,632)	4,000 (1,155)	4,250 (0,931)		F(1,45)=9.23; p<.05	F(1,45)=0.58; NS
Matrices (ns)	7,063 (4,090)	10,375 (2,579)	12,500 (2,608)	F(2,45)=11.94; p<.05	F(1,45)=8.73; p<.05	F(1,45)=3.59; p=0,0645

NS (Non Significatif) ; ns (note standard)

Concernant l'âge chronologique, nous avons mené des ANOVAs en prenant en compte le facteur Groupe. Il n'y a pas de différence significative entre les trois groupes de sujets [F(2,45) = 0.65, NS]. Cela signifie donc que tous sont appariés au niveau de l'âge chronologique.

Pour analyser les trois tâches contrôles testant le langage (production et compréhension syntaxique, mémoire auditivo-verbale), nous avons réalisé des ANOVAs avec le facteur inter-sujet Groupe et le facteur intra-sujet Tâche. Les trois groupes présentent des performances significativement différentes [F(2,45) = 26.59, p<.05] ; un effet du groupe est donc présent. Nous constatons aussi un effet de la tâche [F(2,90) = 10.88, p<.05]. L'interaction Tâche X Groupe est également significative [F(4,90) = 15.54, p<.05]. Les

trois groupes ont donc des performances variables selon la difficulté de la tâche. Les comparaisons planifiées ont révélé que les enfants dysphasiques présentent un profil significativement inférieur aux deux autres groupes sur les trois tâches. En effet, la différence s'avère significative entre GD et GC pour la tâche de Production d'Enoncés (MorSyn) [$F(1,45) = 43.88, p < .05$], le score de compréhension immédiate (CI) [$F(1,45) = 12.68, p < .05$] et le score de compréhension globale (CG) [$F(1,45) = 4.77, p < .05$]. Ces résultats confirment donc l'existence d'un trouble du langage et donc d'une dysphasie pour ces sujets. En revanche, les profils des enfants contrôles et musiciens ne diffèrent ni sur la tâche de Production d'Enoncés [$F(1,45) = 0.04, \text{NS}$], ni sur le score de compréhension immédiate [$F(1,45) = 2.37, \text{NS}$]. Concernant le score de compréhension globale [$F(1,45) = 3.31, p = 0,076$], on constate que les enfants musiciens ont tendance à être plus performants que les enfants contrôles, mais sans que cela soit significatif. Les profils des groupes GC et GM sont donc similaires sur les tâches langagières, et sont supérieurs à celui du groupe GD.

Concernant les épreuves d'empan, nous pouvons aussi voir différents profils se dessiner selon les groupes, grâce à des ANOVAs prenant en compte le facteur inter-sujet Groupe et le facteur intra-sujet Tâche. Un effet de groupe apparaît [$F(2,45) = 13.78, p < .05$], ce qui signifie que, selon les groupes, les performances sur l'empan endroit et envers ne sont pas similaires. Il existe un effet de la tâche [$F(1,45) = 69.22, p < .05$], qui confirme que l'empan envers présente plus de difficultés que l'empan endroit pour les sujets, comme cela était attendu. L'interaction Tâche X Groupe n'est pas significative [$F(2,45) = 0.64, \text{NS}$]. La comparaison des groupes montre que les performances significativement différentes entre les groupes se situent entre les enfants dysphasiques et les enfants contrôles sur les tâches d'empan endroit [$F(1,45) = 16.27, p < .05$] et d'empan envers [$F(1,45) = 9.23, p < .05$]. Les performances des enfants contrôles et musiciens ne diffèrent pas de manière significative, ni sur l'empan endroit [$F(1,45) = 0.59, \text{NS}$], ni sur l'empan envers [$F(1,45) = 0.58, \text{NS}$]. Les trois groupes de sujets ont donc des tailles d'empan différentes avec notamment un profil beaucoup plus chuté que les deux autres groupes pour les enfants dysphasiques, et les groupes ne sont donc pas appariés sur la mémoire à court terme auditivo-verbale et la mémoire de travail.

Les scores aux Matrices révèlent des différences significatives entre les groupes. Ainsi, on trouve un effet de groupe sur cette tâche [$F(2,45) = 11.94, p < .05$]. Cela ne correspond pas à ce à quoi nous nous attendions. En effet, il existe une différence significative entre le groupe Dysphasiques et le groupe contrôle sur cette tâche [$F(1,45) = 8.73, p < .05$], et une tendance à la significativité entre le groupe contrôle et le groupe Musiciens [$F(1,45) = 3.59, p = 0,065$]. Les performances des groupes sont donc différentes avec un meilleur profil pour les musiciens que pour les contrôles, eux-mêmes meilleurs que les dysphasiques sur cette tâche. Les groupes ne sont donc pas appariés sur cette tâche contrôle.

II. Description du matériel

1. Présentation des tâches (stimuli et procédure)

1.1. Les tâches d'apprentissage implicite séquentiel

Afin d'évaluer les compétences d'apprentissage implicite non verbal des enfants dysphasiques, musiciens et contrôles, deux tâches de rappel sériel immédiat de séquences de couleurs ou de sons ont été construites, l'une en modalité visuelle et l'autre en modalité auditive. Le principe consiste à exposer le sujet, lors d'une phase d'apprentissage, à des séquences de stimuli qui apparaissent les uns après les autres selon une grammaire artificielle prédéfinie (le stimulus 1 ne sera jamais suivi du 2 mais toujours suivi du 3, par exemple). Le sujet doit reproduire la séquence en respectant l'ordre d'apparition des stimuli qui lui sont présentés. Lors d'une phase test, qui suit cette phase d'apprentissage, le sujet réalise la même tâche avec des séquences qui respectent la grammaire artificielle précédente et des séquences qui ne la respectent pas. Le nombre plus élevé de reproductions justes de séquences grammaticalement correctes lors de la phase test, comparé au nombre de bonnes reproductions de séquences grammaticalement incorrectes, témoigne d'un apprentissage implicite de la grammaire. En effet, la grammaire à laquelle le sujet a été exposé lors de la phase d'apprentissage aura pu être généralisée à de nouvelles séquences. Ces deux tâches sont inspirées de celle utilisée par Conway, Pisoni, Anaya, Karpicke et Henning (2010).

1.1.1. Construction des séquences grammaticales artificielles

Deux types de grammaires artificielles (grammaires A et B) ont été construites et sont présentées dans le tableau 2 ci-dessous. Ces grammaires spécifient la probabilité d'apparition d'un stimulus, qui est fonction du stimulus qui le précède dans la séquence. Pour chaque séquence de stimuli, un premier stimulus apparaît (déterminé aléatoirement) et la liste de probabilité est utilisée pour déterminer le stimulus qui doit apparaître ensuite. Les tâches d'apprentissage implicite sont donc composées de 40 séquences au total dont : 1) 16 séquences (grammaire A) pour la phase d'apprentissage (6 de deux items, 5 de trois items, 5 de quatre items) ; 2) 12 séquences « grammaticales » (A) pour la phase de test (4 de trois items, 4 de quatre items, 4 de cinq items) ; 3) 12 séquences « non grammaticales » pour la phase test, suivant la même répartition que ci-dessus. Lors de la phase test, les séquences A (grammaticalement correctes) et B (grammaticalement incorrectes) sont présentées aléatoirement mais toujours dans un ordre croissant de longueur (soit les séquences de 3 stimuli, suivies des séquences de 4 et enfin de 5 stimuli). L'ensemble des séquences grammaticalement correctes et incorrectes présentées lors des phases d'apprentissage et test sont présentées dans l'annexe VI.

Tableau 2. Grammaires A et B construites pour les tâches d'apprentissage implicite

Position du stimulus n (couleur/Son)	Grammaire A ($n+1$)				Grammaire B ($n+1$)			
	1	2	3	4	1	2	3	4
1	0.0	0.5	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0
2	0.0	0.0	1.0	0.0	0.5	0.0	0.0	0.5
3	0.5	0.0	0.0	0.5	0.0	1.0	0.0	0.0
4	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5	0.5	0.0

Les grammaires indiquent les probabilités de transition d'une position n à une position $n+1$ d'une séquence pour les 4 stimuli possibles (couleur ou son) numérotés de 1 à 4.

1.1.2. Tâche d'apprentissage implicite en modalité visuelle (AIV)

a. Stimuli

Les séquences présentées sur l'écran tactile relié à l'ordinateur sont composées de carrés de quatre couleurs différentes (rouge, jaune, vert, bleu), qui apparaissent pour chaque séquence dans un ordre donné, les uns à la suite des autres. Chaque carré a sa propre couleur et sa localisation dans l'espace (en haut à gauche, en haut à droite, en bas à gauche, en bas à droite), qui est déterminée aléatoirement par l'ordinateur au lancement de la tâche pour chaque sujet. Chaque carré apparaît durant 700 ms, et chaque séquence est suivie d'une pause de 500 ms avant que l'écran de rappel ne soit proposé au sujet.

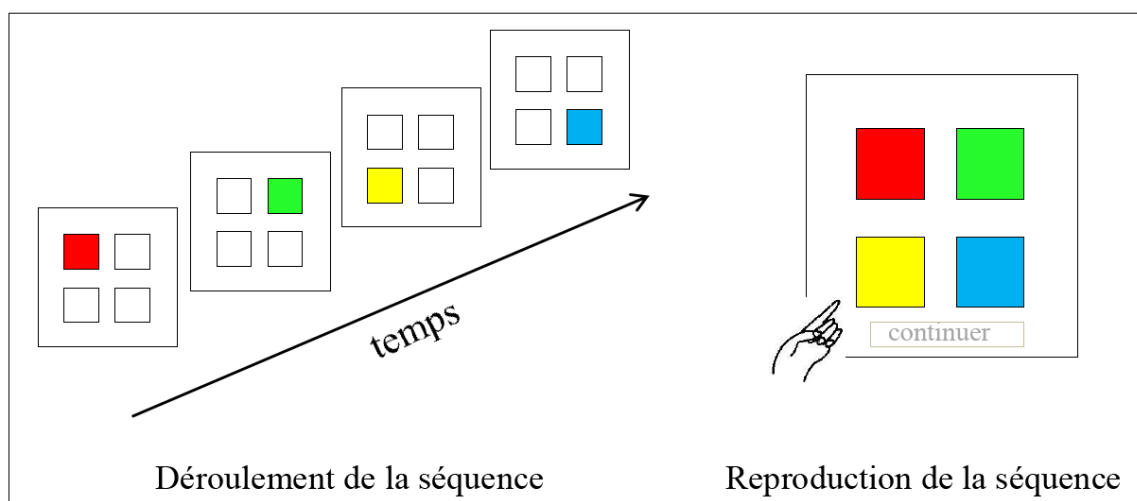


Figure 1. Schéma du déroulement de la tâche d'apprentissage implicite visuel

b. Procédure

Dans un premier temps, la consigne est expliquée à l'enfant par l'expérimentateur, qui bénéficie d'un support visuel à l'écran fait d'exemples pour illustrer son propos (les écrans des consignes sont présentés en Annexe VII). Nous demandons à l'enfant de bien regarder la suite de carrés de couleur qui va apparaître en étant attentif, puis de la

reproduire à l'identique lorsque ce sera demandé, en appuyant directement sur l'écran tactile pour entrer sa réponse. Pour passer à la séquence suivante, il suffit d'appuyer sur « continuer » en bas de l'écran. On permet à l'enfant d'intégrer la consigne et d'approprier l'écran tactile par trois essais (trois séquences de quatre items chacune), durant lesquels l'expérimentateur peut intervenir pour préciser ou expliquer à nouveau la consigne. Ensuite, la première partie de la tâche commence : à son insu, le sujet va reproduire 16 séquences d'items suivant une grammaire artificielle A (c'est la phase d'apprentissage). Dans la deuxième partie, l'enfant bascule en phase test, toujours sans le savoir : il va être amené à reproduire cette fois 24 séquences mélangées, les unes suivant la grammaire proposée précédemment (A), les autres ne la suivant pas (grammaire B).

1.1.3. Tâche d'apprentissage implicite en modalité auditive (AIA)

a. Stimuli

La tâche d'apprentissage implicite auditif est construite sur le même modèle que pour la modalité visuelle. Cependant, les séquences correspondent dans ce cas à des sons présentés séquentiellement via un casque audio. Les sons correspondent à de courtes pistes audio de bruits d'animaux familiers (chien, chat, oiseau, cochon), qui sont jouées les unes après les autres durant l'écoute de la séquence. Comme précédemment, les séquences sont régies par une grammaire artificielle qui précise la probabilité d'apparition d'un cri d'animal par rapport au son qui le précède. Là aussi, il peut y avoir de deux à cinq items dans les séquences proposées, chaque item durant 700 ms. L'écran de rappel apparaît après chaque séquence entendue : il est composé de quatre photos d'animaux correspondant aux cris, disposées aux quatre coins de l'écran, de la même manière que les quatre couleurs dans la tâche visuelle. L'emplacement de chaque photo est déterminé au hasard par l'ordinateur pour chaque sujet.

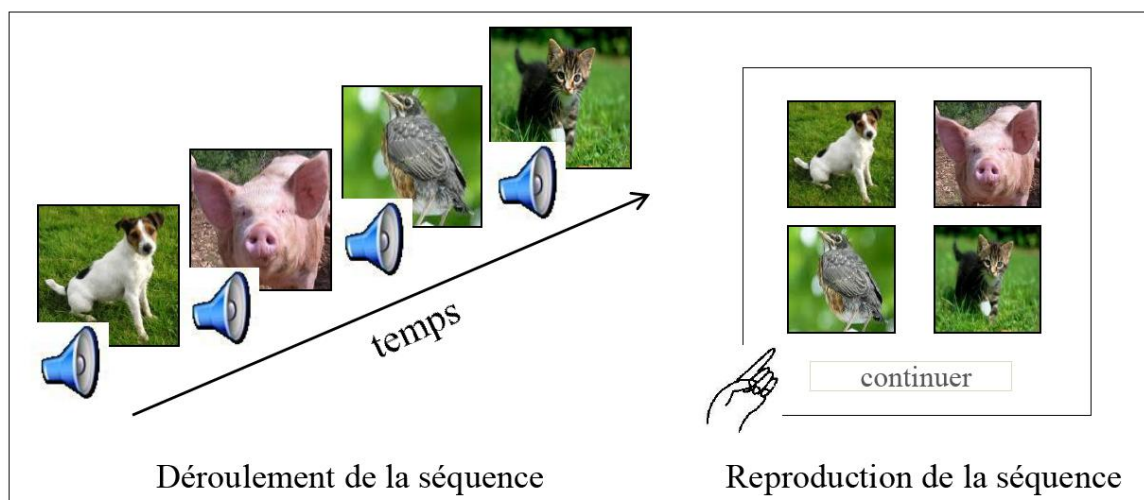


Figure 2. Schéma du déroulement de la tâche d'apprentissage implicite auditif

b. Procédure

En préambule de cette tâche, on s'assure que le sujet associe bien le cri de l'animal à sa photographie en lui proposant un exercice de reconnaissance très court, sur Microsoft PowerPoint, où il doit désigner l'animal qu'il entend (les écrans des consignes sont présentés en Annexe VII). Les quatre sons d'animaux utilisés dans la tâche d'apprentissage implicite lui sont présentés : chien, chat, oiseau, cochon. La tâche peut ensuite débiter. L'enfant écoute la consigne que lui donne l'expérimentateur et suit les exemples avec lui sur l'écran d'ordinateur (les écrans des consignes sont présentés en Annexe VII). Trois essais sont aussi proposés, avec nos explications si besoin mais toujours sans feedback positif ou négatif. On demande à l'enfant de bien écouter puis de redonner les cris successifs des animaux dans l'ordre dans lequel il les a entendus en appuyant sur les photos correspondantes. La touche « Continuer » lui permet de passer à la séquence suivante. Après les essais, lorsqu'il est prêt, l'enfant commence. La tâche débute par une phase d'apprentissage puis une phase test. Les séquences sont au nombre de 40 et la répartition est la même que pour la tâche visuelle.

1.2. La tâche de traitement syntaxique (Synt)

Cette tâche proposée initialement par Przybylski et al. (sous presse) consiste à mesurer l'habileté de traitement de la syntaxe linguistique, à travers le jugement de phrases syntaxiquement correctes ou incorrectes.

1.2.1. Stimuli

96 phrases ont été enregistrées en chambre sourde avec la voix de notre maître de Mémoire, à un rythme de parole normal et régulier. Les phrases sont formées de structures simples sujet-verbe-complément, de 6.1 mots en moyenne (allant de 4 à 8 mots) et de 8,29 syllabes en moyenne (allant de 6 à 11) d'une durée moyenne de 2300 msec. La construction du matériel linguistique a consisté à décliner à partir de 48 séquences « syntaxiquement correctes » 48 autres phrases « syntaxiquement incorrectes ». Parmi ces dernières, on retrouve trois types d'erreurs possibles (huit séquences pour chaque) : 1) des erreurs sur le genre du mot, affectant le groupe nominal (ex : la lapin court dans l'herbe) ; 2) des erreurs sur le nombre du mot, affectant le groupe verbal (ex : l'enfant ont entendu une belle histoire) ; 3) des erreurs sur le choix de la personne dans la conjugaison, affectant le groupe verbal (ex : les baguettes sommes en bois).

Pour éviter qu'un sujet ne soit confronté à une séquence correcte et à son corrélat incorrect, la liste de 96 phrases a été divisée en deux sous-listes (A et B), dont la moitié des séquences est correcte et l'autre moitié incorrecte. En nous basant sur ces listes, nous avons ainsi construit deux listes (1 et 2) pour l'expérience : chaque sujet s'est donc vu attribuer aléatoirement la Liste 1 ou la Liste 2, chacune étant composée de 48 séquences mélangées. La Liste 1 englobe les phrases « syntaxiquement correctes » de la liste A et les phrases « syntaxiquement incorrectes » de la liste B. La Liste 2 comporte les phrases correctes de la liste B et les phrases incorrectes de la liste A (pour plus de détails, voir le tableau détaillé de répartition des phrases en annexe VIII).

1.2.2. Procédure

La consigne est au préalable expliquée à l'enfant. Il va devoir écouter via le casque audio une personne dire des phrases. Parfois, elle peut parler tout à fait correctement, et parfois elle peut se tromper et faire une erreur dans la phrase. L'enfant doit évaluer si la phrase est correcte ou non au niveau grammatical en répondant par oui ou non (bonhomme content ou pas content sur le clavier). Un écran de réponse affiche les instructions à suivre après l'écoute de chaque séquence. Des gommettes sont placées sur le clavier d'ordinateur pour aider l'enfant à se repérer : la touche Q remplacée par un bonhomme mécontent permet de répondre négativement, et la touche M, masquée par un bonhomme content, de répondre positivement. L'enfant s'entraîne durant les six exemples proposés (trois phrases correctes et trois erronées mélangées) avec un feedback de l'expérimentateur et des appréciations portées à l'écran (« Bravo c'est la bonne réponse » ou « Essaie encore... »). Après chaque réponse donnée, quand le sujet est prêt à entendre la séquence suivante, il appuie sur la vignette « Go ! » collée sur la barre d'espace du clavier. La phase de test peut alors commencer. L'enfant émet un choix correct/incorrect jusqu'à la fin des 48 phrases, où un écran « Bravo, c'est fini ! » s'affiche. Les performances des sujets en termes de traitement syntaxique sont mesurées par le nombre de bonnes réponses données, exemples exclus. Le déroulement de cette tâche est illustré dans la figure 3.

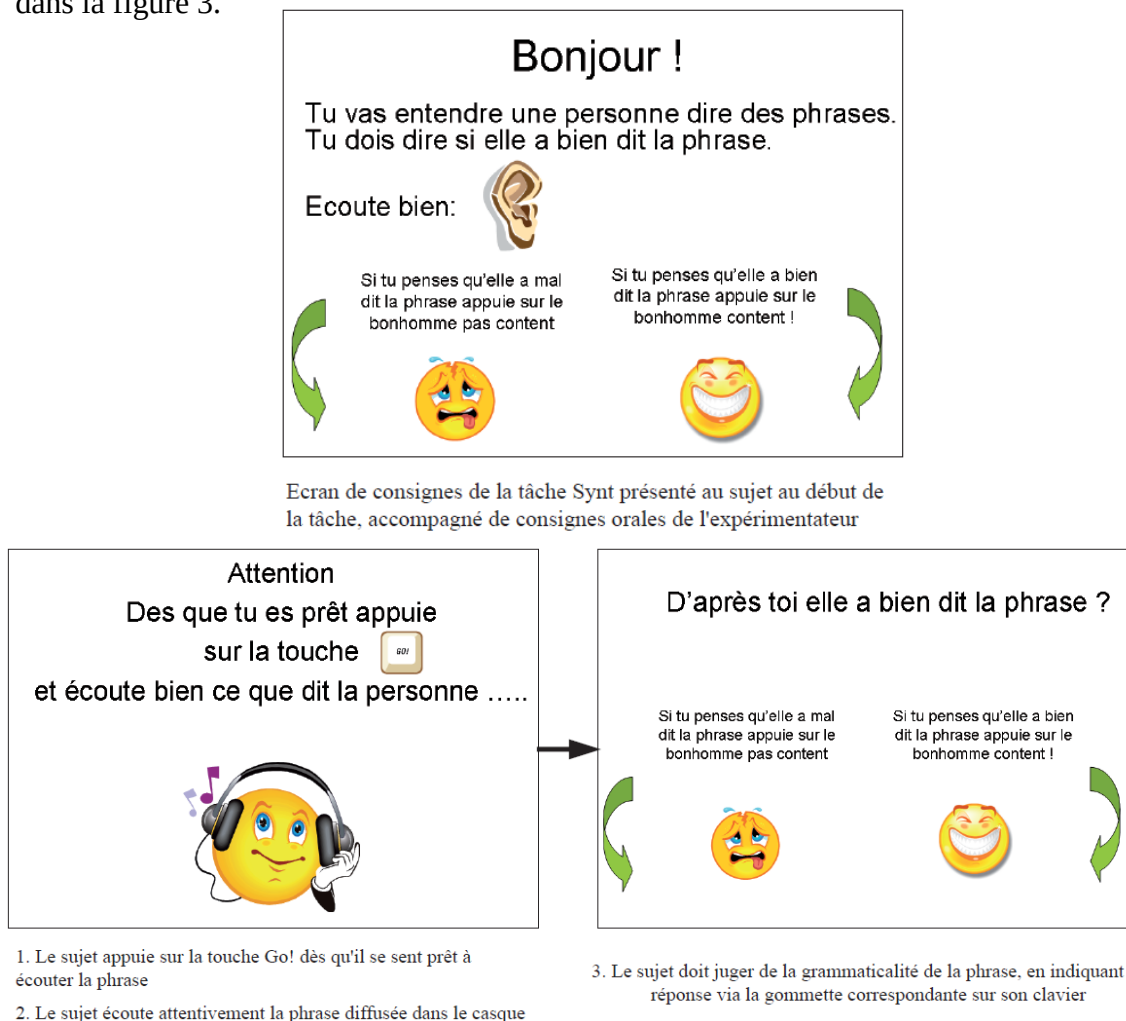


Figure 3. Illustration du déroulement d'un essai lors de la tâche de traitement syntaxique

1.3. La tâche de traitement harmonique (Harm)

La tâche de traitement de la syntaxe musicale (ou harmonie) se veut proche de la tâche syntaxique, afin de rendre la comparaison possible. Basée sur les travaux de Koelsch, Fritz, Schulze, Alsop et Schlaug (2005), la tâche consiste en l'écoute de séquences musicales d'accords suivie du jugement de chacune d'elles. Il s'agit alors d'évaluer l'habileté à percevoir des séquences musicales harmoniquement correctes ou incorrectes en indiquant si le dernier accord « sonne juste » ou « faux ».

1.3.1. Stimuli

46 séquences de cinq accords jouées avec un timbre de piano ont été construites grâce au logiciel Final 2005. Ces 46 séquences correspondent à la transposition dans les 12 tonalités* (pour la moitié transposées plus aigu et pour l'autre moitié plus grave) de deux séquences de base (Cf. Tableau 3). Parmi les 46 séquences d'accords ainsi construites, 23 séquences correspondaient donc à une suite d'accords dont le cinquième accord était régulier (tonique*), et pour les 23 autres, le cinquième accord était irrégulier (mineur subdominant*) pour les 12 tonalités (Cf. Figure 4). Pour chacune de ces séquences, les quatre premiers accords duraient 666.7 msec et 1333.3 msec pour le cinquième donnant lieu à une durée totale de la séquence de 4000 msec. Les séquences étaient présentées à environ 75 dB SPL.

Tableau 3. Construction des 46 accords de la tâche harmonique

	Régulier		Irrégulier	
	Bas	Haut	Bas	Haut
Do Majeur	RDoMaj1	RDoMaj1	IRDoMaj24	IRDoMaj24
Do# Majeur	RDo#MajBas2	RDo#MajHaut13	IRDo#MajBas25	IRDo#MajHaut36
Ré Majeur	RReMajBas3	RReMajHaut14	IRReMajBas26	IRReMajHaut37
Mib Majeur	RMibMajBas4	RMibMajHaut15	IRMibMajBas27	IRMibMajHaut38
Mi Majeur	RMiMajBas5	RMiMajHaut16	IRMiMajBas28	IRMiMajHaut39
Fa Majeur	RFaMajBas6	RFaMajHaut17	IRFaMajBas29	IRFaMajHaut40
Fa# Majeur	RFa#MajBas7	RFa#MajHaut18	IRFa#MajBas30	IRFa#MajHaut41
Sol Majeur	RSolMajBas8	RSolMajHaut19	IRSolMajBas31	IRSolMajHaut42
Sol# Majeur	RLabMajBas9	RLabMajHaut20	IRLabMajBas32	IRLabMajHaut43
La Majeur	RLaMajBas10	RLaMajHaut21	IRLaMajBas33	IRLaMajHaut44
Sib Majeur	RSibMajBas11	RSibMajHaut22	IRSibMajBas34	IRSibMajHaut45
Si Majeur	RSiMajBas12	RSiMajHaut23	IRSiMajBas35	IRSiMajHaut46

Aide pour la lecture du tableau : « RDo#MajBas2 » correspond à la suite d'accords réguliers n°2 en Do # majeur, tonalité la plus grave. « IRSiMajHaut46 » correspond à la suite d'accords irréguliers n°46 en Si majeur, tonalité la plus aiguë.

Stimuli



Exemple de séquence d'accords dont l'accord final est régulier



Exemple de séquence d'accords dont l'accord final est irrégulier

Figure 4. Exemples d'une séquence musicale dont l'accord final est régulier, et de sa séquence irrégulière correspondante

1.3.2. Procédure

Tout comme pour la tâche précédente, l'enfant s'entraîne pendant quatre essais pour lesquels un feedback lui est donné (deux séquences correctes, deux incorrectes). On lui demande de bien écouter le pianiste jouer : parfois il joue très bien et parfois il peut se tromper et faire une fausse note à la fin de la mélodie. L'enfant doit dire s'il pense que le pianiste a bien joué ou a fait une erreur. Comme pour la tâche syntaxique, l'écran de réponse affiche les instructions à suivre après chaque séquence entendue. Une gommette représentant une note de musique mécontente est placée sur la touche Q, elle correspond à une mélodie jugée incorrecte. La touche M est masquée par une note de musique souriante, pour pouvoir répondre qu'une mélodie est correcte. Cette fois, la séquence suivante démarre automatiquement après que l'enfant a entré sa réponse. Après les exemples, le sujet écoute la séquence musicale dans son casque audio puis est amené à donner immédiatement son impression avant de poursuivre, et ainsi de suite jusqu'à la fin, où une image de pianiste le félicite de manière humoristique. Le déroulement de cette tâche est illustré dans la figure 5.



Ecran de consignes de la tâche Harm présenté au sujet au début de la tâche, accompagné de consignes orales de l'expérimentateur



1. Le sujet écoute attentivement la séquence musicale de 5 accords diffusée dans le casque

2. Le sujet doit dire s'il pense que le pianiste s'est trompé ou non à la fin de la séquence, en indiquant sa réponse à l'aide des gommettes correspondantes sur son clavier

Figure 5. Illustration du déroulement d'un essai lors de la tâche de traitement harmonique

2. Présentation des supports multimédia et logiciels

Pour les besoins des passations, nous avons eu recours au logiciel EPrime 2.0 et à un écran tactile AS1701 pour les tâches d'apprentissage implicite. Les tâches de traitement syntaxique et de traitement harmonique ont été administrées grâce au logiciel SuperLab Pro, sur un ordinateur Dell Latitude D830. Les séquences musicales utilisées pour cette dernière tâche ont été réalisées à partir du logiciel Finale 2005b. Le casque permettant d'exposer le sujet aux stimuli auditifs est un casque de marque Sennheiser HD 457.

3. Procédure

Le cadre expérimental de cette étude est le même pour tous les sujets.

Nous contactons directement les orthophonistes et/ou les familles par téléphone, afin de les informer sur notre démarche, le sujet de notre recherche et de nous accorder sur une

date de rendez-vous. Il s'agit de deux rendez-vous, placés en deux temps distincts (une semaine ou plus d'intervalle) pour ne pas surcharger l'enfant avec une séance trop longue. Le premier dure entre 25 et 35 minutes et le second environ une heure, installation du matériel et explications comprises. Un ou deux expérimentateurs (étudiantes en orthophonie ou en psychologie) se rendent dans un milieu connu de l'enfant, son lieu de vie, son école ou le cabinet de son orthophoniste, ce qui rend les choses plus confortables pour les familles, et qui met à l'aise l'enfant. Durant les passations, l'environnement doit être calme : nous nous installons avec l'enfant dans une pièce à part, seuls quand c'est réalisable.

Nous attribuons à chaque sujet un code afin de l'anonymiser : il s'agit des initiales de l'enfant et d'un numéro de sujet, par exemple BC14. Chacun est entré dans un tableau Excel qui nous indique alors l'ordre de présentation des tâches, différent pour chaque enfant afin d'éviter un biais expérimental. De plus, il nous précise quelle liste de phrases (1 ou 2) proposer pour la tâche syntaxique (Cf. ci-dessus, présentation du matériel). Le tableau nous permet aussi de connaître le numéro de permutation attribué à un sujet donné, c'est-à-dire le numéro que nous allons entrer dans le logiciel et qui va proposer un certain ordre pour l'apparition des séquences dans chaque tâche d'apprentissage implicite, différent pour chaque sujet. L'ordre des différentes tâches est ainsi randomisé (Cf. Annexe IX).

Lors du premier rendez-vous, nous commençons par nous présenter à l'enfant et à lui expliquer la raison de notre venue. Nous lui parlons des petits exercices que nous allons faire, de leur durée et nous le rassurons en lui disant qu'il nous aide beaucoup et que ce que nous écrirons nous servira pour notre travail, mais que ce n'est en aucun cas noté. Les tâches évaluant le niveau en syntaxe, mémoire et raisonnement sont alors proposées, en précisant bien qu'une pause est possible si le besoin en est ressenti.

Lors du second rendez-vous, nous plaçons l'enfant devant l'ordinateur portable et l'écran tactile, et lui donnons un casque audio pour les tâches qui le nécessitent. Nous lui expliquons le déroulement de cette session : il va être soumis à quatre exercices, deux sur l'ordinateur et deux sur l'écran tactile, qui sont un peu longs. Nous lui précisons qu'il faudra qu'il reste bien concentré et que les pauses sont possibles entre les épreuves, dès que la fatigue ou la baisse d'attention se fait sentir. Avant de commencer, nous effectuons un réglage du volume sonore du casque avec les appréciations de l'enfant. Les tâches sont ensuite proposées, dans l'ordre dans lequel notre tableau Excel nous l'impose, en fonction du numéro de sujet. Durant toute la passation, nous tâchons de nous adapter au sujet, en faisant plus ou moins de pauses et en insistant plus ou moins sur les consignes.

A la fin des épreuves, nous récompensons les enfants avec un diplôme à leur nom pour les remercier de leur participation (Annexe X).

Chapitre IV

PRESENTATION DES RESULTATS

I. Evaluation des compétences en apprentissage implicite séquentiel

1. Résultats à la tâche d'apprentissage implicite en modalité visuelle (AIV)

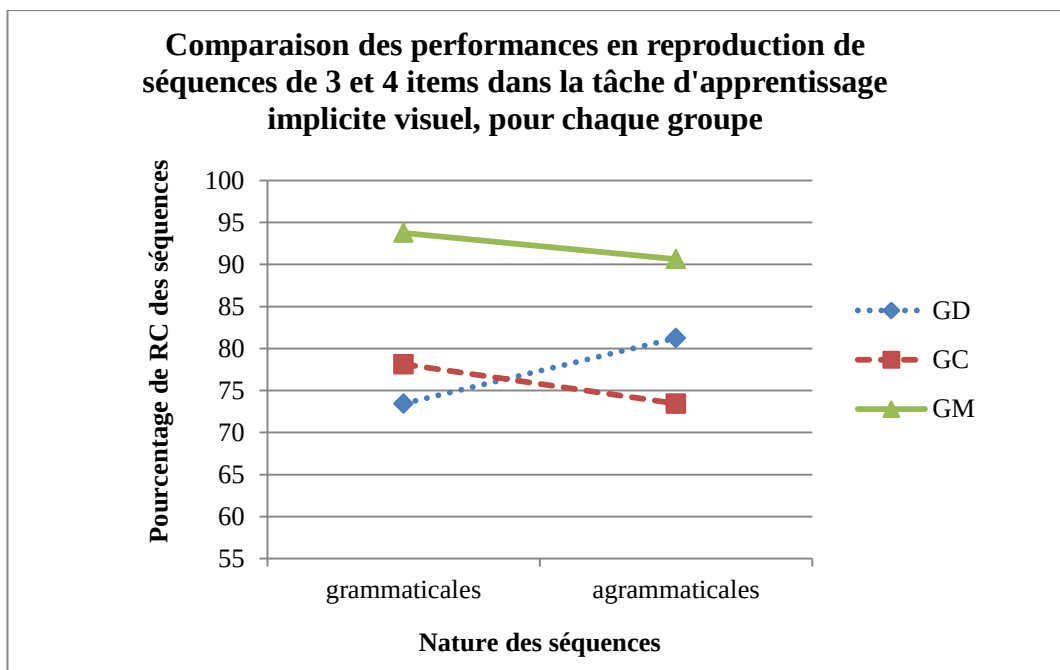
Pour chacun des trois groupes, nous avons calculé le pourcentage de reproductions correctes (%RC) de séquences de la phase test. Pour cela, nous avons analysé séparément les séquences grammaticales et agrammaticales pour chaque sujet. Un taux de réussite pour les séquences grammaticales significativement supérieur au taux de réussite pour les séquences agrammaticales atteste d'un apprentissage implicite. Nous nous attendons à ce que les enfants dysphasiques ne présentent pas d'apprentissage implicite, mais à ce que les enfants contrôles et les enfants musiciens en fassent preuve. Les enfants musiciens devraient avoir un nombre de séquences grammaticales bien rappelées plus important que celui des enfants contrôles, témoignant d'un meilleur apprentissage implicite.

Dans un premier temps, les analyses ont été réalisées sur la moyenne des séquences grammaticales et agrammaticales de 3 et 4 items. En effet, nous avons remarqué que la tâche d'apprentissage implicite semble très liée à la taille de l'empan endroit, puisque c'est une tâche de rappel immédiat faisant intervenir la mémoire à court terme. Or, l'empan endroit des enfants dysphasiques est en moyenne de 3,875 chiffres, ce qui rend la comparaison des groupes difficile pour les séquences de 5 items. C'est pourquoi l'analyse des séquences les plus longues a été supprimée, au profit d'une analyse plus pertinente.

Les moyennes et écarts-types observés pour chaque groupe et chaque type de séquences (grammaticale et agrammaticale) sont présentés dans le tableau 4 ci-dessous. Une ANOVA avec comme facteur inter-sujet le Groupe (GD/GC/GM), et comme facteur intra-sujet la Grammaire (grammaticale, agrammaticale) a été réalisée sur ces moyennes. Pour cette analyse ainsi que pour les suivantes, nous avons établi le seuil de significativité à $p = 0,05$.

Tableau 4. Moyennes des taux de bonne reproduction des séquences grammaticales et agrammaticales visuelles de 3 et 4 items, et écart-types entre parenthèses, pour GD, GC et GM

Groupe X Grammaire	% gramm	% agramm
GD	73,438 (24,098)	81,250 (23,717)
GC	78,125 (17,381)	73,438 (22,302)
GM	93,750 (20,367)	90,625 (20,142)



Graphique 1. Courbes des moyennes des pourcentages de reproductions correctes (RC) des séquences de 3 et 4 items, selon la nature de la séquence lors de la phase test de la tâche d'apprentissage implicite visuel, pour GD, GC et GM

Un effet du groupe est observé [$F(2,45) = 4.54, p < .05$], mais aucun effet de la grammaire n'est constaté [$F(1,45) = 0.000, NS$]. Une tendance à l'interaction Groupe X Grammaire ressort [$F(2,45) = 3.03, p = 0.058$]. Ces résultats indiquent que les trois groupes ont présenté des performances différentes dans la reproduction des séquences, mais l'effet d'apprentissage implicite attendu ne semble pas présent. La tendance à l'interaction montre que les performances de chaque groupe sont différentes selon les conditions «grammaticale » et «agrammaticale ».

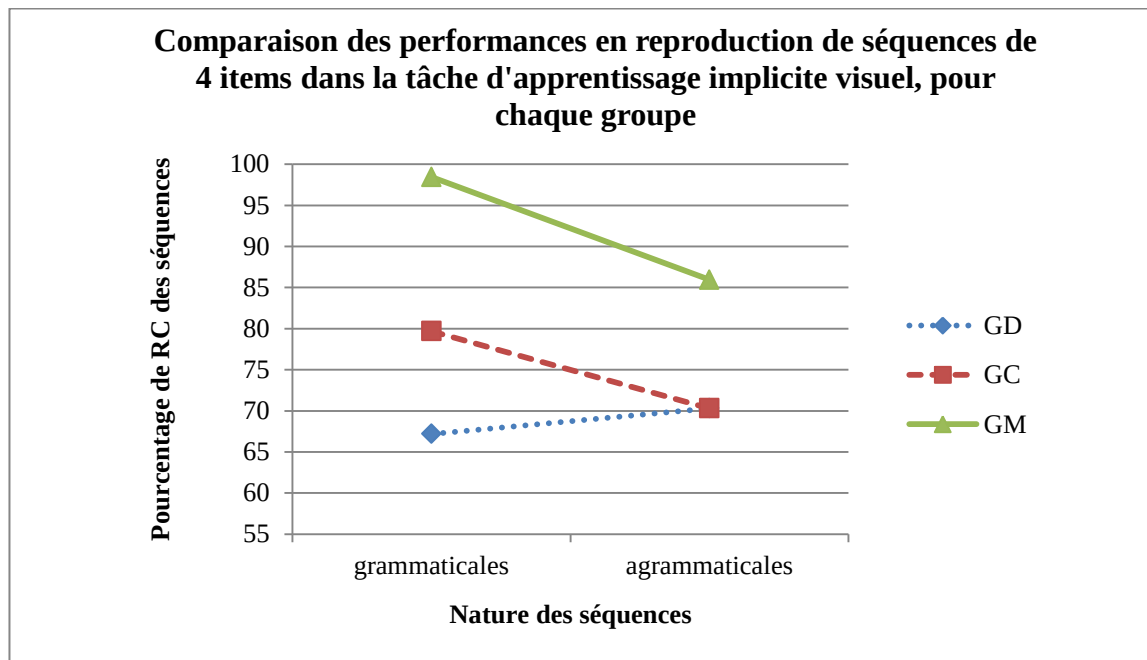
Les comparaisons planifiées montrent que pour le groupe Dysphasiques, une tendance à la significativité est constatée entre les séquences grammaticalement correctes et incorrectes [$F(1,45) = 3.99, p = 0.052$], contrairement à ce qui était attendu. Le pattern observé est néanmoins dans le sens inverse d'un apprentissage implicite, puisque les enfants de ce groupe ont tendance à mieux rappeler les séquences agrammaticales que les séquences grammaticales. En revanche, nous ne relevons pas de différence significative entre les deux types de séquences pour le groupe contrôle [$F(1,45) = 1.44, NS$], de même que pour le groupe Musiciens [$F(1,45) = 0.64, NS$]. Cela signifie que, pour ces deux groupes, les séquences grammaticales ne sont pas mieux reproduites que les séquences agrammaticales. Il n'y a donc pas d'apprentissage implicite présent chez ces trois groupes. Cela était attendu pour les enfants dysphasiques, mais ce n'était pas le cas pour les enfants musiciens et les enfants contrôles. Malgré cela, le pattern de performances montré sur le graphique 1 semble montrer de meilleures performances globales pour les musiciens que pour les contrôles.

Dans un second temps, une analyse plus précise des performances des sujets sur les séquences de 4 items uniquement a été réalisée, toujours de la même manière, pour voir si un autre pattern de réponses apparaissait. En effet, les enfants dysphasiques ont un taux de réussite de reproduction égal à 90% pour les séquences agrammaticales de 3 items, ce qui démontrerait certainement la présence d'un effet plafond pouvant gommer la visibilité

d'effets présents par ailleurs. L'analyse sur les séquences de 4 items semble alors un moyen de voir si les patterns de réponse peuvent être plus tranchés. Les moyennes et écarts-types sont présentés dans le tableau 5 ci-dessous.

Tableau 5. Moyennes des taux de bonne reproduction des séquences grammaticales et agrammaticales visuelles de 4 items, et écart-types entre parenthèses, pour GD, GC et GM

Groupe X Grammaire	% gramm	% agramm
GD	67,188 (29,887)	70,312 (33,190)
GC	79,688 (20,854)	70,313 (26,171)
GM	98,438 (21,878)	85,938 (23,782)



Graphique 2. Courbes des moyennes des pourcentages de reproductions correctes des séquences de 4 items, selon la nature de la séquence lors de la phase test de la tâche d'apprentissage implicite visuel, pour GD, GC et GM

Nous constatons un effet du groupe [$F(2,45) = 5.67$, $p < .05$], mais pas d'effet de la grammaire [$F(1,45) = 2.84$, NS]. L'interaction Grammaire X Groupe n'est pas significative [$F(2,45) = 1.66$, NS]. Les performances des trois groupes sont donc significativement différentes sur les séquences de 4 items.

Les comparaisons planifiées révèlent tout d'abord qu'il n'y a pas de différence significative entre les séquences grammaticales et agrammaticales [$F(1,45) = 0.24$, NS] pour les sujets dysphasiques, ce qui signifie que ce groupe ne présente pas d'effet d'apprentissage implicite, comme cela était attendu. Contrairement à notre hypothèse, le groupe contrôle ne présente pas non plus d'effet d'apprentissage [$F(1,45) = 2.13$, NS]. En revanche, le groupe Musiciens présente une différence proche de la significativité,

puisque les enfants de ce groupe ont de meilleures performances dans la reproduction des séquences grammaticales que des séquences agrammaticales [$F(1,45) = 3.79$, $p = 0.058$]. L'effet d'apprentissage est donc ici tendanciel pour ce groupe.

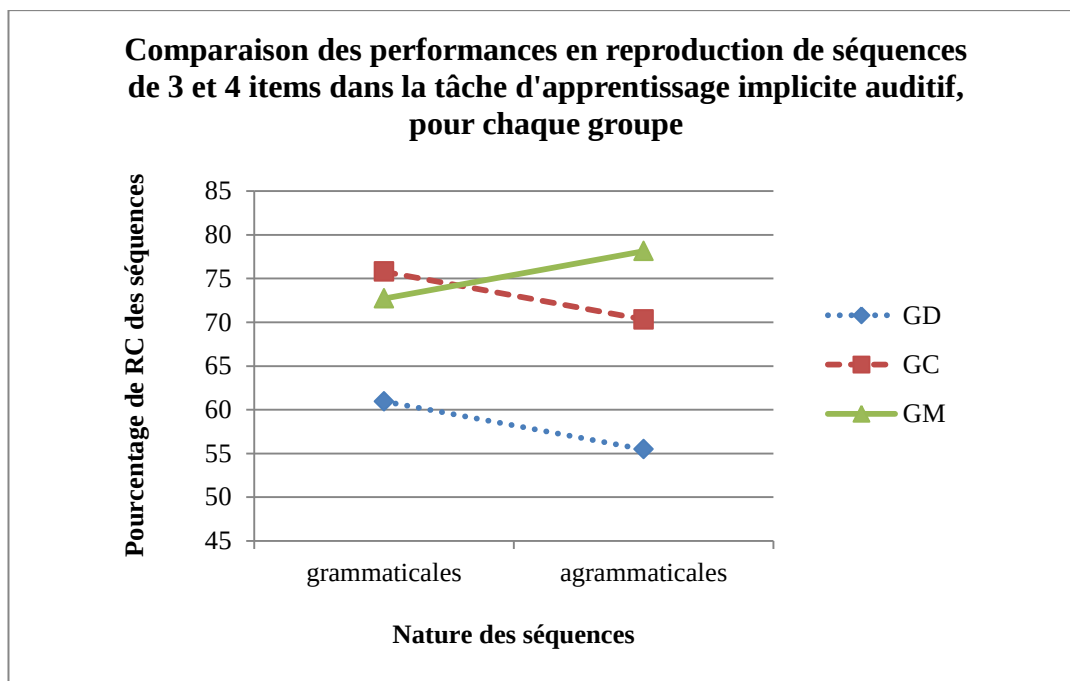
2. Résultats à la tâche d'apprentissage implicite en modalité auditive (AIA)

De même que pour la tâche d'apprentissage implicite visuel, nous avons calculé le pourcentage de reproductions correctes des séquences pour les 12 séquences grammaticales et les 12 séquences agrammaticales de la phase test, pour chaque sujet. Pour cette première partie de l'analyse, la moyenne par groupe a été prise en compte pour les séquences de 3 et 4 items. Les moyennes et écart-types sont présentés dans le tableau 6 ci-dessous. En effet, comme dans la modalité visuelle, la taille de l'empan semble avoir un rôle dans les performances à cette tâche auditive. Les séquences de 5 items ont donc été mises de côté pour l'analyse. L'apprentissage implicite est constaté si le taux de réussite pour les séquences grammaticalement correctes est significativement supérieur au taux de réussite pour les séquences grammaticalement incorrectes.

Nous avons donc réalisé une ANOVA avec le facteur Groupe comme facteur inter-sujet (GD/GC/GM) et le facteur Grammaire comme facteur intra-sujet (grammaticale/agrammaticale) sur les moyennes des séquences de 3 et 4 items.

Tableau 6. Moyennes des taux de bonne reproduction des séquences grammaticales et agrammaticales auditives de 3 et 4 items, et écart-types entre parenthèses, pour GD, GC et GM

Groupe X Grammaire	% gramm	% agramm
GD	60,938 (29,887)	55,469 (31,281)
GC	75,781 (28,310)	70,313 (24,948)
GM	72,719 (26,183)	78,125 (24,299)



Graphique 3. Courbes des moyennes des pourcentages de reproductions correctes des séquences de 3 et 4 items, selon la nature de la séquence lors de la phase test de la tâche d'apprentissage implicite auditif, pour GD, GC et GM

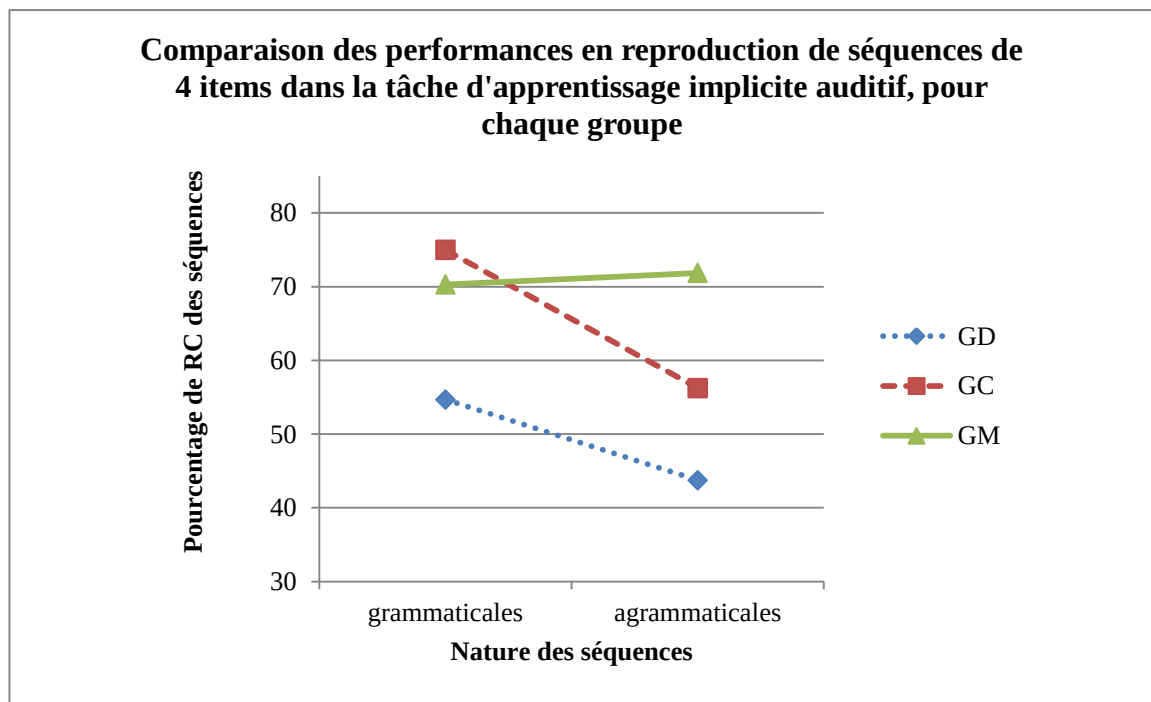
Aucun effet du groupe [$F(2,45) = 2.43$, NS], ni d'effet de la grammaire [$F(1,45) = 0.33$, NS] n'est constaté. L'interaction Groupe X Grammaire n'est pas significative [$F(2,45) = 1.27$, NS]. Ces résultats montrent que les groupes présentent des performances équivalentes sur les séquences de 3 et 4 items, et que nous ne pouvons mettre en évidence d'apprentissage implicite pour aucun groupe.

Les comparaisons planifiées montrent que ni le groupe Dysphasiques [$F(1,45) = 0.96$, NS], ni le groupe contrôle [$F(1,45) = 0.96$, NS], ni le groupe Musiciens [$F(1,45) = 0.94$, NS] ne présente de différence significative entre les séquences grammaticales et les séquences agrammaticales, montrant l'absence d'apprentissage implicite. Ces effets étaient attendus pour le groupe Dysphasiques, mais pas pour les deux autres, pour qui l'on supposait de meilleures performances dans le rappel des séquences grammaticales que dans celui des séquences agrammaticales. Cette fois-ci, contrairement aux résultats trouvés dans la tâche en modalité visuelle, il n'est pas possible de postuler la présence d'un effet plafond, puisque les sujets dysphasiques n'ont un taux de bonne reproduction que de 67% environ sur les séquences de 3 items. Mais une analyse des séquences de 4 items a été menée, de même que pour la tâche visuelle, pour pouvoir les comparer.

La seconde partie de l'analyse s'intéresse aux séquences de 4 items uniquement, afin de préciser les résultats. La méthodologie d'analyse est la même que celle citée précédemment. Le tableau 7 ci-dessous présente les moyennes et écarts-types pour chaque groupe.

Tableau 7. Moyennes des taux de bonne reproduction des séquences grammaticales et agrammaticales auditives de 4 items, et écart-types entre parenthèses, pour GD, GC et GM

Groupe X Grammaire	% gramm	% agramm
GD	54,688 (34,422)	43,750 (37,081)
GC	75,000 (32,914)	56,250 (34,761)
GM	70,313 (27,984)	71,875 (32,084)



Graphique 4. Courbes des moyennes des pourcentages de reproductions correctes des séquences de 4 items, selon la nature de la séquence lors de la phase test de la tâche d'apprentissage implicite auditif, pour GD, GC et GM

Nous notons une tendance à l'effet du groupe [$F(2,45) = 2.72$, $p = 0,08$], ainsi qu'une tendance à l'effet de la grammaire [$F(1,45) = 3.71$, $p = 0,06$]. L'interaction Groupe X Grammaire n'est pas significative [$F(2,45) = 1.48$, NS]. Les groupes semblent donc présenter des performances relativement différentes à cette tâche sur les séquences de 4 items. Les séquences agrammaticales semblent plus difficiles à rappeler que les séquences grammaticales sur l'ensemble des groupes.

Les comparaisons planifiées apportent des renseignements supplémentaires quant à la localisation des différences entre les groupes. Il n'y a pas de différence significative entre les séquences grammaticales et agrammaticales de 4 items pour le groupe Dysphasiques [$F(1,45) = 1.68$, NS]. Comme cela était attendu, l'effet d'apprentissage implicite n'est donc pas présent pour ce groupe. L'effet d'apprentissage est également absent pour le groupe Musiciens [$F(1,45) = 0.03$, NS], mais cette fois-ci, cela va à l'inverse de ce qui était supposé. Une différence significative est en revanche présente entre les séquences grammaticales et les séquences agrammaticales pour le groupe contrôle [$F(1,45) = 4.95$,

$p < .05$], ce qui témoignerait de la présence d'un apprentissage implicite pour les séquences de 4 items.

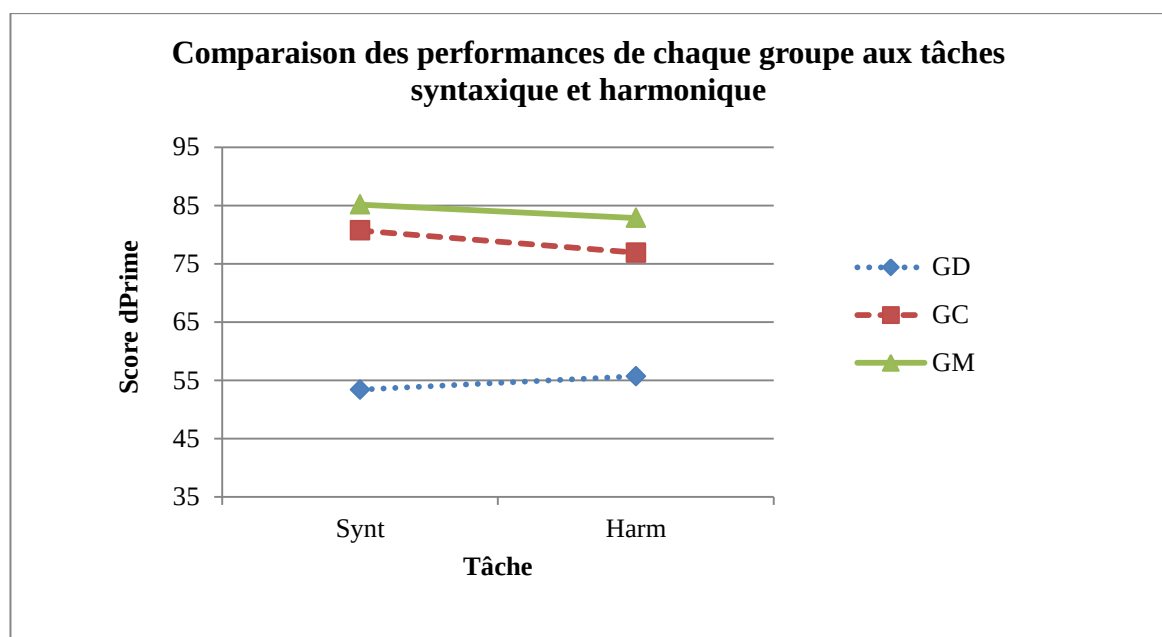
II. Evaluation des compétences en traitement syntaxique et en traitement harmonique

1. Comparaison des résultats aux tâches syntaxique (Synt) et harmonique (Harm)

Dans ces deux tâches, il était demandé au sujet de juger la grammaticalité d'une phrase. Nous avons calculé un score, appelé score dPrime, en soustrayant le pourcentage de fausse détection (c'est-à-dire une phrase agrammaticale pour laquelle le sujet aurait répondu qu'elle était correcte) au pourcentage de détection correcte (une phrase grammaticale considérée comme correcte par le sujet). Cette mesure est plus précise que celle du nombre total de bonnes réponses car elle permet de gommer les effets de stratégie de réponse, et notamment des réponses données au hasard par le sujet. Ces valeurs exprimées en pourcentage et les écart-types calculés pour chaque groupe sont présentées dans le tableau 8 ci-dessous. Nous nous attendons à ce que les enfants dysphasiques présentent un moins bon profil que les enfants contrôles dans ces deux tâches, eux-mêmes présentant un moins bon niveau que les enfants musiciens. Nous avons donc utilisé les moyennes par groupe de ce score dPrime, relevé pour chaque sujet, afin de réaliser une ANOVA avec le facteur inter-sujet Groupe et le facteur Tâche en intra-sujet, qui nous permet de comparer les performances des trois groupes dans les deux tâches.

Tableau 8. Moyennes des scores dPrime pour GD, GC et GM, recueillis lors de la tâche syntaxique et de la tâche harmonique et écarts-types entre parenthèses

Groupe	Score dPrime Synt	Score dPrime Harm
GD	53,385 (20,594)	55,707 (24,708)
GC	80,729 (19,888)	76,902 (23,746)
GM	85,156 (19,766)	82,867 (18,732)



Graphique 5. Courbes des moyennes des pourcentages des scores dPrime à la tâche syntaxique et à la tâche harmonique, pour GD, GC et GM

Nous observons un effet de groupe [$F(2,45) = 16.07, p < .05$]. Les performances sont donc significativement différentes d'un groupe à l'autre. De plus, nous ne constatons pas d'effet de la tâche [$F(1,45) = 0.14, NS$], ce qui montre que les deux tâches étaient de difficulté équivalente. L'interaction Tâche X Groupe [$F(2,45) = 0.29, NS$] n'est pas significative, indiquant que, quel que soit le groupe, les performances dans chacune des tâches ne sont pas suffisamment différentes pour les distinguer de manière franche.

2. Résultats pour la tâche syntaxique

Les comparaisons planifiées réalisées pour la tâche syntaxique montrent qu'il y a une différence significative entre les performances des enfants dysphasiques et des enfants contrôles [$F(1,45) = 18.90, p < .05$], mais qu'il n'y en a pas entre les enfants contrôles et les enfants musiciens [$F(1,45) = 0.5, NS$]. Les performances du groupe Dysphasiques sur la tâche syntaxique sont donc significativement inférieures à celles des deux autres groupes, qui eux présentent des performances équivalentes. Pour autant, le pattern de réponse montre de meilleures performances pour les musiciens que pour les contrôles, mais cela n'est pas suffisant pour être significatif (cf. Graphique 5).

3. Résultats pour la tâche harmonique

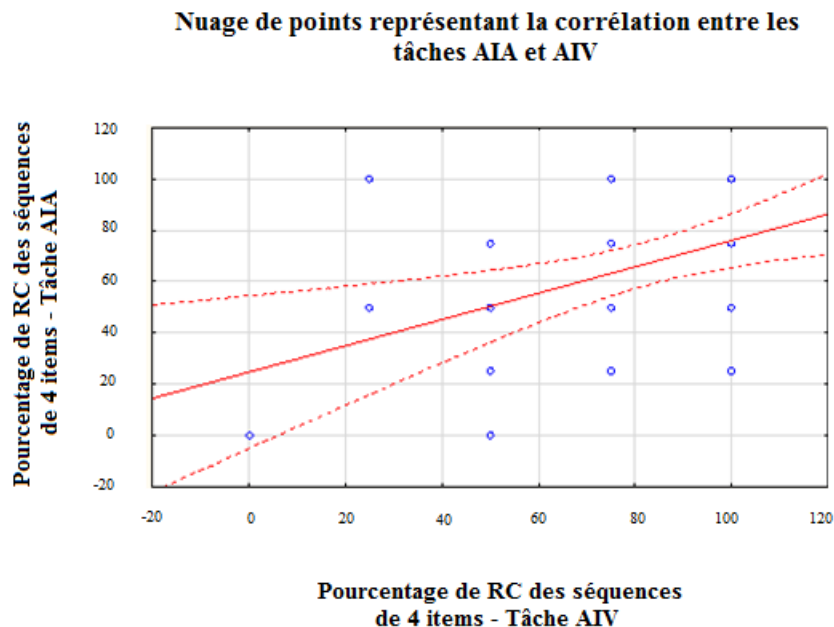
Le même type de comparaisons a été effectué sur la tâche musicale. De même, nous remarquons une différence significative entre les enfants dysphasiques et les enfants contrôles sur cette tâche [$F(1,45) = 7.83, p < .05$]. Concernant les enfants contrôles et les enfants musiciens, aucune différence significative n'est à noter [$F(1,45) = 0.62, NS$]. Les performances des enfants contrôles et musiciens sont similaires, et toutes deux supérieures à celles du groupe Dysphasiques (cf. Graphique 5).

III. Présentation des corrélations obtenues

1. Corrélations au sein des tâches expérimentales

Par rapport aux hypothèses posées, nous nous attendons à ce que les tâches d'apprentissage implicite soient corrélées entre elles, ainsi qu'aux tâches syntaxique et harmonique. Ces deux dernières devraient également être corrélées. Un coefficient de corrélation (r) est compris entre 0 et 1 (corrélation positive) ou entre -1 et 0 (corrélation négative). Plus il est éloigné de 0 et plus il témoigne d'un lien fort entre deux variables. Le calcul du p permet de définir si cette corrélation est significative (seuil établi à $p = < .05$).

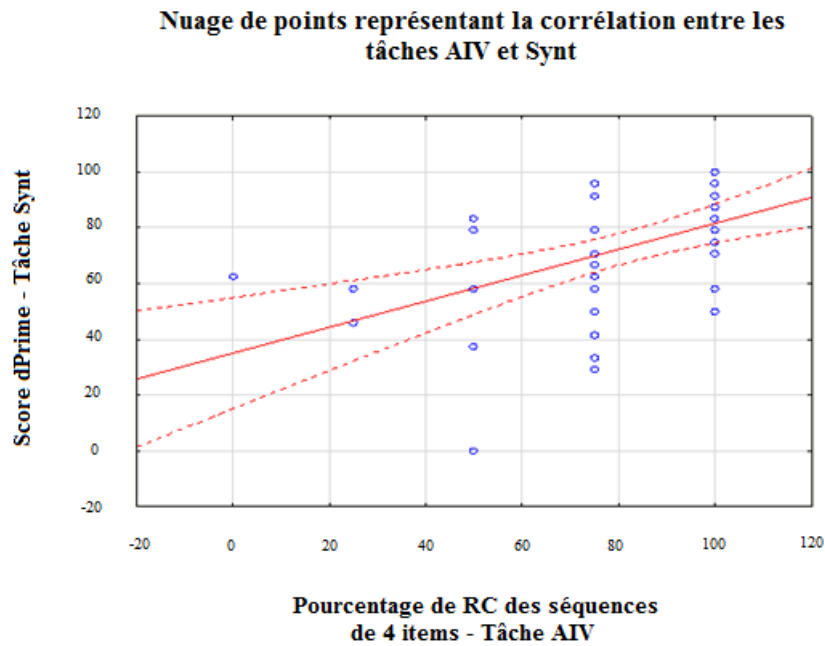
Pour commencer, nous nous intéressons au lien qui existe entre les deux tâches d'apprentissage implicite, en prenant le pourcentage moyen de bonnes reproductions des séquences grammaticales de 4 items uniquement : on observe une corrélation positive significative [$r = .4004$, $p < .05$], représentée dans le graphique 6 ci-dessous. Les enfants qui présentent un meilleur rappel de séquences grammaticales en modalité visuelle sont aussi ceux qui présentent un meilleur rappel de séquences grammaticales en modalité auditive.



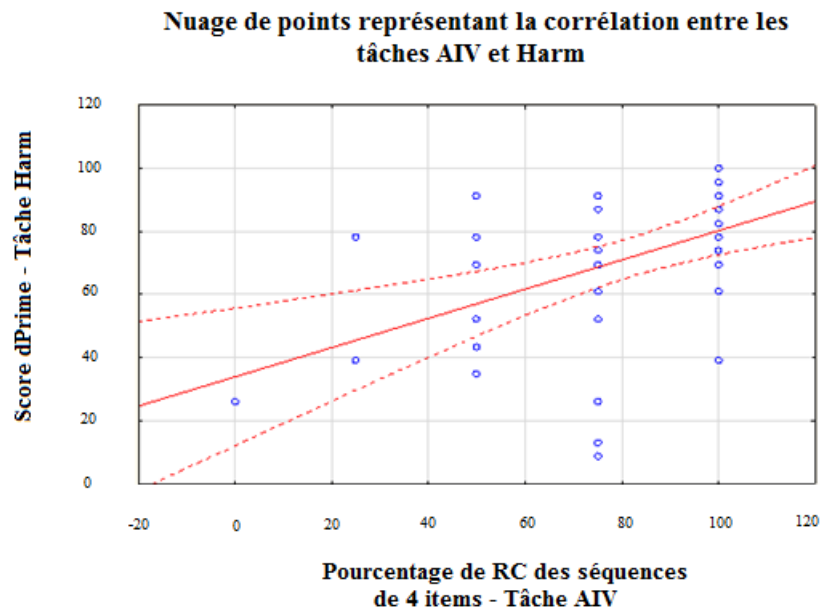
Graphique 6. Représentation de la corrélation entre les deux tâches d'apprentissage implicite AIA et AIV

Pour ce qui concerne le lien entre les tâches d'apprentissage implicite et les tâches de traitement linguistique et musical, nous remarquons là aussi que toutes les corrélations sont significatives. Ainsi, pour le lien entre la tâche AIV et la tâche Synt (Graphique 7), on relève que $r = .5094$, $p < .05$. Concernant la tâche AIV et la tâche Harm (Graphique 8), le lien est établi également ($r = .4740$, $p < .05$). De même, on note les valeurs suivantes pour la corrélation entre AIA et Synt [$r = .4436$, $p < .05$] et pour la corrélation AIA et Harm [$r = .4283$, $p < .05$] (Graphiques 9 et 10). Les corrélations sont donc positives,

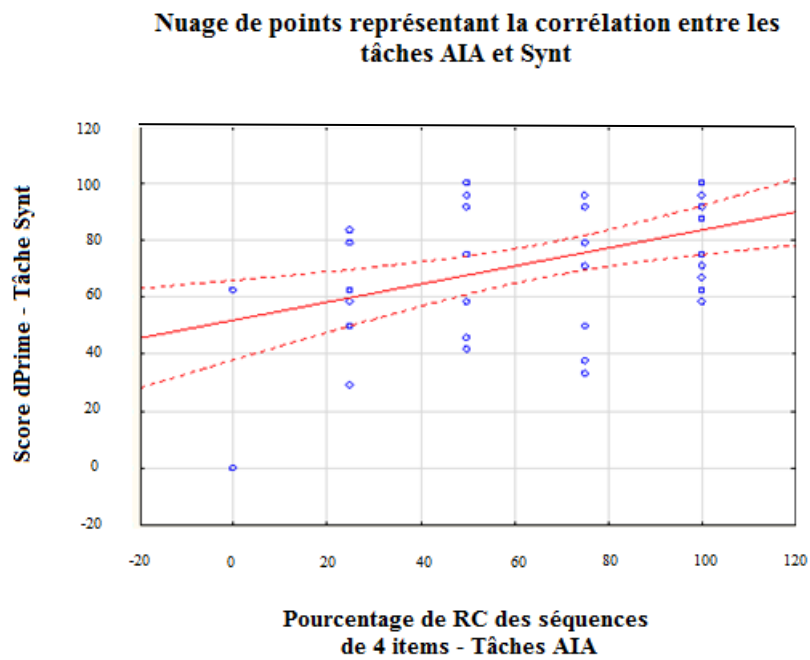
montrant que les performances en apprentissage implicite évoluent dans le même sens que les performances en traitement syntaxique et musical.



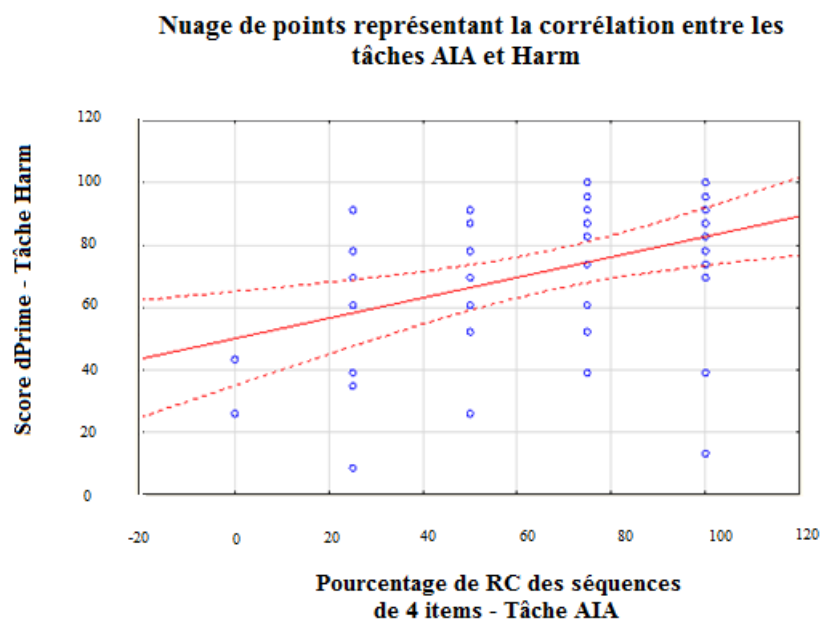
Graphique 7. Représentation de la corrélation entre la tâche d'apprentissage implicite visuel et la tâche syntaxique



Graphique 8. Représentation de la corrélation entre la tâche d'apprentissage implicite visuel et la tâche harmonique

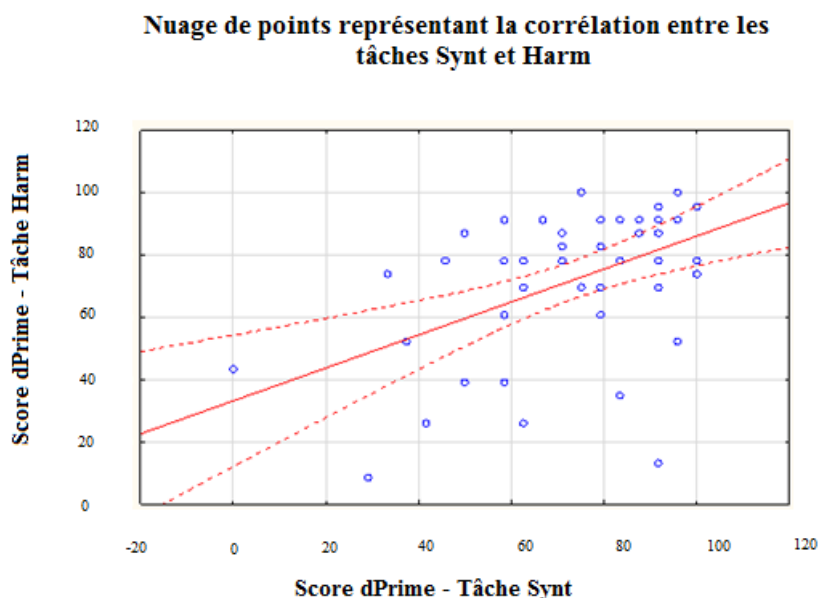


Graphique 9. Représentation de la corrélation entre la tâche d'apprentissage implicite auditif et la tâche syntaxique



Graphique 10. Représentation de la corrélation entre la tâche d'apprentissage implicite auditif et la tâche harmonique

Une corrélation positive significative est aussi observée entre les tâches Synt et Harm [$r = .4947$, $p < .05$]. Ces analyses montrent donc que les performances à chacune de ces tâches sont liées (Graphique 11).



Graphique 11. Représentation de la corrélation entre la tâche syntaxique et la tâche harmonique

2. Corrélations entre les tâches expérimentales et les tâches contrôles

Pour approfondir nos résultats, nous avons calculé d'autres coefficients de corrélation, qui pourront nous être utiles afin d'avoir des éléments supplémentaires concernant nos hypothèses. Les valeurs obtenues sont présentées dans le tableau 9.

Tout d'abord, des corrélations ont été effectuées entre les tâches contrôles langagières (MorSyn, CI et CG) et les tâches d'apprentissage implicite (pourcentages de rappel correct des séquences grammaticales de 4 items). Celles-ci révèlent toutes un lien positif fort entre ces tâches, à l'exception des scores de compréhension globale et d'apprentissage implicite auditif.

Les tâches contrôles et expérimentales impliquant les compétences langagières sont corrélées de manière positive et significative. Ainsi, le niveau relevé durant la passation des tâches contrôles langagières permettait donc bien d'anticiper les performances à la tâche expérimentale syntaxique.

De la même façon, les performances des sujets en production et en compréhension syntaxiques ainsi qu'en traitement de l'harmonie sont liées. On note en effet un coefficient de corrélation significatif.

Enfin, nous observons que les tâches expérimentales sont toutes très fortement corrélées aux tâches d'empans et des Matrices, montrant qu'un niveau élevé à ces tâches contrôles est requis pour avoir un bon niveau aux tâches expérimentales.

Tableau 9. Valeurs des corrélations obtenues entre les épreuves contrôles et les tâches expérimentales

	AIV (séq. gramm.)	AIA (séq. gramm.)	Score dPrime Synt	Score dPrime Harm
MorSyn (Zscore)	r = .3969; p = .005*	r = .3888, p = .006*	r = .7221; p = .000*	r = .5543; p = .000*
CI (Zscore)	r = .5424; p = .000*	r = .3445; p = .017*	r = .5475; p = .000*	r = .4347; p = .002*
CG (Zscore)	r = .3515; p = .014*	r = .1565; p = .288	r = .5495; p = .000*	r = .4860; p = .000*
Empan endroit	r = .5553; p = .000*	r = .5101; p = .000*	r = .6369; p = .000*	r = .4914; p = .000*
Empan envers	r = .5550; p = .000*	r = .4928; p = .000*	r = .6486; p = .000*	r = .3556; p = .013*
Matrices (NS)	r = .5986; p = .000*	r = .3502; p = .015*	r = .4394; p = .002*	r = .3982; p = .005*

Les chiffres contenant un astérisque représentent les corrélations significatives

Chapitre V

DISCUSSION DES RESULTATS

I. Discussion des résultats

1. Peut-on démontrer la présence d'un apprentissage implicite chez nos sujets ? Cette compétence est-elle plus solide chez les enfants musiciens par rapport aux autres groupes, les enfants dysphasiques présentent-ils un déficit dans ce domaine ?

L'apprentissage implicite est une compétence universelle qui permet d'acquérir des connaissances, sans intention d'apprendre (Conway et Christiansen, 2009). Il s'agit d'une habileté, propre à chacun, qui aurait une grande influence sur le développement de nombreuses compétences cognitives, et en particulier le langage. En effet, Ullman et Pierpont (2005) ont prouvé que les enfants présentant un trouble sévère du langage avaient également un déficit de la capacité à apprendre implicitement. D'autre part, Weinert, en 1992, pointait déjà le fait que le trouble syntaxique des enfants dysphasiques était dû à une faiblesse dans l'acquisition implicite des règles de la grammaire. Par ailleurs, il semblerait que la compétence d'apprentissage implicite et le traitement de la musique soient liés : Schön et François (2011) ont ainsi montré qu'un entraînement musical permettait d'améliorer cette compétence particulière.

Ces récentes études nous ont donc permis de faire l'hypothèse que l'apprentissage implicite serait faible, voire inexistant, chez des enfants dysphasiques, tandis qu'il serait présent et efficace chez les enfants tout-venant ou pratiquant la musique. De plus, nous nous attendions à ce que cette compétence soit plus robuste et plus marquée chez les enfants musiciens.

Afin de vérifier notre hypothèse, nous avons choisi de comparer trois groupes de 16 enfants (dysphasiques, contrôles et musiciens) sur deux tâches évaluant l'apprentissage implicite. Nous nous sommes donc inspirées de l'étude de Conway, Pisoni, Anaya, Karpicke et Henning (2010), qui ont mis au point une tâche testant ce domaine dans la modalité visuelle, auprès d'enfants sourds implantés cochléaires. D'après Evans et al. (2009), l'apprentissage implicite est amodal, aussi nous avons choisi de décliner cette tâche dans la modalité auditive également.

1.1. Manifestations d'un apprentissage implicite

Pour les tâches d'apprentissage implicite auditif et visuel, nous nous attendions à pouvoir observer un apprentissage par le nombre plus important de bonnes reproductions de séquences grammaticales par rapport aux bonnes reproductions de séquences agrammaticales. Cet effet aurait dû se voir pour les groupes contrôle et Musiciens, mais pas pour le groupe Dysphasiques pour lequel nous prévoyions une faiblesse voire une absence d'apprentissage.

Cependant, les résultats sont surprenants. En les analysant précisément, nous nous sommes aperçues qu'ils ne sont pas constants et permettent donc difficilement de tirer des explications pertinentes.

En effet, le calcul statistique des résultats à la tâche visuelle pour les séquences de 3 et 4 items ne révèle pas d'effet significatif d'apprentissage implicite, et ce dans aucun groupe, même si le pattern de réponses du groupe contrôle et du groupe Musiciens a eu tendance à aller dans le sens de notre hypothèse. En revanche, le troisième groupe présente des statistiques déroutantes : les enfants dysphasiques ont mieux réussi à reproduire les séquences agrammaticales, alors que nous supposons que l'écart de performance entre la grammaire A et la grammaire B ne serait pas significatif pour ce groupe. Ces résultats peuvent être dus à une absence totale d'imprégnation de la grammaire lors de la phase d'apprentissage, ou alors à un effet plafond sur les performances aux séquences de 3 items, étant donné que les sujets dysphasiques ont un taux de reproduction correcte des séquences agrammaticales de près de 90%.

En ce qui concerne la tâche auditive, pour l'analyse des mêmes séquences, les résultats sont décevants car rien ne diffère significativement entre les deux types de grammaire. Aucun effet d'apprentissage implicite n'a été relevé dans cette tâche, que ce soit pour le groupe Dysphasiques ou pour les groupes contrôle et Musiciens.

Pensant que les séquences de 3 items étaient trop faciles et faisaient plafonner les résultats, nous empêchant d'avoir des données exploitables, nous avons réitéré l'analyse sur les séquences de 4 items uniquement. Bien que plus intéressant, nous n'obtenons pas le résultat escompté : ainsi, la différence entre les séquences grammaticales et agrammaticales bien reproduites n'est pas significative en modalité visuelle. Cependant, l'impression générale est en notre faveur car les enfants du groupe Dysphasiques n'ont pas intégré la grammaire, les enfants du groupe contrôle ont un meilleur taux de réussite pour les séquences grammaticales (sans significativité), et enfin le score du groupe Musiciens nous permet presque d'affirmer la présence d'un apprentissage implicite. Pour la modalité auditive sur 4 items, on constate tout d'abord que le groupe Dysphasiques n'a pas de score significatif, il n'a donc pas appris implicitement, ce qui va dans le sens de notre hypothèse. Enfin, le groupe Musiciens ne semble pas avoir appris non plus, tandis que le groupe contrôle semble avoir pu le faire.

Les résultats à ces deux tâches sont donc rarement significatifs, ne permettant pas d'affirmer de manière certaine la présence ou l'absence d'apprentissage implicite. Il semblerait que la tâche en modalité visuelle soit celle qui se rapproche le plus de ce que nous recherchions. Le groupe Dysphasiques n'a jamais montré de capacité d'apprentissage implicite. Ces résultats pourraient témoigner d'un déficit en apprentissage implicite dans cette population, comme avancé dans les hypothèses. En effet, dans la littérature, nous retrouvons des éléments en faveur de cela : Evans et al. (2009) ont étudié cette compétence en comparant des enfants tout-venant avec des enfants dysphasiques en les soumettant à l'écoute passive d'un langage artificiel. Une réelle faiblesse en apprentissage implicite chez ces derniers a ainsi été mise en avant. Les résultats de notre étude pourraient donc être satisfaisants. Cependant, comme les groupes contrôle et Musiciens n'ont pas toujours montré d'apprentissage implicite, il nous est difficile d'affirmer qu'il y ait une réelle absence ou grave déficit de cette compétence dans ce premier groupe sans point de comparaison.

La première remarque qui pourrait être faite vis-à-vis de cette tâche, et qui pourrait expliquer les résultats non escomptés, est le fait que nous n'ayons pas évalué la capacité à reproduire des séquences, visuelles ou auditives. En effet, s'il y a eu des difficultés de reproduction, elles ont pu gêner la réalisation de la tâche et empêcher l'apprentissage de la grammaire. Dans leur étude, Conway et al. (2010) ont utilisé la phase d'apprentissage comme un moyen de voir si les sujets parviennent à reproduire les séquences sans difficulté, et ont comparé les résultats du groupe expérimental et du groupe contrôle, montrant ainsi qu'il n'y a pas de différence de performance entre les deux à ce niveau-là. Nous pensons qu'en réalisant une évaluation de la phase d'apprentissage, cela aurait permis d'éviter un biais car nous aurions éliminé les sujets ayant trop de difficulté dans le simple fait de reproduire les séquences. Les résultats auraient eu sans doute plus de sens.

1.2. Tendances de groupes

Les résultats rappelés ci-dessus permettent de présenter plusieurs constats quant à la hiérarchie des performances entre les groupes. En effet, nous souhaitons démontrer que le groupe Dysphasiques était en-deçà des résultats du groupe contrôle, lui-même inférieur au groupe Musiciens.

Rappelons d'une part que le groupe d'enfants dysphasiques s'est effectivement montré plus faible en termes de rappels de séquences, tous types confondus. Il n'a d'ailleurs jamais été repéré de phénomène d'apprentissage implicite dans ce groupe, ce que nous attendions. Cependant, comme la capacité de reproduction séquentielle de nos sujets n'a pas pu être évaluée au préalable, nous ne saurions affirmer que les résultats du groupe Dysphasiques sont bien dus à un déficit de la compétence d'apprentissage implicite, et non à un problème d'ordre plus général de traitement de l'information séquentielle visuelle ou auditive, ou de mémoire à court terme...

D'autre part, les groupes contrôle et Musiciens ont été plus performants dans la reproduction de séquences non verbales, comme en témoignent leurs pourcentages de rappels corrects. Malgré cela, aucune manifestation d'apprentissage implicite n'a pu être mise en avant pour ces deux groupes : les enfants musiciens semblent avoir intégré la grammaire en modalité visuelle uniquement, pour les séquences de 4 items, tandis que les enfants contrôles l'ont intégrée en modalité auditive pour les mêmes séquences. De plus, l'analyse des séquences auditives et visuelles de 3 et 4 items ne révèle aucun phénomène d'apprentissage pour les deux groupes. Il est donc impossible de les distinguer et de les hiérarchiser.

Pour tenter d'expliquer ces résultats, nous supposons qu'il pourrait y avoir présence d'un effet plafond des performances lors des deux tâches, et principalement pour la modalité visuelle. En effet, les séquences sont composées au départ de 5 items au maximum. Voyant que les enfants dysphasiques ne parvenaient pas à rappeler ces longs stimuli, nous avons choisi de concentrer nos analyses sur les séquences se rapprochant le plus de la moyenne de leur empan endroit (3,875 chiffres). Cependant, pour les autres sujets, dont l'empan est plus élevé en moyenne (5,188 et 5,438 chiffres), nous pensons que nos analyses ont porté sur des séquences très simples à rappeler pour eux, nous empêchant de départager les deux groupes. Les sujets auraient dû implicitement avoir recours à leur capacité d'apprentissage pour soulager leur mémoire et ainsi s'aider pour le rappel. Or ici, les séquences ont sans doute été trop faciles à reproduire pour eux, ne nécessitant pas la

mise en route d'un tel processus. La plupart du temps cependant, on retrouve une tendance qui va dans le sens de la hiérarchie que nous recherchions, ce qui nous laisse penser que l'absence de significativité est surtout due à un mauvais appariement des groupes au niveau de l'empan plutôt qu'à un biais de la tâche expérimentale en elle-même. Nous supposons d'ailleurs qu'une population mieux sélectionnée et appariée aurait permis d'obtenir les résultats espérés.

1.3. Conclusion

L'analyse des résultats des trois groupes aux tâches d'apprentissage implicite séquentiel semble indiquer que le groupe Dysphasiques a une tendance à être plus faible que les autres dans le rappel de séquences, et qu'il n'a pas mis en œuvre cette compétence lors des tâches. Nous nous attendions à une telle conclusion pour ce groupe. Néanmoins, nous n'avons pas pu prouver de manière sûre que les deux autres groupes avaient appris implicitement. Il aurait fallu que le groupe contrôle ait présenté cette compétence durant les expérimentations pour que nous puissions la comparer aux résultats du groupe Dysphasiques. De fait, nous ne pouvons pas assurer que l'apprentissage implicite qui n'est pas constaté dans ce groupe est bien une défaillance qui lui est spécifique. De plus, il nous est impossible de répondre à la deuxième partie de notre hypothèse, concernant le fait que la compétence d'apprentissage serait plus solide chez les enfants musiciens. Ainsi, notre première hypothèse est invalidée.

2. Dans le traitement syntaxique et harmonique, peut-on voir émerger trois groupes de niveaux différents ?

La population dysphasique semble présenter des déficits autant dans le traitement syntaxique que dans le traitement de l'harmonie musicale. Ainsi, le trouble du traitement syntaxique est une caractéristique de leur pathologie (Weinert, 1992 ; Comblain, 2004). De plus, Tessier et Vannier (2008) ont montré un déficit présent sur la perception de la musique, et Jentschke et al. (2008) ont observé la présence de troubles du traitement harmonique dans cette pathologie. A l'inverse, les sujets pratiquant la musique semblent présenter de meilleures compétences langagières et musicales que des sujets non musiciens, puisque leur expérience sonore fréquente leur permet d'être performants dans ces types de traitement (Jentschke et Koelsch, 2009). Ils ont ainsi une meilleure perception des régularités de la syntaxe musicale et une plus grande sensibilité aux violations de ces régularités.

A partir de ces éléments théoriques, nous pouvons faire l'hypothèse que, dans les domaines du langage et de la musique, et notamment au niveau des traitements syntaxique et harmonique, les sujets musiciens présenteraient un profil de performances supérieur à celui des sujets contrôles, ayant eux-mêmes de meilleures performances que les enfants dysphasiques.

Nous avons opérationnalisé cette hypothèse en proposant des tâches dans lesquelles le sujet devait juger de la grammaticalité d'une phrase linguistique ou musicale. Nous nous attendions à ce que les enfants musiciens présentent un taux de bonnes réponses plus

élevé que les sujets contrôles, et que les enfants dysphasiques aient un taux de bonnes réponses moins élevé que les contrôles.

2.1. Les enfants dysphasiques : un profil déficitaire en traitement langagier et musical ?

Les résultats ont montré un effet du groupe, prouvant que les performances des sujets sont significativement différentes entre les groupes. Les analyses approfondies ont fait notamment ressortir que les enfants dysphasiques montrent de moins bonnes performances que les enfants contrôles sur ces deux tâches. Leurs résultats inférieurs dans la tâche de traitement syntaxique semblent liés à leur trouble du langage. En effet, ils sont moins aptes à repérer des erreurs dans des phrases puisque les marques grammaticales testées dans la tâche (genre, personne et nombre) ne sont pas correctement construites chez eux. Cela va dans le sens de l'étude de Maillart et Schelstraete (2007) qui ont montré que ces enfants ont de moins bonnes capacités à détecter les erreurs liées à la morphologie verbale (accords, flexions verbales...).

De même, nous relevons que les enfants dysphasiques ont des difficultés dans la tâche de traitement harmonique. Cela correspond notamment à l'étude en électrophysiologie de Jentschke et al. (2008), dont l'objet portait sur l'exploration d'un trouble du traitement de l'harmonie dans la pathologie du langage. Ils ont ainsi prouvé que les enfants dysphasiques, au-delà de difficultés en traitement de la syntaxe linguistique, traitent aussi moins efficacement la syntaxe musicale. Mais ces résultats, bien que correspondant aux hypothèses, doivent être nuancés puisque les performances enregistrées ici pourraient dépendre d'autres facteurs que celui du niveau de traitement syntaxique et harmonique. En effet, il faut garder à l'esprit que les sujets n'ont pas pu être appariés sur l'épreuve des Matrices (indice sur le niveau intellectuel) ainsi que sur les empan (témoignant des capacités de mémoire à court terme et mémoire de travail). Les enfants dysphasiques présentant un niveau inférieur sur toutes ces tâches auraient donc pu voir leurs performances influencées par ces facteurs, étant donné que ces habiletés intellectuelles et cognitives peuvent entrer en jeu dans les tâches proposées.

2.2. Les enfants musiciens : un profil particulièrement robuste en traitement langagier et musical ?

Les groupes contrôle et Musiciens ont présenté des performances identiques aux deux tâches, contrairement aux hypothèses posées et aux résultats de certaines études (dont celle de Jentschke et Koelsch, 2009). Plusieurs explications peuvent être évoquées.

Tout d'abord, nous pouvons supposer que l'échantillon de base n'a pas été assez important en nombre pour pouvoir faire ressortir une différence significative entre les groupes. En effet, si l'on regarde le pattern des performances des sujets, il ressort que le niveau des musiciens est légèrement supérieur à celui du groupe contrôle. Un plus grand échantillon aurait peut-être pu montrer des résultats plus tranchés et plus significatifs.

Cela pourrait aussi être expliqué par le fait que les tâches proposées ici mesurent uniquement le niveau comportemental, au contraire des études menées précédemment en

neuroimagerie à partir du même matériel (Koelsch et al., 2005 ; Jentschke et Koelsch, 2009). Celles-ci semblent beaucoup plus fines dans leur façon de rendre compte des différences entre experts et non experts en musique puisqu'elles mesurent l'activité cérébrale et non pas les réponses comportementales des sujets.

Ensuite, concernant la tâche syntaxique plus précisément, les erreurs à repérer dans les phrases sont peut-être trop simples pour une population de cet âge-là, laissant penser que cette tâche n'a pas permis de faire de différence assez fine sur les compétences langagières entre les sujets musiciens et contrôles. De plus, les performances de ces deux groupes aux tâches langagières contrôles (MorSyn, CI, CG) montrent aussi que leurs profils sont similaires. Cela peut être expliqué par le fait que, à l'instar de la tâche syntaxique, les tâches langagières contrôles ne proposent pas une mesure du comportement langagier assez fin. Mais cela pourrait aussi témoigner de la non-validité de l'hypothèse de départ qui postulait que les compétences en traitement syntaxique des musiciens seraient meilleures que celles des sujets contrôles ne pratiquant pas la musique.

Enfin, concernant la tâche harmonique, l'absence de différence significative entre le groupe contrôle et le groupe Musiciens peut être justifiée par l'existence de connaissances implicites musicales robustes chez l'enfant tout-venant, qu'il soit expert en musique ou non. De nombreuses recherches révèlent que les auditeurs non musiciens, adultes ou enfants, ont des connaissances sur les relations hiérarchiques entre les notes, les accords et les tonalités de la musique occidentale grâce à une simple exposition à celle-ci. Des sujets, sans être experts en musique, développent des procédures d'apprentissage implicite amenant à une forme d'expertise musicale sans avoir été soumis à un apprentissage explicite. Cela est confirmé par des études neurophysiologiques et comportementales (Schellenberg et al., 2005 ; Regnault et al., 2001 ; Rohrmeier et al., 2011 ; Tillmann et al., 2000).

2.3. Conclusion

Ainsi, l'hypothèse postulant que les capacités de traitement syntaxique et harmonique des enfants dysphasiques seraient inférieures à celles des enfants contrôles, et qu'elles seraient meilleures chez les enfants musiciens par rapport aux enfants contrôles, est partiellement validée. L'analyse des résultats montre que les enfants dysphasiques présentent en effet de moins bonnes performances par rapport au groupe contrôle, mais les enfants contrôles et les enfants musiciens présentent, eux, des performances similaires.

3. Peut-on établir un lien entre toutes les compétences testées dans cette expérimentation ?

De nombreuses études ont mis en évidence des liens forts entre l'apprentissage implicite et le langage (Weinert, 1992 ; Evans et al, 2009 ; Gomez et Gerken, 2000), ainsi qu'entre le langage et la musique (Koelsch, 2005 ; Patel, 2003 ; Miranda et Ullman, 2007), et enfin entre l'apprentissage implicite et la musique (Schön et François, 2011). D'autres études ont amorcé les recherches sur les rapports réciproques présents entre ces trois domaines cognitifs (Marin, 2009 ; Schön et François, 2011 ; Evans et al., 2009). Notre mémoire se propose de synthétiser ces données et d'apporter de nouvelles perspectives sur l'étude des

rapports étroits entretenus entre l'apprentissage implicite, le langage et la musique. Pour cela, nous souhaitons montrer que les sujets dysphasiques, contrôles et musiciens présentent des profils différents dans ces trois domaines : les musiciens ayant des performances globalement supérieures à celles des sujets contrôles, eux-mêmes ayant un meilleur niveau que les enfants dysphasiques. Cela signifie donc que de faibles performances dans une des tâches seraient associées à un faible niveau dans les autres tâches, et que de bons résultats dans une tâche accompagneraient de bonnes performances dans les autres tâches. Ces observations peuvent être faites grâce à des corrélations entre les résultats à l'ensemble de nos tâches expérimentales.

3.1. Des implications réciproques dans ces trois domaines cognitifs ?

Au regard des valeurs des corrélations obtenues, nous constatons la présence de corrélations significatives entre toutes nos tâches expérimentales. Cela témoignerait de la présence d'un lien entre ces différentes épreuves et donc entre les domaines de l'apprentissage implicite, la syntaxe et l'harmonie musicale.

Concernant la présence de corrélations significatives entre la tâche en modalité visuelle et celle en modalité auditive, cela peut signifier que l'apprentissage implicite auditif et visuel sont liés, et que cette compétence est bien amodale. Le caractère non spécifique à une modalité de l'apprentissage implicite a d'ailleurs été démontré par Conway et Christiansen (2005) et Evans et al. (2009).

Par ailleurs, les liens entre le traitement syntaxique et l'apprentissage implicite semblent être mis en évidence par les corrélations positives établies entre les tâches d'apprentissage, la tâche syntaxique et les tâches contrôles langagières.

De plus, un lien fort peut être établi entre la tâche syntaxique et la tâche harmonique. Celui-ci est renforcé par la présence d'une corrélation significative entre les tâches contrôles langagières et la tâche de traitement harmonique. A l'instar des études sur le langage et la musique (par exemple, Koelsch, 2005 ; Patel, 2003), ces données confirment l'existence d'une intrication de ces deux domaines.

Comme nous l'avons vu précédemment, il existe des données théoriques attestant d'un lien entre la compétence d'apprentissage implicite et les habiletés musicales (Marin, 2009 ; Schön et François, 2011). Les corrélations établies dans notre étude, entre la tâche d'apprentissage implicite et la tâche de traitement harmonique, corroborent les constats faits dans les recherches citées ci-dessus.

Malgré tous ces résultats significatifs, il semble cependant impossible de valider l'hypothèse concernant la présence de liens entre ces trois domaines. En effet, la validation de cette hypothèse reposant sur la validité des deux précédentes, nous ne sommes pas en mesure d'assurer sa pertinence puisque les deux hypothèses précédentes n'ont pas pu être validées dans leur intégralité. La présence de corrélations significatives entre ces tâches pourrait signifier qu'un niveau global de performance est entré en jeu dans la réussite des sujets aux tâches. Ainsi, les tâches requérant une attention et la mise en place de ressources cognitives importantes, il est possible que cela ait joué un rôle dans les performances des sujets, gommant alors les effets attendus et les différences entre les groupes.

3.2. Peut-on dégager trois profils de niveaux différents en apprentissage implicite, traitement syntaxique et traitement harmonique ?

Au regard de toutes les analyses établies auparavant, il est possible de dresser une synthèse afin de répondre à la dernière hypothèse.

D'une part, un lien semble s'esquisser entre les trois domaines évalués au sein du groupe Dysphasiques. En effet, les enfants de ce groupe ont présenté des performances plus faibles en traitement de la syntaxe linguistique et harmonique par rapport aux autres enfants. De plus, leur compétence en apprentissage implicite n'a jamais pu être mise en évidence. Nous pourrions donc interpréter ces faits en estimant que les trois compétences sont bien liées, puisque tout est plus faible ou absent dans le groupe Dysphasiques. Néanmoins, il s'agira de rester vigilant car l'analyse des résultats aux tâches d'apprentissage implicite a été difficile. Nous n'avons pas pu affirmer de manière certaine que cette compétence faisait défaut aux enfants dysphasiques à cause de leur fonctionnement cognitif et non à cause d'un biais expérimental.

D'autre part, l'analyse des performances des groupes contrôle et Musiciens ne nous permet pas de distinguer deux profils différents. Contrairement à notre hypothèse, les enfants musiciens n'ont pas un niveau significativement supérieur à celui des enfants contrôles dans les quatre tâches.

Ces résultats n'étant pas satisfaisants, nous avons tenté de dégager un profil « tout-venant » plus général, en synthétisant les données de ces deux groupes. Nous nous apercevons alors qu'il n'est pas possible d'établir un lien prégnant entre les trois domaines qui nous intéressent. L'apprentissage implicite, qui devait être présent chez les enfants sans pathologie du langage, n'est pas apparu dans toutes les analyses statistiques. Néanmoins, on remarque que celles dans lesquelles un effet d'apprentissage implicite est ressorti ne portent que sur les performances d'enfants tout-venant (contrôles et musiciens), et à aucun moment sur celles d'enfants dysphasiques. D'autre part, les groupes contrôle et Musiciens ont toujours été plus performants que le groupe Dysphasiques dans le traitement syntaxique et harmonique. Ainsi, sans pouvoir dégager de liens robustes entre les trois domaines dans les groupes contrôle et Musiciens, il est tout de même possible de retirer des éléments intéressants sur le fonctionnement des enfants tout-venant.

3.3. Conclusion

En conclusion, certains éléments, comme les corrélations significatives entre toutes les tâches, ainsi que des observations faites sur les profils de performances des sujets, laissent penser que l'hypothèse du lien entre les compétences d'apprentissage implicite, le traitement syntaxique et le traitement harmonique aurait pu être validée. Néanmoins, celle-ci repose sur la validation des deux hypothèses précédentes. Il n'est donc pas possible de la confirmer puisque les précédentes ne l'ont pas été, et que nous n'avons pas pu dégager les trois profils attendus.

II. Discussion de la méthode

1. Choix des tâches contrôles

Les tâches contrôles ont été sélectionnées afin d'évaluer le niveau des enfants sur des compétences mises en jeu dans la réalisation des tâches expérimentales. Il s'agit des habiletés syntaxiques, des capacités de mémoire à court terme et de mémoire de travail auditivo-verbales, ainsi que du raisonnement abstrait et du traitement de l'information visuelle. Les valeurs significatives obtenues sur les corrélations entre les tâches contrôles et expérimentales montrent que ces premières ont permis de balayer les compétences impliquées dans les tâches expérimentales. Concernant l'utilisation réelle que nous avons pu en faire, les épreuves de la batterie ELO ainsi que les empanns endroit/envers issus de la BALE ont réellement permis de montrer les capacités langagières et la capacité de rétention des enfants. Les résultats à l'épreuve des Matrices du WISC ont été plus difficiles à analyser et interpréter puisque cette tâche se propose de rendre compte à la fois d'un niveau global de raisonnement perceptif abstrait, et du niveau de traitement de l'information visuelle. Un échec à cette tâche peut être la conséquence de plusieurs facteurs. En effet, il s'agit d'un enregistrement des performances du sujet à un moment particulier, ne reflétant parfois pas les capacités réelles des enfants puisqu'elle est très sensible au stress ou à la fatigue.

Néanmoins, de même que des empanns de mémoire auditivo-verbale ont été proposés aux sujets, nous aurions pu proposer une épreuve de mémoire visuo-spatiale, comme la tâche de reproduction de patterns visuels (reproduire une configuration d'éléments après l'avoir mémorisée), ou les blocs de Corsi (toucher les cubes dans un certain ordre après avoir vu l'expérimentateur donner le modèle) (Parisse et Mollier, 2008). En effet, Conway et ses collaborateurs (2010) ont proposé une tâche de ce type, dans la batterie de tests contrôles effectués avant la passation des tests d'apprentissage implicite, pour contrôler le versant visuo-spatial de la mémoire à court terme mise en jeu dans la tâche d'apprentissage implicite visuel.

2. Choix des tâches expérimentales

Les tâches expérimentales peuvent être, d'une manière générale, soumises à une première critique. Elles sont toutes les quatre coûteuses du point de vue cognitif et nécessitent une grande concentration. Nous nous sommes aperçues au fil des expérimentations que les enfants, avec et sans pathologie, étaient pour la plupart en difficulté vis-à-vis des tâches proposées : l'attention finissait pas se dissiper, les erreurs dues à la déconcentration et la lassitude en étant la conséquence. A posteriori, malgré les pauses et les encouragements que nous avons proposés, nous estimons que cela n'a pas été suffisant et qu'il aurait peut-être fallu insérer la possibilité de mettre « pause » dans la tâche si l'enfant se déconcentrait. La seconde critique générale, quant à la conception des tâches, en découle : plusieurs erreurs commises ont été le fruit d'inattention ou d'impulsivité, mais l'enfant, s'apercevant de son erreur tout de suite, n'avait pas la possibilité d'effacer et de recommencer. Nous aurions ainsi pu envisager d'ajouter une touche « Effacer », ou alors d'avoir la possibilité de revoir notre réponse dans son entier avant de la modifier et/ou de la valider. De plus, certaines erreurs étaient dues au matériel lui-même : la prise en main

de l'écran tactile n'était pas évidente, certains enfants n'ont pas assez appuyé sur l'écran et l'ordinateur n'a donc pas pris en compte l'item sélectionné ; d'autres ont appuyé trop longtemps, provoquant un double-clic. Afin d'éviter ce problème, nous aurions pu proposer plus d'items d'exemples pour s'approprier plus longuement le matériel, et renforcer nos consignes quant à son utilisation avant le début de la tâche. Cependant, cela aurait augmenté la durée de passation et le nombre de consignes à retenir, ce qui aurait pu être difficile pour certains enfants. Nous aurions pu obtenir de meilleurs résultats de la part de nos sujets sans ces incidents techniques.

2.1. Conception et présentation des tâches d'apprentissage implicite

Les tâches que nous avons choisi d'utiliser pour évaluer la compétence d'apprentissage implicite se basaient en partie sur l'attention soutenue et les capacités de rétention. La difficulté a été de trouver le juste milieu entre une tâche ayant suffisamment de contenu à analyser pour être pertinente (un nombre assez important de séquences à reproduire), et le seuil maximum d'attention et de mémoire à court terme de l'enfant. Ainsi, nous pensons que la longueur de nos tâches (environ 12 minutes) était nécessaire pour la pertinence de nos analyses statistiques, mais qu'elle nous a finalement desservi. En effet, la tâche requérant d'autres compétences que l'apprentissage implicite, nous avons vu des enfants échouer sans pouvoir donner d'explication (enfant qui décroche, saturation de la mémoire à court terme, ou problème d'apprentissage implicite ?). Pour les enfants dysphasiques en particulier, pour qui les difficultés de rétention ont certainement entravé l'apprentissage implicite, nous aurions pu pallier ce déficit en accompagnant la phase d'apprentissage. Ainsi, nous aurions pu proposer un feedback positif ou négatif, avec la possibilité de revoir la séquence et d'avoir un deuxième essai. La phase d'apprentissage n'étant pas destinée à voir les capacités de rappel des enfants mais bien de les conditionner à apprendre une grammaire artificielle, il nous semblerait intéressant de proposer un feedback durant cette phase. Néanmoins, notre proposition est à nuancer car nous n'avons pas trouvé, dans la littérature récente, d'étude utilisant de feedback dans une tâche similaire.

D'autre part, il nous paraîtrait intéressant de concevoir une tâche plus indirecte, où le sujet serait passif et donc dépendrait moins de ses capacités cognitives (mémoire, attention). On aurait pu, tout comme l'expérimentation faite par Evans et al. (2009), proposer un « bain de langage artificiel » pendant plusieurs minutes, puis une épreuve pour évaluer la reconnaissance de mots artificiels appartenant à la grammaire écoutée préalablement. Cela aurait été intéressant mais difficile à mettre en œuvre cependant. De plus, la méthode présentée ci-dessus teste l'apprentissage implicite sur un support verbal, tandis que nous avons souhaité explorer les versants non langagiers de cette compétence, afin de mettre en évidence des mécanismes d'apprentissage généraux, indépendamment d'un domaine spécifique comme le langage.

2.2. Conception et présentation des tâches de traitement syntaxique et harmonique

La tâche de traitement syntaxique est une tâche de jugement de grammaticalité : il s'agit donc d'une tâche de métalangage, où le sujet est amené à réfléchir sur la langue.

L'épreuve est intéressante car elle permet d'examiner les connaissances syntaxiques des enfants de manière simple. Elle est également très proche dans sa conception, de la tâche de traitement harmonique. Cependant, compte-tenu de notre problématique de base et de la littérature, il aurait été plus judicieux de tenter d'évaluer les habiletés de production syntaxique, qui ne requièrent pas exactement les mêmes compétences, pour vraiment rendre compte du maniement des informations verbales séquentielles en expression. Néanmoins, nous pensons que l'évaluation quantitative de la production de phrases est très difficile à mettre en place, d'autant que nous n'en avons pas lu dans la littérature.

De même, la tâche musicale que nous avons conçue à partir des travaux de Koelsch (2005) nous semble pertinente : dans l'idéal, il aurait fallu coupler cette démarche comportementale avec une étude en neuroimagerie pour obtenir des résultats plus précis, comme nous le disions dans la partie précédente, mais ceci aurait été très difficile à élaborer.

3. Sélection de la population

La recherche de notre population s'est avérée longue et difficile, surtout pour les enfants dysphasiques, tant au niveau de l'âge requis qu'à cause de la variabilité des troubles de cette pathologie. Ainsi, le groupe Dysphasiques est, selon nous, assez hétérogène : tous ont en effet un déficit en langage attestant la présence de leur dysphasie, mais à cela s'ajoutent pour beaucoup des troubles associés divers. Lorsque ceux-ci étaient massifs et étiquetés (troubles du comportement, multidy...), nous avons pu exclure les enfants du protocole. En revanche, nos critères d'inclusion et d'exclusion n'ont pas été assez précis et assez bien pensés : nous n'avons pas toujours su poser les bonnes questions aux orthophonistes, découvrant lors de l'expérimentation-même que l'enfant ne pourrait pas réussir l'épreuve (trouble visuo-spatial important qui n'avait pas été mentionné avant par exemple, troubles attentionnels non diagnostiqués...). En réalité, nous avons établi des critères plus précis quant au profil cognitif des enfants dysphasiques (nous aurions souhaité un profil « pur »), mais voyant combien le recrutement était laborieux, nous avons choisi d'accepter des profils différents. Le groupe est donc hétérogène, ce qui nuit peut-être à la qualité des résultats.

Pour que les résultats soient plus intéressants, nous aurions pu proposer un échantillon plus grand : une plus grande population aurait permis simultanément d'avoir des résultats plus significatifs, et d'écraser les différences individuelles au sein de groupes quelque peu hétérogènes.

Nous avons choisi d'apparier les groupes en fonction de l'âge chronologique (9 ans en moyenne). Le critère d'âge avait été défini en fonction de la possibilité de l'enfant à comprendre et réaliser les tâches demandées (notamment en métalangage, qui est moins accessible aux plus petits), et en fonction des outils d'évaluation à notre disposition pour les tâches contrôles (l'ELO s'arrêtant au CM2 : 10 ans). Cependant, nous nous rendons compte, à la lumière des résultats évoqués auparavant, qu'il aurait été préférable d'apparier les enfants avec leur niveau en empan digital endroit et/ou aux Matrices. En effet, les enfants dysphasiques ont un niveau inférieur à celui des autres enfants du même âge. Nous avons bien cette idée en tête, puisque nous avons construit nos tâches par rapport au niveau des enfants dysphasiques (la tâche syntaxique n'est faite que de phrases simples). Mais en nous adaptant à ces enfants, nous avons perdu de l'information pour les

autres groupes (suppression des séquences de 5 items pour les tâches d'apprentissage implicite par exemple). Aussi, nous aurions pu envisager de sélectionner des sujets dysphasiques plus âgés et plus performants en mémoire auditivo-verbale ou, à l'inverse, de sélectionner des enfants contrôles et musiciens appariés en empan (soit, plus jeunes) avec notre groupe Dysphasiques.

4. Pertinence du lieu et des modalités de passation

Les expérimentations ont été soumises aux possibilités de chacun : ainsi, nous nous sommes beaucoup déplacées, soit à domicile, soit au cabinet d'orthophonie, sur des jours d'école ou sans école, à différents moments de la journée. Nous pensons avoir réussi à garder un protocole similaire malgré le fait que nous ayons été six étudiantes à effectuer ces passations. Cependant, nous avons conscience que les différents milieux et moments, ainsi que l'environnement plus ou moins calme qui a été difficile à contrôler, ont pu avoir une influence sur les performances des sujets, bien que nous ne puissions pas le démontrer.

Nous avons choisi de proposer deux rendez-vous séparés, chacun étant relativement dense et fatigant pour des enfants. Nous avons aménagé les passations au cas par cas, en proposant des pauses selon les capacités des sujets. Néanmoins, nous nous sommes aperçues que des erreurs dues à la lassitude ou la distraction étaient présentes. Nous pensons qu'il aurait fallu, si nos disponibilités et celles des familles nous l'avaient permis, proposer au moins un rendez-vous de plus pour garder la motivation constante de l'enfant et éviter les chutes d'attention.

Enfin, nous avons voulu que notre support soit aussi ludique que possible : le défi n'est pas complètement relevé puisque certains enfants dysphasiques en difficulté ont quand même perçu que nous les évaluions, eux qui sont sensibles à ces « tests » en orthophonie. Pour les autres, les passations ont été relativement plaisantes et parfois vues comme des jeux.

5. Ouverture

Il serait intéressant d'élargir cette expérimentation avec une population plus importante et des sujets mieux contrôlés. Nous pensons que l'appariement des trois groupes pourrait être fait différemment, en se concentrant plus sur un appariement sur les performances en mémoire à court terme (empan endroit) et celles liées au traitement de l'information visuelle (Matrices du WISC ou un autre support comme les blocs de Corsi), plutôt que sur un appariement en âge chronologique qui semble désormais moins judicieux étant donné le développement atypique des enfants dysphasiques.

Il faudrait aussi affiner la réflexion quant à la conception et la réalisation des tâches expérimentales, afin qu'elles soient plus adaptées aux possibilités des enfants : penser par exemple à des tâches faisant appel à moins d'habiletés cognitives autres que celle qui est évaluée, qui soient à la fois moins coûteuses au niveau attentionnel mais aussi plus exigeantes au niveau de la complexité des séquences. Cela permettrait certainement de mettre en évidence des différences ténues de performances entre musiciens et non musiciens.

Enfin, à la suite de cette étude, nous pensons qu'il serait passionnant d'approfondir le sujet en s'attachant aux troubles présents dans la dysphasie et aux possibilités liées à la pratique de la musique. Il serait intéressant d'envisager de reprendre cette étude en comparant les performances de deux groupes, l'un constitué d'enfants dysphasiques non musiciens et l'autre d'enfants dysphasiques musiciens, appariés d'après leurs empanns auditivo-verbal et visuo-spatial, sur les compétences d'apprentissage implicite, le traitement syntaxique et le traitement harmonique.

Nous pourrions aussi penser à une étude proposant un entraînement musical à des enfants dysphasiques non-initiés, allié à une évaluation de ces trois compétences en pré et post-test, afin d'étudier d'une autre manière l'influence de la pratique musicale sur ces domaines-là. En effet, cela permettrait de faire ressortir la pertinence de l'hypothèse d'un lien entre les habiletés cognitives étudiées dans ce mémoire, en montrant la présence d'effets de transfert d'une compétence à l'autre.

III. Apports

1. Apports pour les participants

La plupart des enfants que nous avons rencontrés ont aimé participer à notre étude, et se sont sentis valorisés de contribuer à nous aider. D'autre part, les participants ont pu s'intéresser à la dysphasie : pour certains enfants concernés, les expérimentations ont été l'occasion de s'intéresser de nouveau à leur pathologie, de la redécouvrir et d'échanger avec leur orthophoniste. Pour les autres enfants et leur famille, notre passage a permis d'en apprendre plus sur cette pathologie encore peu connue, sur notre problématique autour du lien entre langage, musique, apprentissage, et sur le métier d'orthophoniste.

Nous avons remercié chacun d'eux en leur offrant un diplôme, souvent apprécié, pour valoriser leurs efforts.

2. Apports pour la profession et la recherche dans le domaine du langage

Les résultats de notre étude sont mitigés. Très hétérogènes, parfois difficiles à interpréter, ils ne nous permettent pas d'affirmer de manière franche qu'un lien existe entre les compétences d'apprentissage implicite, le traitement syntaxique et le traitement de l'harmonie. Néanmoins, nous espérons que notre mémoire aura permis, à travers notre théorie et l'interprétation que nous avons faite de la littérature récente dans le domaine, de synthétiser de nombreuses données, de les mettre en lien et de faire émerger de nouvelles questions qui pourront faire avancer le débat. De plus, même si nous n'avons pas pu démontrer l'influence de l'expertise musicale dans les domaines cognitifs qui nous intéressent, cela nous a donné l'occasion d'investir une autre théorie, celle qui constitue les travaux d'auteurs comme Tillmann par exemple, mettant en avant les compétences musicales de non-musiciens. D'autre part, notre expérimentation a tout de même pu confirmer un lien prégnant entre traitement de la syntaxe du langage et de la syntaxe de la musique, y compris dans la pathologie. Enfin, nous avons pu apporter des éléments sur

les mécanismes en jeu dans la dysphasie, en révélant les difficultés dans des domaines cognitifs non langagiers : mémoire à court terme faible, difficultés à gérer les informations visuo-spatiales, déficit du traitement des informations linguistiques comme des informations musicales...

3. Apports pour notre pratique clinique

Ce projet nous a été bénéfique tant pour notre expérience personnelle que professionnelle.

Lors de nos rencontres avec les enfants, nous avons dû nous rendre accessibles afin d'expliquer simplement notre futur métier, la raison de notre venue, le fonctionnement de l'apprentissage et du langage à ceux qui souhaitaient en savoir plus, nous projetant ainsi dans une posture professionnelle. Nous avons aussi beaucoup appris des enfants dysphasiques, auprès desquels nous avons recueilli des « images » cliniques si précieuses pour mettre en lien et comprendre notre formation théorique. Notre expérience de futures cliniciennes a pu se développer à leur contact, car il a fallu prendre en compte leur pathologie du langage et adapter les consignes, reformuler, passer parfois par des gestes afin d'être comprises et de mener à bien l'expérimentation. Les enfants tout-venant nous ont, eux, donné une représentation des compétences d'enfants de ces âges-là et nous ont permis de mieux mesurer les difficultés d'enfants souffrant de pathologie du langage, dans les domaines verbaux, non verbaux et attentionnels.

La réalisation de ce mémoire d'orthophonie nous a plongées dans un type de recherche très poussé, très expérimental, exigeant. Cela n'a pas toujours été évident mais nous savons que nous avons appris énormément (et développé notre lexique en anglais).

D'un point de vue personnel, nous avons appris à être exigeantes vis-à-vis de nous-mêmes, à travailler en équipe et à communiquer efficacement. Les rencontres avec les familles, enfants et orthophonistes nous ont aussi beaucoup appris. Ces échanges ont toujours été intéressants et riches.

CONCLUSION

Ce mémoire de recherche a porté sur les liens qui existent entre les compétences d'apprentissage implicite, le traitement de la syntaxe langagière et de l'harmonie musicale.

Grâce à des tâches testant ces trois habiletés cognitives, nous avons tenté de mettre en évidence des profils différents entre des enfants dysphasiques, des enfants musiciens et des enfants contrôles, afin de faire ressortir d'éventuels transferts et similarités dans ces domaines.

Les conclusions de cette étude permettent difficilement d'aboutir à l'existence d'un lien entre l'apprentissage implicite, les habiletés syntaxiques en langage et en musique, puisque les résultats obtenus ne correspondent pas aux hypothèses posées au départ et sont difficilement explicables. En effet, concernant les tâches d'apprentissage implicite, les performances des enfants dysphasiques ne témoignent pas de la présence d'un apprentissage. Cela confirme ce à quoi nous nous attendions, mais les résultats des autres groupes ne sont pas concordants d'une modalité à l'autre (visuelle ou auditive), ce qui rend l'interprétation compliquée. Dans les domaines de la syntaxe et de l'harmonie, les performances enregistrées pour les enfants dysphasiques permettent bien d'affirmer qu'ils ont un niveau inférieur aux groupes contrôle et Musiciens, ayant eux des performances similaires contrairement à ce qui était attendu. Les profils de chaque groupe obtenus lors de l'expérimentation ne correspondent pas à ceux que nous avons espéré dégager. Ils ne permettent donc pas de statuer clairement sur l'existence d'un lien entre les trois domaines étudiés, même si les tâches expérimentales semblaient corrélées, et qu'un profil plutôt déficitaire se dessinait pour les enfants dysphasiques. Ainsi, la méthodologie utilisée dans ce mémoire pourrait être adaptée pour obtenir des résultats plus probants, pour affirmer et caractériser plus précisément, par la suite, l'intrication de ces trois domaines.

En conclusion, notre mémoire n'a pas permis de répondre aux questions que nous nous étions posées initialement, mais nous avons pu en tirer plusieurs enseignements quant au fonctionnement cognitif des enfants dysphasiques, et apporter des éléments supplémentaires en faveur du lien entre le Langage et la Musique. L'existence de ces liens reste donc, au regard de notre étude et de la littérature, toujours pertinente à étudier.

A long terme, les avancées dans ces recherches permettraient de mieux comprendre le fonctionnement de la cognition humaine et d'envisager des pistes de remédiation pour les troubles du langage en améliorant la capacité d'apprentissage implicite et les habiletés langagières déficitaires grâce à des stimulations de type musical, la musique semblant avoir un potentiel énorme dans le domaine de l'intervention orthophonique.

REFERENCES

- Chevrie-Muller, C. (2007). Troubles spécifiques du développement du langage (TSDL). « Dysphasies de développement ». Dans Chevrie-Muller, C., et Narbona, J. (Dir.), *Le langage de l'enfant* (p. 263-291). Issy-les-Moulineaux : Editions Elsevier-Masson (1ère éd. 1996).
- Comblain, A. (2004). La composante morphosyntaxique du langage dans les dysphasies : données d'observation francophones. *Enfance*, 56, 36-45.
- Conway, C., et Christiansen, M. (2005). Modality-constrained Statistical Learning of Tactile, Visual, and Auditory sequences. *Journal of Experimental Psychology : Learning, Memory, and Cognition*, 21 (1), 24-39.
- Conway, C., et Christiansen, M. (2009). Seeing and Hearing in Space and Time: Effects of modality and presentation rate on implicit statistical learning. *European Journal of Cognitive Psychology*, 21 (4), 561-580.
- Conway, C., Pisoni D., et Kronenberger W. (2009). The Importance of Sound for Cognitive Sequencing Abilities. The Auditory Scaffolding Hypothesis. *Current Directions in Psychological Science*, 18 (5), 275-279.
- Conway, C., Bauernschmidt, A., Huang, S., et Pisoni, D. (2010). Implicit statistical learning in language processing : Word predictability is the key. *Cognition*, 114, 356-371.
- Conway, C., Pisoni, D., Anaya, E., Karpicke, J., et Henning, S. (2010). Implicit sequence learning in deaf children with cochlear implants. *Developmental Science*, 14 (1), 1-14.
- Danhauser, A. (1990). *Abrégé de la théorie de la musique*. Paris : Editions Henry Lemoine.
- Evans, J., Saffran, J., et Robe-Torres, K. (2009). Statistical learning in children with specific language impairment. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 52, 321-335.
- Folia, V., Uddén, J., Forkstam, C., Ingvar, M., Hagoort, P., et Petersson, K.M. (2008). Implicit learning and dyslexia. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1145, 132-150.
- Folia, V., Uddén, J., De Vries, M., Forkstam, C., et Petersson, K.M. (2010). Artificial language in adults and children. *A Journal of Research in Learning Studies*, 60 (2), 188-220.
- Gaab, N., Tallal, P., Kim, H., Lakshminarayanan, K., Glover, G.H. et Gabrieli, J.D.E. (2005). Neural correlates of rapid spectro-temporal processing in musicians and nonmusicians. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1060, 82-88.

-
- Gabriel, A., Maillart, C., Melody, G., Stefaniak, N., et Meulemans, T. (2011). Exploration of Serial Structure Procedural Learning in Children with Language Impairment. *Journal of the International Neuropsychological Society*, 17, 336-343.
- Gadais, P., et Cuiller, C. (2000). Les dysphasies, approches européenne et nord-américaine. *Fréquences*, 12, 17-21.
- Gaser, C., et Schlaug, G. (2003). Brain structures differ between musicians and non-musicians. *Journal of Neuroscience*, 23, 9240-9245.
- Gathercole, S.E., et Baddeley, A.D. (1990). Phonological memory deficits in language disordered children : Is there a causal connection? *Journal of Memory and Language*, 29 (3), 336-360.
- George, F. (2010). *Actualités sur la prise en charge des troubles DYS*. Marseille : Solal.
- Gérard, C.L. (1993). *L'enfant dysphasique*. Bruxelles : De Boeck Université.
- Gomez, R.L, et Gerken, L. (2000). Infant artificial language learning and language acquisition. *Trends in Cognitive Sciences*, 4 (5), 178-186.
- Gopnik M., et Crago, M. (1991). Familial aggregation of a developmental language disorder. *Cognition*, 39, 1-50.
- Habib, M., et Besson, M. (2008). Langage, musique et plasticité cérébrale: perspectives pour la rééducation. *Revue de neuropsychologie*, 18 (1-2), 103-126.
- Hoch, L., Tillmann, B., et Poulin-Charronnat, B. (2008). Musique, syntaxe et sémantique: des ressources d'intégration structurale et temporelle partagées ? *Revue de neuropsychologie*, 18 (1-2), 33-59.
- Jakubowicz, C. (2003). Hypothèses psycholinguistiques sur la nature du déficit dysphasique. Dans Gérard, C.L. et Brun, V. (Dir.), *Rencontres en rééducation : Les dysphasies* (p.23-70). Paris : Editions Masson.
- Jentschke, S., Koelsch, S., Sallat, S., et Friederici, A.D. (2008). Children with Specific Language Impairment Also Show Impairment of Music-syntactic Processing. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 20 (11), 1940-1951
- Jentschke, S., et Koelsch, S. (2009). Musical training modulates the development of syntax processing in children. *Neuroimage*, 47, 735-744.
- Joanisse, M.F., et Seidenberg, M.S. (2003). Phonology and syntax in specific language impairment : Evidence from a connectionist model. *Brain and Language*, 86 (1), 40-56.
- Koelsch, S. (2005). Neural substrates of processing syntax and semantics in music. *Current Opinion in Neurobiology*, 15, 207-212.
- Koelsch, S., Fritz, T., Schulze, K., Alsop, D. et Schlaug, G. (2005). Adults and children processing music : A fMRI study. *NeuroImage* 25 (4), 1068-1076.
-

Koelsch, S., Gunter, T. C., Wittfoth, M., et Sammler, D. (2005). Interaction between syntax processing in language and in music : An ERP study. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 17, 1565–1577.

Magne, C., Schön, D., Besson, M. (2006). Musician children detect pitch violations in both music and language better than non musician children. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 18, 199-211.

Maillart, C., et Schelstraete, M.A. (2007). Evaluer la compréhension morphosyntaxique chez des enfants dysphasiques: le jugement de grammaticalité. *Rééducation orthophonique*, 230, 95-108.

Marin, M.M. (2009). Effects of Early Musical Training on Musical and Linguistic Syntactic Abilities. The Neurosciences and Music III - Disorders and Plasticity. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1169, 187–190.

Miranda, R., et Ullman, M. (2007). Double dissociation between rules and memory in music: an event-related potential study. *NeuroImage*, 38 (2), 1-15.

Moreno, S., et Besson, M. (2006). Musical training and language-related brain electrical activity in children. *Psychophysiology*, 43, 287–291.

Organisation Mondiale de la Santé (1994). *CIM-10/ICD-10. Classification internationale des troubles mentaux et des troubles du comportement, critères diagnostiques pour la recherche, 10ème révision*. Paris : Elsevier-Masson.

Overy, K., Nicolson, R.I., Fawcett, A.J., et Clarke, E.F. (2003). Dyslexia and Music: Measuring Musical Timing Skills. *Dyslexia*, 9, 18–36.

Parisse, C., et Maillart, C. (2004). Développement morphosyntaxique des enfants ayant des troubles de développement du langage : des données francophones. *Enfance*, 56, 21-35.

Parisse, C., et Mollier, R. (2008). *Le déficit de mémoire de travail chez les enfants dysphasiques est-il ou non spécifique du langage ?* Communication présentée au Congrès mondial de linguistique française. Paris : France.

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

Patel, A.D., Iversen, J.R., Wassenaar, M., et Hagoort, P. (2008). Musical syntactic processing in agrammatic Broca's aphasia. *Aphasiology*, 22 (7), 776-789.

Patel, A.D. (2012). Language, music, and the brain : a resource-sharing framework. Dans P. Rebuschat, M. Rohrmeier, J. Hawkins, et I. Cross (Dir.), *Language and Music as Cognitive Systems* (p. 204-223). Oxford : Oxford University Press.

Piérart, B. (2004). Introduction: Les dysphasies chez l'enfant: un développement en délai ou une construction langagière différente ? *Enfance*, 56, 5-19.

Przybylski, L., Bedoin, N., Krifi-Papoz, S., Herbillon, V., Roch, D., Léculier, L., Kotz, S., et Tillmann, B. (sous presse). Rhythmic auditory stimulation influences syntactic processing in children with developmental language disorders. *Neuropsychology*.

Reber, A.S. (1967). Implicit learning of artificial grammars. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, 6, 855-863.

Regnault, P., Bigand, E., et Besson, M. (2001). Different brain mechanisms mediate sensitivity to sensory consonance and harmonic context : Evidence from auditory event-related brain potentials. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 13 (2), 241–255.

Rohrmeier, M., Rebuschat, P., et Cross, I. (2011). Incidental and online learning of melodic structure. *Consciousness and Cognition*, 20 (2), 214–222.

Santos, A., Joly-Pottuz, B., Moreno, S., Habib, M., et Besson, M. (2007). Behavioural and event-related potentials evidence for pitch discrimination deficits in dyslexic children: Improvement after intensive phonic intervention. *Neuropsychologia*, 45, 1080-1090.

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

Schneider, P., Scherg, M., Dosch, H. 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 Neuroscience*, 5, 688–694.

Schön, D., et Francois, C. (2011). Musical expertise and statistical learning of musical and linguistic structures. *Frontiers in Psychology*, 2 (167), 1-9.

Schön, D., Magne, C., et Besson, M. (2004). The music of speech: Electrophysiological study of pitch perception in language and music. *Psychophysiology*, 41, 341–349.

Serreboubée, C., Tournière, S., Frambourg, S. et Donnadieu, 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.

Soares-Boucaud I., Labruyère N., Jery S., et Georgieff N. (2009). Dysphasies développementales ou troubles spécifiques du développement du langage. *Pédopsychiatrie*, 37, 201-215.

Tallal, P., Starck, R.E., et Curtiss, B. (1976). Relation Between Speech Perception and Speech Production Impairment in Children with Developmental Dysphasia. *Brain and Language*, 3, 305-317.

Tallal, P., et Newcombe, F. (1978). Impairment of Auditory Perception and Language Comprehension in Dysphasia. *Brain and language*, 5, 13-24.

Tallal, P. (2004). Improving language and literacy is a matter of time. *Nature Reviews. Neuroscience*, 5, 721-728.

Tessier, M., et Vannier, E. (2008). *La perception musicale chez les enfants dysphasiques*. Paris Université VI Pierre et Marie Curie : Mémoire d'orthophonie n°2007P51.

Tillmann, B., Bharucha, J., et Bigand, E. (2000). Implicit learning of tonality: a self-organized approach. *Psychological Review*, 107, 885-913.

Tillmann, B., Hoch, L., et Marmel, F. (2010). Influence du contexte sur le traitement en musique et en langage. In R. Kolinski, J. Morais et I. Peretz (Dir.). *Musique, Langage, Emotion : approche neuro-cognitive* (p. 11-33). PUR : Rennes.

Tillmann, B., Madurell, F., Lalitte, P., et Bigand, E. (2005). Apprendre la musique : perspectives sur l'apprentissage implicite de la musique et ses implications pédagogiques. *Revue française de pédagogie*, 152, 63-77.

Tomblin, J. B., Mainela-Arnold, E., et Zhang, X. (2007). Procedural Learning in Adolescents with and without Specific Language Impairment. *Language Learning and Development*, 3 (4), 269-293.

Ullman, M. (2004). Contributions of memory circuits to language: the declarative/procedural model. *Cognition*, 92, 231-270.

Ullman, M., et Pierpont, E. (2005). Specific language impairment is not specific to language : the procedural deficit hypothesis. *Cortex*, 41, 399-433.

Uzé, J., et Bonneau, D. (2004). Aspects pédopsychiatriques des dysphasies: données médico-psychopathologiques. *Enfance*, 56, 113-122.

Weinert, S. (1992). Deficits in acquiring language structure: the importance of using prosodic cues. *Applied Cognitive Psychology*, 6, 545-571.

Wetzburger, C. (2004). Dysphasie de développement: approche neuropédiatrique. *Enfance*, 56, 107-112.

Zatorre, R.J., Belin, P., et Penhume, V.B. (2002). Structure and function of auditory cortex : music and speech. *Trends in Cognitive Sciences*, 6, 37-46.

Tests psychométriques et orthophoniques

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

Khomsi, A. (2001). *Évaluation du langage oral (ELO)*. Paris : Éditions du Centre de psychologie appliquée.

Wechsler, D. (2005). *Échelle d'intelligence de Wechsler pour enfants et adolescents. Quatrième version*. Paris : Éditions du Centre de psychologie appliquée.

Logiciels

SuperLab Pro, version 2.0.4 (2003). Cedrus Corporation, San Pedro.

EPrime, version 2.0

Finale (2005). MakeMusic Inc., Eden Prairie.

Site internet

INSEE (2003). *Nomenclature des professions et catégories socio-professionnelles*. Récupéré le 25/03/2012 du site de l'INSEE : http://www.insee.fr/fr/methodes/nomenclatures/pcse/pcse2003/doc/Guide_PCS-2003.pdf

GLOSSAIRE

Accords : ensemble identifiable de notes jouées de façon simultanée.

Accord majeur tonique : correspond à un ensemble de notes tonales, imprégnant la tonalité du morceau. Il s'agit du 1er degré de la gamme : une note ou un accord tonique peut être sur le mode majeur ou mineur. Dans l'exemple de la gamme de DO majeur, la note tonique est le do (Danhauser, 1990, p.24)

Accord mineur subdominant : correspond à un ensemble de notes tonales. Il s'agit du 5ème degré de la gamme : une note ou un accord tonique peut être sur le mode mineur ou majeur. Dans l'exemple de la gamme de DO mineur, la note subdominante est le sol. (Danhauser, 1990, p.24)

Apprentissage statistique : phénomène se basant sur des informations probabilistes (des régularités présentées dans les inputs) pour les acquérir et les intégrer en une règle générale. Type de processus que l'on retrouve au sein de la compétence d'apprentissage implicite (dans les tâches d'apprentissage de grammaire artificielle par exemple).

Enveloppe rythmique : ce qui détermine la durée des notes les unes par rapport aux autres.

Expertise musicale : se dit lorsqu'un individu pratique régulièrement la musique, avec un apprentissage théorique et/ou pratique de plusieurs années.

Grammaire artificielle : ensemble de règles régissant l'ordre et la fréquence d'apparition de stimuli verbaux ou non verbaux, ainsi que les relations hiérarchiques entre ces éléments, établies spécifiquement pour un protocole expérimental. Elle met en évidence les mécanismes d'apprentissage sur un support inventé.

Harmonie : combinaison simultanée de notes dans des accords, arrangés dans un ordre séquentiel (selon la définition de Aldwell et Schachter, 2003 ; cité par Schellenberg, Bigand, Poulin-Charonnat, Garnier et Stevens, 2005). La structure harmonique est très culturellement dépendante. Le traitement harmonique renvoie donc aux processus permettant d'intégrer ces structures au sein d'une phrase musicale.

Langage tonal : « langage » constitué de notes de musique, régi par une grammaire artificielle (Evans et al., 2009).

Métrique : mesure du temps et sa segmentation, elle indique la durée des temps dans les mesures d'une portée, il s'agit du caractère binaire ou ternaire d'un morceau.

Syntaxe, morphosyntaxe : la syntaxe intègre les règles de combinaisons d'unités linguistiques, recherche les rapports possibles entre les mots (par exemple, après « les enfants » se trouvera toujours un verbe à la 3ème personne du pluriel). En orthophonie, on parle de structure syntaxique pour décrire la forme d'un énoncé. La morphosyntaxe concerne les variations sur la forme des mots en rapport avec les énoncés (pluriel...).

Tonalité : gamme de sept notes, désignée par sa tonique (premier degré de la tonalité) et son mode (majeur ou mineur).

Traitement séquentiel : renvoie aux processus permettant d'analyser et d'intégrer des informations régies par un ordre, d'apparition successive et non simultanée. Il permet de traiter entre autres le flux de parole, les mouvements complexes, une suite d'images, etc.

ANNEXES

LISTE DES ANNEXES

ANNEXE I : COURRIER D'INFORMATION A DESTINATION DES ORTHOPHONISTES POUR LA RECHERCHE DE SUJETS DYSPHASIQUES	83
ANNEXE II : COURRIER D'INFORMATION A DESTINATION DES ECOLES DE MUSIQUE POUR LA RECHERCHE DE SUJETS MUSICIENS.....	84
ANNEXE III : QUESTIONNAIRE D'INFORMATIONS GENERALES ADRESSE A TOUS LES SUJETS.....	85
ANNEXE IV : QUESTIONNAIRE EVALUANT LA PRATIQUE MUSICALE DES SUJETS DU GROUPE MUSICIENS	86
ANNEXE V : CLASSIFICATION UTILISEE POUR LA COTATION DES PROFESSIONS ET CATEGORIES SOCIOPROFESSIONNELLES DES PARENTS.....	87
ANNEXE VI : TABLEAU PRESENTANT L'ENSEMBLE DES SEQUENCES GRAMMATICALES ET AGRAMMATICALES ELABOREES POUR LA PHASE D'APPRENTISSAGE ET LA PHASE TEST DES TACHES AIV ET AIA	88
ANNEXE VII : ECRANS DE CONSIGNES DES TACHES D'APPRENTISSAGE IMPLICITE VISUEL ET AUDITIF.....	89
ANNEXE VIII : LISTES DES PHRASES CONSTITUANT LA TACHE SYNTAXIQUE.....	97
ANNEXE IX : TABLEAUX DE REFERENCE POUR LA PASSATION DES TACHES EXPERIMENTALES	100
ANNEXE X : DIPLOME DE REMERCIEMENT DESTINE AUX ENFANTS A LA FIN DE L'EXPERIMENTATION.....	102

Annexe I : Courrier d'information à destination des orthophonistes pour la recherche de sujets dysphasiques

Adeline VINCENDEAU
6 Rue Claude Bernard
Chazay d'Azergues
a2vincendeau@wanadoo.fr
06 88 17 49 49

Charline ROBARDET
319b Avenue Berthelot 69380
69008 Lyon
charline.robardet@gmail.com
06 87 80 54 64



A Lyon, le 10 juin 2011

Objet : Recherche de population pour expérimentation – Mémoire d'Orthophonie

Nous sommes étudiantes en orthophonie à l'Université Claude Bernard Lyon 1 et nous entreprenons cette année, l'élaboration de notre mémoire de fin d'études qui s'intitule : « Lien entre apprentissage implicite et habiletés syntaxiques : étude dans la dysphasie et dans l'expertise musicale ». Ce mémoire est encadré par Mme Sophie Donnadieu, maître de conférences en psychologie à l'Université de Chambéry.

Dans le cadre de ce projet, nous souhaitons réaliser une étude sur les capacités d'apprentissage implicite séquentiel non-verbal dans les modalités auditive et visuelle et évaluer l'effet de l'expertise musicale sur de telles compétences et sur les compétences langagières. Nous comparerons les résultats obtenus pour trois groupes d'enfants : un groupe d'enfants présentant une dysphasie, un groupe d'enfants contrôles ne pratiquant pas de musique et un groupe d'enfants contrôles musiciens. Deux objectifs sous-tendent cette étude : 1) mettre en évidence la présence de difficultés chez les enfants dysphasiques dans le domaine non verbal, à travers des tâches de traitement séquentiel implicite, par rapport à des enfants ne présentant pas de troubles spécifiques du développement du langage oral et 2) dans un second temps, montrer que l'expertise musicale pourrait améliorer les capacités de traitement séquentiel implicite et indirectement les compétences langagières des enfants. Des épreuves verbales et non verbales seront effectuées et permettront, si nos hypothèses s'avèrent correctes, d'établir une corrélation positive entre le niveau de langage (en particulier en syntaxe) et les aptitudes à traiter des informations séquentielles dans différentes modalités (auditive, visuelle).

Pour mener à bien notre projet, nous nous adressons à vous afin de savoir si vous accepteriez notre présence auprès d'enfants de votre patientèle qui présentent les critères suivants : nous recherchons des enfants présentant une dysphasie expressive, ayant entre 9 et 10 ans (nés en 2001 ou 2002), n'ayant jamais pratiqué la musique, et n'ayant pas trop de difficultés de compréhension (pour pouvoir comprendre les consignes de nos tâches).

Nous aurons besoin de voir les enfants deux fois, afin de leur faire passer un certain nombre d'épreuves (passation en deux séances de 45 minutes). Nous garantissons l'anonymat des enfants testés. Si vous acceptez cette collaboration nous vous tiendrons bien entendu au courant des résultats de cette recherche.

Nous nous permettrons de vous contacter dans une dizaine de jours. Toutefois, nous sommes disponibles pour tout renseignement complémentaire, et vous pouvez nous joindre directement aux numéros ou adresses indiquées en en-tête.

Dans l'espoir d'une réponse que nous souhaitons favorable, nous vous prions d'agréer nos sincères salutations.

Adeline Vincendeau et Charline Robardet.

Annexe II : Courrier d'information à destination des écoles de musique pour la recherche de sujets musiciens

Adeline VINCENDEAU
6 Rue Claude Bernard
69380 Chazay d'Azergues
a2vincendeau@wanadoo.fr
06 88 17 49 49

Charline ROBARDET
319b Avenue Berthelot
69008 Lyon
charline.robardet@gmail.com
06 87 80 54 64

Université Claude Bernard  Lyon 1

A Lyon, le 10 juin 2011

Objet : Recherche de population pour expérimentation – Mémoire d'Orthophonie

Nous sommes étudiantes en orthophonie à l'Université Claude Bernard Lyon 1 et nous entreprenons cette année, l'élaboration de notre mémoire de fin d'études qui s'intitule : « Lien entre apprentissage implicite et habiletés syntaxiques : étude comparative entre la dysphasie et l'expertise musicale ». Ce mémoire est encadré par Mme Sophie Donnadiou, maître de conférences en psychologie à l'Université de Chambéry.

Dans le cadre de ce projet, nous souhaitons réaliser une étude sur les capacités d'apprentissage implicite séquentiel non-verbal dans les modalités auditive et visuelle et évaluer l'effet de l'expertise musicale sur de telles compétences et sur les compétences langagières. Nous comparerons les résultats obtenus pour trois groupes d'enfants : un groupe d'enfants présentant une dysphasie, un groupe d'enfants contrôles ne pratiquant pas de musique et un groupe d'enfants contrôles musiciens. Deux objectifs sous-tendent cette étude : 1) mettre en évidence la présence de difficultés chez les enfants dysphasiques dans le domaine non verbal, à travers des tâches de traitement séquentiel, par rapport à des enfants ne présentant pas de troubles spécifiques du développement du langage oral et 2) dans un second temps, montrer que l'expertise musicale pourrait améliorer les capacités de traitement séquentiel et indirectement les compétences langagières des enfants. Des épreuves verbales et non verbales seront effectuées et permettront, si nos hypothèses s'avèrent correctes, d'établir une corrélation positive entre le niveau de langage (en particulier en syntaxe) et les aptitudes à traiter des informations séquentielles dans différentes modalités (auditive, visuelle).

Pour mener à bien notre projet, nous nous adressons à vous afin de savoir si vous accepteriez notre présence auprès d'enfants de votre établissement qui présentent les critères suivants : nous recherchons des enfants entre 9 et 10 ans, pratiquant la musique depuis au moins 3 ans et ne présentant pas de troubles spécifiques du langage (type dysphasie, dyslexie).

Nous aurons besoin de voir les enfants deux fois vraisemblablement, afin de leur faire passer un certain nombre d'épreuves (passation en deux séances de 45 minutes). Nous garantissons l'anonymat des enfants testés. Si vous acceptez cette collaboration nous vous tiendrons bien entendu au courant des résultats de cette recherche.

Nous nous permettrons de vous contacter dans une dizaine de jours. Toutefois, nous sommes disponibles pour tout renseignement complémentaire, et vous pouvez nous joindre directement aux numéros ou adresses indiquées en en-tête.

Dans l'espoir d'une réponse que nous souhaitons favorable, nous vous prions d'agréer nos sincères salutations.

Adeline Vincendeau et Charline Robardet.

Annexe III : Questionnaire d'informations générales adressé à tous les sujets

QUESTIONNAIRE

- 1. Numéro de sujet + initiales**
- 2. Date de naissance – âge ?**
- 3. Sexe ?**
- 4. Ecole ?**
- 5. Classe ?**
- 6. Problème de lecture ?**
- 7. Dyslexie ou dysphasie dans la famille ?**
- 8. Problèmes de vue ?**
- 9. Problèmes d'audition ?**
- 10. Bilingue ?**
- 11. Droitier ou gaucher ?**
- 12. Profession du père ?**
- 13. Profession de la mère ?**

Annexe IV : Questionnaire évaluant la pratique musicale des sujets du groupe Musiciens

Questionnaire

N° DE SUJET :

Ce questionnaire est anonyme. Il est uniquement destiné à évaluer ton environnement et ta pratique musicale. Tu peux demander à ton papa ou ta maman de t'aider à le remplir !

- Age :
- Sexe : ☐ Masculin ☐ Féminin

1. Tu apprends la musique grâce à :

- ☐ Professeur particulier
- ☐ Ecole de musique
- ☐ Conservatoire
- ☐ Tu apprends seul (chez toi, avec des livres ou à l'oreille...)
- ☐ Autre (à préciser)

2. Que pratiques-tu ?

- ☐ Instrument: si oui lequel
- ☐ Chant, chorale
- ☐ Uniquement solfège

3. Qu'apprends-tu à la musique ?

- ☐ Tu fais du solfège (lire des notes ou des rythmes)
- ☐ Tu joues des mélodies sur ton instrument
- ☐ Tu inventes des mélodies sur ton instrument
- ☐ Tu écoutes de la musique pendant les cours
- ☐ Tu apprends l'histoire de la musique
- ☐ Tu chantes
- ☐ Autres

4. Depuis quand (ou quel âge) apprends-tu la musique ?

Nb d'années :

5. Tu pratiques de la musique :

- ☐ Tous les jours
- ☐ Une ou plusieurs fois par semaine
- ☐ Au moins une fois par mois

6. Est-ce que tu peux me dire à peu près combien de temps tu pratiques la musique ...?

Par jour :

Par semaine :

Par mois :

Annexe V : Classification utilisée pour la cotation des professions et catégories socioprofessionnelles des parents

Nomenclature issue du site de l'INSEE (2003)

1: agriculteur exploitant, secteur primaire

2: artisan, commerçant, chef d'entreprise

3: cadre, profession intellectuelle supérieure

4: profession intermédiaire (soit entre cadre et technicien, ou entre ouvrier et employé), ou intermédiaire au sens figuré: instit, santé (infirmière...), social (assistante sociale...)

5: employés

6: ouvriers

7: retraités

8: sans profession

Annexe VI : Tableau présentant l'ensemble des séquences grammaticales et agrammaticales élaborées pour la phase d'apprentissage et la phase test des tâches AIV et AIA

Issu de Conway, Pisoni, Anaya, Karpicke et Henning (2010)

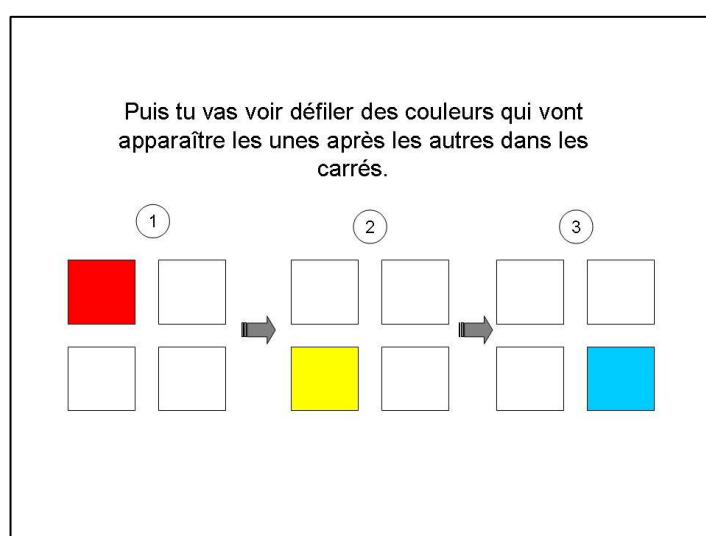
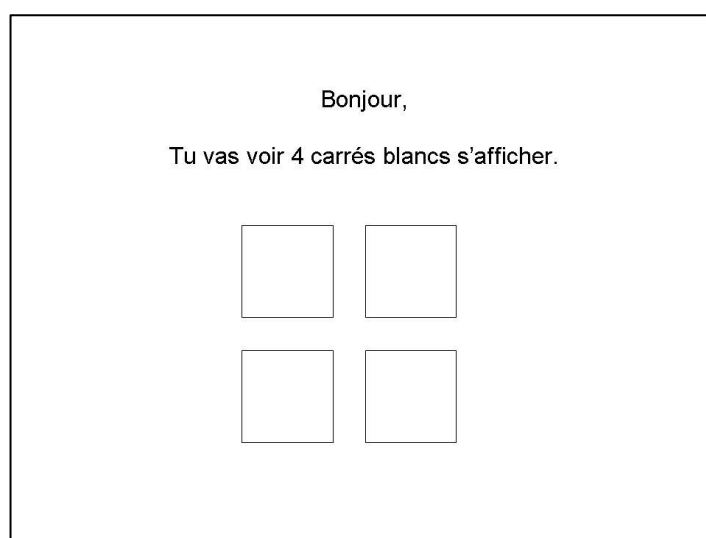
Nombre d'items dans la séquence	Séquences de la phase d'apprentissage - Grammaire A	Séquences de la phase test - Grammaire A	Séquences de la phase test - Grammaire B
2	4-1		
2	3-1		
2	1-3		
2	2-3		
2	1-2		
2	3-4		
3	4-1-3	2-3-4	3-2-1
3	2-3-1	1-3-1	2-4-2
3	1-2-3	4-1-2	4-2-4
3	1-3-4	3-1-3	2-4-3
3	3-4-1		
4	1-2-3-4	1-3-1-3	3-2-4-2
4	3-1-2-3	3-4-1-2	1-4-2-4
4	1-2-3-1	4-1-2-3	4-2-1-4
4	4-1-3-1	3-1-3-4	2-1-4-3
4	2-3-1-3		
5		1-2-3-1-2	4-3-2-1-4
5		4-1-3-4-1	1-4-3-2-4
5		3-1-2-3-1	3-2-1-4-2
5		1-2-3-4-1	4-2-4-2-4

Chaque numéro correspond à un stimulus de la tâche d'apprentissage implicite. Cette correspondance est différente pour chaque sujet. Il y a 24 possibilités différentes.

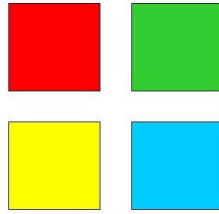
Annexe VII : Ecrans de consignes des tâches d'apprentissage implicite visuel et auditif

1. Ecrans de consignes de la tâche d'apprentissage implicite visuel

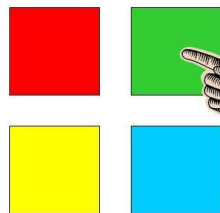
1.1. Explication de la tâche



Une fois que toutes les couleurs ont été présentées, tu vas voir les 4 carrés de couleurs s'afficher à l'écran.



Ta tâche sera d'appuyer sur les couleurs dans l'ordre où tu les as vu apparaître.

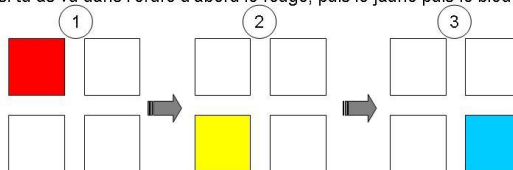


Tu peux toucher directement sur l'écran les carrés !

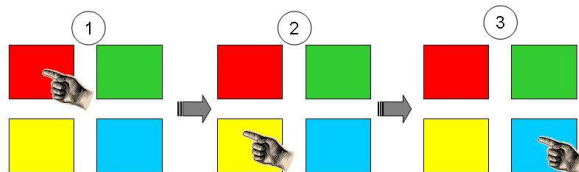


1.2. Ecran présentant l'item d'exemple

Par exemple
si tu as vu dans l'ordre d'abord le rouge, puis le jaune puis le bleu :



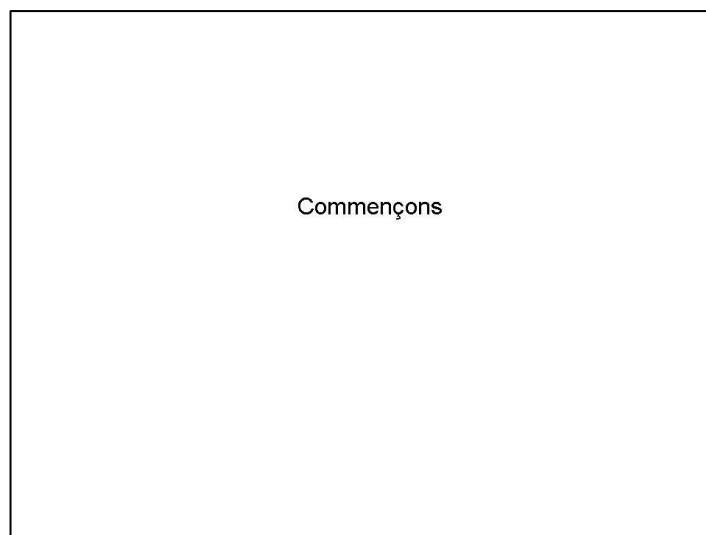
Tu devras alors appuyer sur l'écran sur le carré rouge en 1er, le carré jaune en 2ème puis le carré bleu en 3ème.



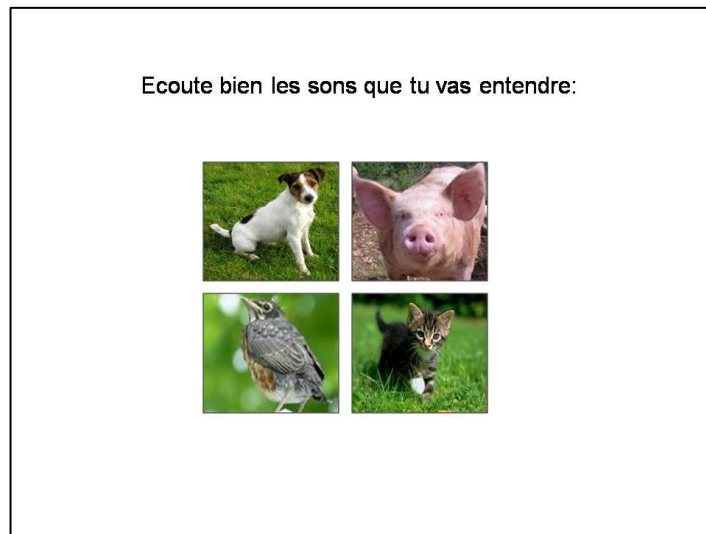
1.3. Ecran annonçant le début des essais



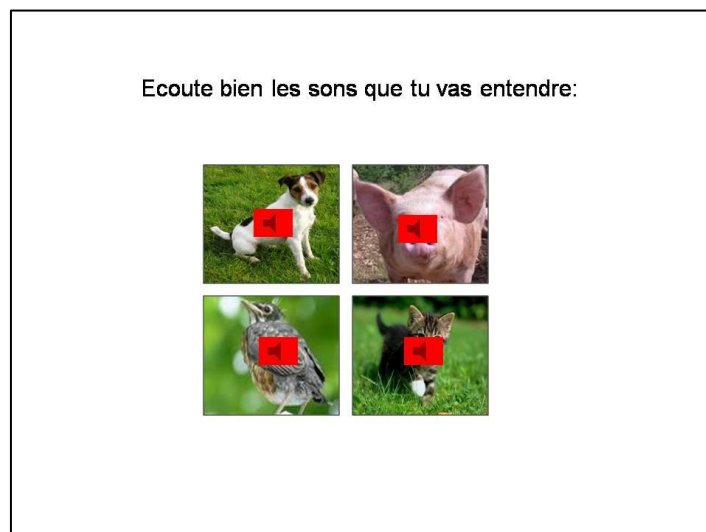
1.4. Ecran annonçant le début de la tâche



2. Ecrans de consignes du pré-test d'identification des sons d'animaux

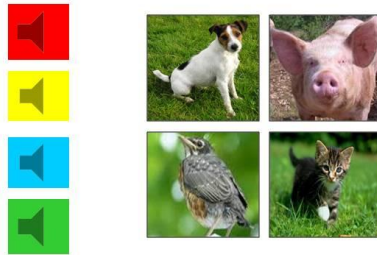


1. Il est demandé au sujet de se préparer à prêter attention aux sons qu'il va entendre



2. L'examineur clique un à un sur les sons pour que le sujet puisse les écouter et faire le lien entre l'image et le son.

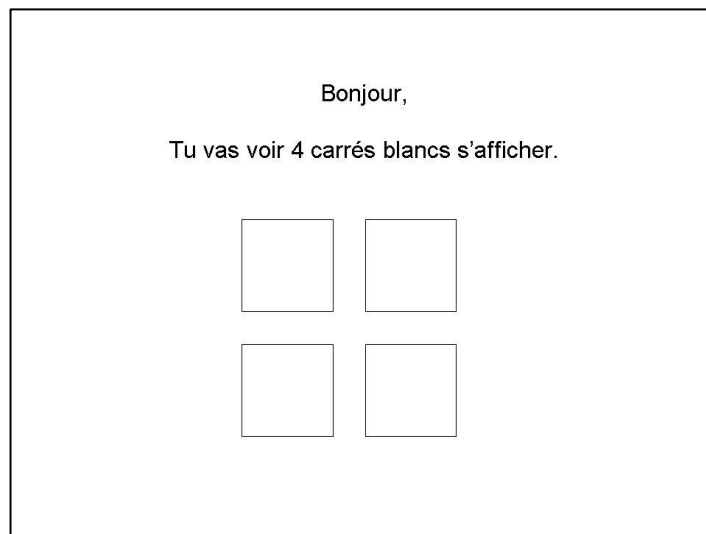
Ecoute bien les sons que tu vas entendre et montre moi les images qui correspondent aux sons:



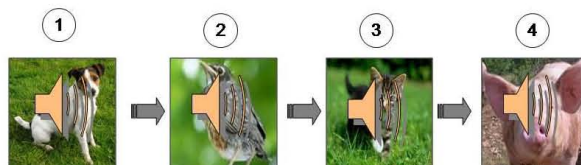
3. L'examineur clique un à un sur les haut-parleurs de couleur pour lancer les sons et demande à l'enfant de lui montrer l'image qui va bien avec le son entendu.

3. Ecrans de consignes de la tâche d'apprentissage implicite auditif

3.1. Explication de la tâche



Puis tu vas entendre des sons d'animaux dans le casque les uns après les autres.



Une fois les sons d'animaux entendus, 4 images représentant ces animaux vont s'afficher à l'écran.



Ta tâche sera d'appuyer sur les animaux dans l'ordre dans lequel tu les as entendus.



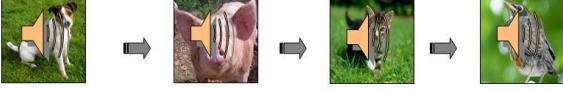
Tu peux
toucher
directement
sur l'écran les
animaux que tu
as entendu !



3.2. Ecran présentant l'item d'exemple

Par exemple
si tu as entendu dans l'ordre d'abord le chien, puis le cochon, puis le chat
et enfin l'oiseau:

① ② ③ ④



Tu devras alors appuyer sur l'écran sur le chien en 1^{er}, sur le cochon en 2^{ème},
sur le chat en 3^{ème} puis enfin sur l'oiseau en 4^{ème}.

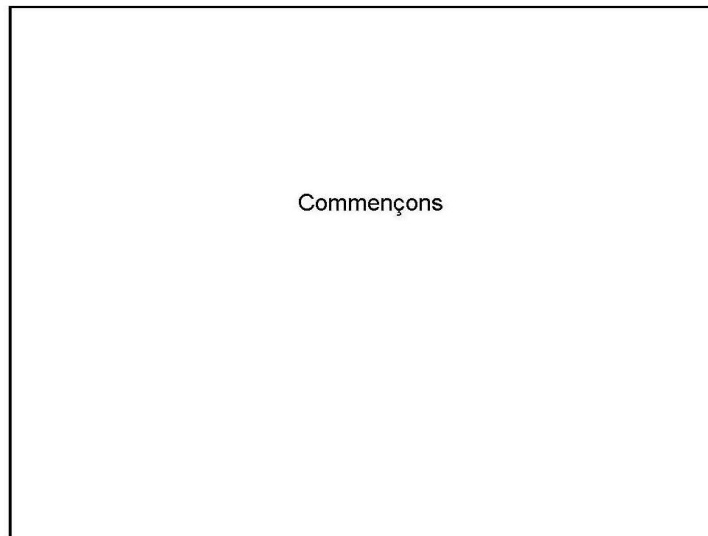
① ② ③ ④



3.3. Ecran annonçant le début des essais

Commençons par 3 essais

3.4. Ecran annonçant le début de la tâche



Annexe VIII : Listes des phrases constituant la tâche syntaxique

Issu des travaux de Przybylski, L., Bedoin, N., Krifi-Papoz, S., Herbillon, V., Roch, D., Léculier, L., Kotz, S., et Tillmann, B. (soumis)

G/NG Grammatical/Non grammatical		Ge: Genre
A/B Listes		No: Nombre
Ge/No/Pe Type d'erreur		Pe: Personne
1, 2, 3, 4 ... n° de la phrase		
syntaxiquement correct		syntaxiquement incorrect
G_A_Ge_1	Le lapin court dans l'herbe	NG_A_Ge_1 La lapin court dans l'herbe
G_B_Ge_1	Le cheval dort dans le pré	NG_B_Ge_1 La cheval dort dans le pré
G_A_Ge_2	Les oiseaux volent dans le ciel	NG_A_Ge_2 Les oiseaux volent dans la ciel
G_B_Ge_2	Les vaches mangent dans le champ	NG_B_Ge_2 Les vaches mangent dans la champ
G_A_Ge_3	La cloche de l'église sonne	NG_A_Ge_3 Le cloche de l'église sonne
G_B_Ge_3	Le mari de la voisine chante	NG_B_Ge_3 La mari de la voisine chante
G_A_Ge_4	La caméra filme les danseurs	NG_A_Ge_4 Le caméra filme les danseurs
G_B_Ge_4	Le policier cache son revolver	NG_B_Ge_4 La policier cache son revolver
G_A_Ge_5	Le vent souffle sur la colline	NG_A_Ge_5 Le vent souffle sur le colline
G_B_Ge_5	Le fleuve coule dans la vallée	NG_B_Ge_5 Le fleuve coule dans le vallée
G_A_Ge_6	Le facteur distribue le courrier	NG_A_Ge_6 Le facteur distribue la courrier
G_B_Ge_6	Le pirate attaque le navire	NG_B_Ge_6 Le pirate attaque la navire
G_A_Ge_7	Le patron a remercié ses ouvriers	NG_A_Ge_7 La patron a remercié ses ouvriers
G_B_Ge_7	Le voisin a essuyé la vaisselle	NG_B_Ge_7 La voisin a essuyé la vaisselle
G_A_Ge_8	La maîtresse parle à la classe	NG_A_Ge_8 La maîtresse parle à le classe
G_B_Ge_8	Le chasseur marche dans le bois	NG_B_Ge_8 Le chasseur marche dans la bois

G/NG Grammatical/Non grammatical		Ge: Genre
A/B Listes		No: Nombre
Ge/No/Pe Type d'erreur		Pe: Personne
1, 2, 3, 4 ... n° de la phrase		

syntaxiquement correct		syntaxiquement incorrect	
G_A_No_1	Le livre est posé sur la table	NG_A_No_1	Le livre sont posé sur la table
G_B_No_1	L'herbe est haute dans le jardin	NG_B_No_1	L'herbe sont haute dans le jardin
G_A_No_2	La campagne est pleine de neige	NG_A_No_2	La campagne sont pleine de neige
G_B_No_2	La montagne est belle en hiver	NG_B_No_2	La montagne sont belle en hiver
G_A_No_3	Les pompiers viendront éteindre le feu	NG_A_No_3	Les pompiers viendrn éteindre le feu
G_B_No_3	Les gendarmes viendront arrêter le voleur	NG_B_No_3	Les gendarmes viendra arrêter le voleur
G_A_No_4	L'enfant a entendu une belle histoire	NG_A_No_4	L'enfant ont entendu une belle histoire
G_B_No_4	La souris a entendu un grand bruit	NG_B_No_4	La souris ont entendu un grand bruit
G_A_No_5	Les sapins sont décorés	NG_A_No_5	Les sapins est décorés
G_B_No_5	Les routes sont enneigées	NG_B_No_5	Les routes est enneigées
G_A_No_6	Laura a oublié son violon	NG_A_No_6	Laura ont oublié son violon
G_B_No_6	Pierre a réussi son contrôle	NG_B_No_6	Pierre ont réussi son contrôle
G_A_No_7	La boulangère est très gentille	NG_A_No_7	La boulangère sont très gentille
G_B_No_7	Le détective est très occupé	NG_B_No_7	Le détective sont très occupé
G_A_No_8	L'écureuil a caché beaucoup de noisettes	NG_A_No_8	L'écureuil ont caché beaucoup de noisettes
G_B_No_8	L'éléphant aura marché pendant des semaines	NG_B_No_8	L'éléphant auront marché pendant des semaines

G/NG Grammatical/Non grammatical		Ge: Genre
A/B Listes		No: Nombre
Ge/No/Pe Type d'erreur		Pe: Personne
1, 2, 3, 4 ... n° de la phrase		

syntaxiquement correct		syntaxiquement incorrect	
G_A_No_1	J'ai coupé du bois pour me chauffer	NG_A_No_1	J'a coupé du bois pour me chauffer
G_B_No_1	J'ai vendu mon vélo à mon cousin	NG_B_No_1	J'a vendu mon vélo à mon cousin
G_A_No_2	Les baguettes sont en bois	NG_A_No_2	Les baguettes sommes en bois
G_B_No_2	Ces fourchettes sont très belles	NG_B_No_2	Ces fourchettes sommes très belles
G_A_No_3	Les enfants jouent dans la cour	NG_A_No_3	Les enfants jouons dans la cour
G_B_No_3	Les amis parlent devant la porte	NG_B_No_3	Les amis parlons devant la porte
G_A_No_4	Paul cherche le jouet qu'il a perdu	NG_A_No_4	Paul cherche le jouet qu'il ai perdu
G_B_No_4	Anne ouvre le cadeau qu'elle a reçu	NG_B_No_4	Anne ouvre le cadeau qu'elle ai reçu
G_A_No_5	Nous irons au marché demain	NG_A_No_5	Nous irez au marché demain
G_B_No_5	Nous verrons la neige tomber	NG_B_No_5	Nous verrez la neige tomber
G_A_No_6	Nous prenons un sucre dans le café	NG_A_No_6	Nous prenez un sucre dans le café
G_B_No_6	Vous prenez un bain dans la baignoire	NG_B_No_6	Vous prenons un bain dans la baignoire
G_A_No_7	L'enfant va aller se promener	NG_A_No_7	L'enfant vais aller se promener
G_B_No_7	La fille va prendre son parapluie	NG_B_No_7	La fille vais prendre son parapluie
G_A_No_8	Les parents des élèves ne sont pas contents	NG_A_No_8	Les parents des élèves ne sommes pas contents
G_B_No_8	Les chaussures du bébé ne sont pas propres	NG_B_No_8	Les chaussures du bébé ne sommes pas propres

Annexe IX : Tableaux de référence pour la passation des tâches expérimentales

Les tableaux suivants concernent les tâches expérimentales. Chaque sujet obtient un numéro de sujet attribué pour l'anonymiser. Suite à cela, lors du deuxième rendez-vous avec le sujet, nous relevons dans ce tableau les informations suivantes, nécessaires au fonctionnement des tâches expérimentales et à l'enregistrement des performances du sujet:

- Le numéro de groupe du sujet (colonne « N° Groupe »)
- Le numéro de permutation, qui correspond à l'ordre de présentation des items lors des tâches d'apprentissage implicite (colonne « N° permutation »)
- Le numéro de la liste de phrases à administrer pour la tâche syntaxique (colonne « Liste Synt 1 ou 2 »)
- L'ordre de passation des tâches (colonne « N° d'ordre de passation des tâches »), précisés pour chaque tâche. Les nombres dans les colonnes AIV, AIA, Synt et Harm correspondent au rang auquel elles seront administrées. Par exemple, le sujet AP2 s'est vu administrer les tâches dans l'ordre n°2, c'est-à-dire qu'il a commencé par la tâche AIV (1e), puis il a continué avec les tâches Harm (2e) , AIA (3e) et Harm (4e) pour finir.

1. Tableau pour le groupe Dysphasiques

Initiales + numéro	Groupe	N°groupe	N° permutation	Liste Synt 1 ou 2	N° d'ordre de passation des tâches	AIV	AIA	Synt	Harm
AP2	GD	1	2	2	2	1	3	4	2
LP3	GD	1	3	1	3	3	1	2	4
LEC4	GD	1	4	2	4	3	1	4	2
LAC5	GD	1	5	1	5	2	4	1	3
AN6	GD	1	6	2	6	4	2	1	3
ACP7	GD	1	7	1	7	2	4	3	1
JK8	GD	1	8	2	8	4	2	3	1
MM9	GD	1	9	1	1	1	3	2	4
RB11	GD	1	11	1	3	3	1	2	4
EG12	GD	1	12	2	4	3	1	4	2
PLJ13	GD	1	13	1	5	2	4	1	3
BC14	GD	1	14	2	6	4	2	1	3
MG16	GD	1	16	2	8	4	2	3	1
QD17	GD	1	17	1	1	1	3	2	4
DD19	GD	1	19	1	3	3	1	2	4
AC20	GD	1	20	2	4	3	1	4	2

2. Tableau pour le groupe contrôle

Initiales + numéro	Groupe	N°groupe	N° permutation	Liste Synt 1 ou 2	N° d'ordre de passation des tâches	AIV	AIA	Synt	Harm
CL25	GC	2	1	1	1	1	3	2	4
PA26	GC	2	2	2	2	1	3	4	2
CO27	GC	2	3	1	3	3	1	2	4
MA28	GC	2	4	2	4	3	1	4	2
AP29	GC	2	5	1	5	2	4	1	3
RC30	GC	2	6	2	6	4	2	1	3
LB31	GC	2	7	1	7	2	4	3	1
SM32	GC	2	8	2	8	4	2	3	1
QG33	GC	2	9	1	1	1	3	2	4
LG34	GC	2	10	2	2	1	3	4	2
JL35	GC	2	11	1	3	3	1	2	4
JC36	GC	2	12	2	4	3	1	4	2
DT37	GC	2	13	1	5	2	4	1	3
MD38	GC	2	14	2	6	4	2	1	3
MP39	GC	2	15	1	7	2	4	3	1
CP40	GC	2	16	2	8	4	2	3	1

3. Tableau pour le groupe Musiciens

Initiales + numéro	Groupe	N°groupe	N° permutation	Liste Synt 1 ou 2	N° d'ordre de passation des tâches	AIV	AIA	Synt	Harm
MF49	GM	3	1	1	1	1	3	2	4
EDQ53	GM	3	5	1	5	2	4	1	3
MC57	GM	3	9	1	1	1	3	2	4
CW57	GM	3	9	1	1	1	3	2	4
JT59	GM	3	11	1	3	3	1	2	4
JC60	GM	3	12	2	4	3	1	4	2
DA61	GM	3	13	1	5	2	4	1	3
LP62	GM	3	14	2	6	4	2	1	3
RR63	GM	3	15	1	7	2	4	3	1
MR64	GM	3	16	2	8	4	2	3	1
PI66	GM	3	18	2	2	1	3	4	2
MA67	GM	3	19	1	3	3	1	2	4
68	GM	3	20	2	4	3	1	4	2
GG69	GM	3	21	1	5	2	4	1	3
VT70	GM	3	22	2	6	4	2	1	3
LP72	GM	3	24	2	8	4	2	3	1

Annexe X : Diplôme de remerciement destiné aux enfants à la fin de l'expérimentation



TABLE DES ILLUSTRATIONS

1. Liste des figures

Figure 1. Schéma du déroulement de la tâche d'apprentissage implicite visuel.....	35
Figure 2. Schéma du déroulement de la tâche d'apprentissage implicite auditif	36
Figure 3. Illustration du déroulement d'un essai lors de la tâche de traitement syntaxique.....	38
Figure 4. Exemples d'une séquence musicale dont l'accord final est régulier, et de sa séquence irrégulière correspondante.....	40
Figure 5. Illustration du déroulement d'un essai lors de la tâche de traitement harmonique.....	41

2. Liste des tableaux

Tableau 1. Présentation des moyennes et écarts-types entre parenthèses obtenus par les trois groupes aux tâches contrôles, ainsi que les valeurs des analyses statistiques obtenues.....	32
Tableau 2. Grammaires A et B construites pour les tâches d'apprentissage implicite.....	35
Tableau 3. Construction des 46 accords de la tâche harmonique.....	39
Tableau 4. Moyennes des taux de bonne reproduction des séquences grammaticales et agrammaticales visuelles de 3 et 4 items, et écart-types entre parenthèses, pour GD, GC et GM.	44
Tableau 5. Moyennes des taux de bonne reproduction des séquences grammaticales et agrammaticales visuelles de 4 items, et écart-types entre parenthèses, pour GD, GC et GM	46
Tableau 6. Moyennes des taux de bonne reproduction des séquences grammaticales et agrammaticales auditives de 3 et 4 items, et écart-types entre parenthèses, pour GD, GC et GM	47
Tableau 7. Moyennes des taux de bonne reproduction des séquences grammaticales et agrammaticales auditives de 4 items, et écart-types entre parenthèses, pour GD, GC et GM	49
Tableau 8. Moyennes des scores dPrime pour GD, GC et GM, recueillis lors de la tâche syntaxique et de la tâche harmonique et écarts-types entre parenthèses	50

Tableau 9. Valeurs des corrélations obtenues entre les épreuves contrôles et les tâches expérimentales	56
--	----

3. Liste des graphiques

Graphique 1. Courbes des moyennes des pourcentages de reproductions correctes (RC) des séquences de 3 et 4 items, selon la nature de la séquence lors de la phase test de la tâche d'apprentissage implicite visuel, pour GD, GC et GM.....	45
Graphique 2. Courbes des moyennes des pourcentages de reproductions correctes des séquences de 4 items, selon la nature de la séquence lors de la phase test de la tâche d'apprentissage implicite visuel, pour GD, GC et GM	46
Graphique 3. Courbes des moyennes des pourcentages de reproductions correctes des séquences de 3 et 4 items, selon la nature de la séquence lors de la phase test de la tâche d'apprentissage implicite auditif, pour GD, GC et GM	48
Graphique 4. Courbes des moyennes des pourcentages de reproductions correctes des séquences de 4 items, selon la nature de la séquence lors de la phase test de la tâche d'apprentissage implicite auditif, pour GD, GC et GM	49
Graphique 5. Courbes des moyennes des pourcentages des scores dPrime à la tâche syntaxique et à la tâche harmonique, pour GD, GC et GM.....	51
Graphique 6. Représentation de la corrélation entre les deux tâches d'apprentissage implicite AIA et AIV	52
Graphique 7. Représentation de la corrélation entre la tâche d'apprentissage implicite visuel et la tâche syntaxique	53
Graphique 8. Représentation de la corrélation entre la tâche d'apprentissage implicite visuel et la tâche harmonique	53
Graphique 9. Représentation de la corrélation entre la tâche d'apprentissage implicite auditif et la tâche syntaxique	54
Graphique 10. Représentation de la corrélation entre la tâche d'apprentissage implicite auditif et la tâche harmonique	54
Graphique 11. Représentation de la corrélation entre la tâche syntaxique et la tâche harmonique	55

TABLE DES MATIERES

ORGANIGRAMMES	2
1. Université Claude Bernard Lyon1	2
1.1 Secteur Santé :.....	2
1.2 Secteur Sciences et Technologies :.....	2
2. Institut Sciences et Techniques de Réadaptation FORMATION ORTHOPHONIE	3
REMERCIEMENTS.....	4
SOMMAIRE.....	5
INTRODUCTION.....	7
PARTIE THEORIQUE	8
I. LA DYSPHASIE	9
1. Généralités.....	9
1.1. Terminologie, définitions et prévalence	9
1.2. Diagnostic	10
1.3. Classifications sémiologiques des syndromes dysphasiques.....	10
1.4. Le trouble syntaxique dans les dysphasies expressives	11
1.5. Les troubles associés.....	11
2. Les hypothèses explicatives de la dysphasie	12
2.1. Les théories modulaires et non modulaires	12
2.2. L'hypothèse d'un déficit procédural (Ullman et Pierpont, 2005).....	13
II. LA COMPETENCE D'APPRENTISSAGE IMPLICITE ET SES IMPLICATIONS DANS LE LANGAGE	14
1. L'apprentissage implicite.....	14
1.1. Définition et mesures	14
1.2. Nature de la compétence d'apprentissage implicite	14
2. Liens entre apprentissage implicite et langage.....	15
2.1. Liens apprentissage implicite/langage dans le développement normal	15
2.2. Liens apprentissage implicite/langage dans la pathologie du développement du langage.....	16
III. LES LIENS ENTRE LANGAGE ET MUSIQUE	17
1. Un mode de fonctionnement similaire ?.....	17
1.1. De structures corticales communes à l'hypothèse de ressources partagées ?	17
1.2. L'hypothèse de ressources partagées	18
1.3. Le modèle déclaratif/procédural d'Ullman (2004) appliqué à la musique	19
2. Des troubles auditifs musicaux associés à des troubles du langage	19
3. Effets de la pratique musicale ou d'un entraînement auditif non verbal/musical sur les compétences langagières.....	20
3.1. Dans la population tout-venant	20
3.2. Dans les troubles spécifiques du développement du langage.....	21
IV. LES LIENS ENTRE LANGAGE, MUSIQUE ET APPRENTISSAGE IMPLICITE	21
1. Liens entre musique et apprentissage implicite	21
1.1. Compétences d'apprentissage implicite chez des sujets non musiciens.....	21
1.2. Influence de l'expertise musicale ou d'un entraînement musical sur les compétences d'apprentissage implicite.....	22
2. Des liens entre ces trois domaines ? Quelques études.....	23
PROBLEMATIQUE ET HYPOTHESES.....	24
I. PROBLEMATIQUE	25
II. HYPOTHESES	25
1. Hypothèse théorique générale.....	25
2. Hypothèses opérationnelles	25
2.1. Hypothèse opérationnelle 1.....	25
2.2. Hypothèse opérationnelle 2.....	26
2.3. Hypothèse opérationnelle 3.....	26
PARTIE EXPERIMENTALE	27
I. POPULATION.....	28
1. Procédure pour la constitution des groupes	28
1.1. Méthodologie de la recherche de population	28
1.2. Présentation des tâches contrôles	28

1.2.1.	Tâche de production syntaxique	29
1.2.2.	Tâche de compréhension syntaxique	29
1.2.3.	Tâches de mémoire à court terme et de mémoire de travail auditivo-verbales	29
1.2.4.	Tâche de raisonnement abstrait et de traitement de l'information visuelle	30
1.2.5.	Questionnaires adressés aux sujets	30
2.	<i>Présentation des groupes expérimentaux</i>	30
2.1.	Groupe d'enfants contrôles (GC).....	31
2.2.	Groupe d'enfants dysphasiques (GD)	31
2.3.	Groupe d'enfants musiciens (GM).....	31
2.4.	Appariement des groupes et comparaison de leurs profils aux tâches contrôles	32
II.	DESCRIPTION DU MATERIEL	34
1.	<i>Présentation des tâches (stimuli et procédure)</i>	34
1.1.	Les tâches d'apprentissage implicite séquentiel.....	34
1.1.1.	Construction des séquences grammaticales artificielles	34
1.1.2.	Tâche d'apprentissage implicite en modalité visuelle (AIV)	35
a.	Stimuli	35
b.	Procédure.....	35
1.1.3.	Tâche d'apprentissage implicite en modalité auditive (AIA).....	36
a.	Stimuli	36
b.	Procédure.....	37
1.2.	La tâche de traitement syntaxique (Synt)	37
1.2.1.	Stimuli	37
1.2.2.	Procédure.....	38
1.3.	La tâche de traitement harmonique (Harm)	39
1.3.1.	Stimuli	39
1.3.2.	Procédure.....	40
2.	<i>Présentation des supports multimédia et logiciels</i>	41
3.	<i>Procédure</i>	41
	PRESENTATION DES RESULTATS	43
I.	EVALUATION DES COMPETENCES EN APPRENTISSAGE IMPLICITE SEQUENTIEL	44
1.	<i>Résultats à la tâche d'apprentissage implicite en modalité visuelle (AIV)</i>	44
2.	<i>Résultats à la tâche d'apprentissage implicite en modalité auditive (AIA)</i>	47
II.	EVALUATION DES COMPETENCES EN TRAITEMENT SYNTAXIQUE ET EN TRAITEMENT HARMONIQUE	50
1.	<i>Comparaison des résultats aux tâches syntaxique (Synt) et harmonique (Harm)</i>	50
2.	<i>Résultats pour la tâche syntaxique</i>	51
3.	<i>Résultats pour la tâche harmonique</i>	51
III.	PRESENTATION DES CORRELATIONS OBTENUES	52
1.	<i>Corrélations au sein des tâches expérimentales</i>	52
2.	<i>Corrélations entre les tâches expérimentales et les tâches contrôles</i>	55
	DISCUSSION DES RESULTATS	57
I.	DISCUSSION DES RESULTATS	58
1.	<i>Peut-on démontrer la présence d'un apprentissage implicite chez nos sujets ? Cette compétence est-elle plus solide chez les enfants musiciens par rapport aux autres groupes, les enfants dysphasiques présentent-ils un déficit dans ce domaine ?</i>	58
1.1.	Manifestations d'un apprentissage implicite	58
1.2.	Tendances de groupes	60
1.3.	Conclusion	61
2.	<i>Dans le traitement syntaxique et harmonique, peut-on voir émerger trois groupes de niveaux différents ?</i>	61
2.1.	Les enfants dysphasiques : un profil déficitaire en traitement langagier et musical ?	62
2.2.	Les enfants musiciens : un profil particulièrement robuste en traitement langagier et musical ?	62
2.3.	Conclusion	63
3.	<i>Peut-on établir un lien entre toutes les compétences testées dans cette expérimentation ?</i>	63
3.1.	Des implications réciproques dans ces trois domaines cognitifs ?	64
3.2.	Peut-on dégager trois profils de niveaux différents en apprentissage implicite, traitement syntaxique et traitement harmonique ?	65
3.3.	Conclusion	65
II.	DISCUSSION DE LA METHODE.....	66
1.	<i>Choix des tâches contrôles</i>	66
2.	<i>Choix des tâches expérimentales</i>	66
2.1.	Conception et présentation des tâches d'apprentissage implicite	67
2.2.	Conception et présentation des tâches de traitement syntaxique et harmonique	67

3.	<i>Sélection de la population</i>	68
4.	<i>Pertinence du lieu et des modalités de passation</i>	69
5.	<i>Ouverture</i>	69
III.	APPORTS.....	70
1.	<i>Apports pour les participants</i>	70
2.	<i>Apports pour la profession et la recherche dans le domaine du langage</i>	70
3.	<i>Apports pour notre pratique clinique</i>	71
	CONCLUSION	72
	REFERENCES	73
	GLOSSAIRE	79
	ANNEXES	81
	LISTE DES ANNEXES	82
	ANNEXE I : COURRIER D'INFORMATION A DESTINATION DES ORTHOPHONISTES POUR LA RECHERCHE DE SUJETS DYSPHASIQUES	83
	ANNEXE II : COURRIER D'INFORMATION A DESTINATION DES ECOLES DE MUSIQUE POUR LA RECHERCHE DE SUJETS MUSICIENS.....	84
	ANNEXE III : QUESTIONNAIRE D'INFORMATIONS GENERALES ADRESSE A TOUS LES SUJETS	85
	ANNEXE IV : QUESTIONNAIRE EVALUANT LA PRATIQUE MUSICALE DES SUJETS DU GROUPE MUSICIENS .	86
	ANNEXE V : CLASSIFICATION UTILISEE POUR LA COTATION DES PROFESSIONS ET CATEGORIES SOCIOPROFESSIONNELLES DES PARENTS.....	87
	ANNEXE VI : TABLEAU PRESENTANT L'ENSEMBLE DES SEQUENCES GRAMMATICALES ET AGRAMMATICALES ELABOREES POUR LA PHASE D'APPRENTISSAGE ET LA PHASE TEST DES TACHES AIV ET AIA.....	88
	ANNEXE VII : ECRANS DE CONSIGNES DES TACHES D'APPRENTISSAGE IMPLICITE VISUEL ET AUDITIF	89
1.	<i>Ecrans de consignes de la tâche d'apprentissage implicite visuel</i>	89
1.1.	Explication de la tâche	89
1.2.	Ecran présentant l'item d'exemple.....	90
1.3.	Ecran annonçant le début des essais.....	91
1.4.	Ecran annonçant le début de la tâche	91
2.	<i>Ecrans de consignes du pré-test d'identification des sons d'animaux</i>	92
3.	<i>Ecrans de consignes de la tâche d'apprentissage implicite auditif</i>	93
3.1.	Explication de la tâche	93
3.2.	Ecran présentant l'item d'exemple.....	95
3.3.	Ecran annonçant le début des essais.....	95
3.4.	Ecran annonçant le début de la tâche	96
	ANNEXE VIII : LISTES DES PHRASES CONSTITUANT LA TACHE SYNTAXIQUE.....	97
	ANNEXE IX : TABLEAUX DE REFERENCE POUR LA PASSATION DES TACHES EXPERIMENTALES.....	100
1.	<i>Tableau pour le groupe Dysphasiques</i>	100
2.	<i>Tableau pour le groupe contrôle</i>	101
3.	<i>Tableau pour le groupe Musiciens</i>	101
	ANNEXE X : DIPLOME DE REMERCIEMENT DESTINE AUX ENFANTS A LA FIN DE L'EXPERIMENTATION	102
	TABLE DES ILLUSTRATIONS	103
1.	<i>Liste des figures</i>	103
2.	<i>Liste des tableaux</i>	103
3.	<i>Liste des graphiques</i>	104
	TABLE DES MATIERES	105

Charline Robardet

Adeline Vincendeau

LIENS ENTRE APPRENTISSAGE IMPLICITE, TRAITEMENT SYNTAXIQUE ET TRAITEMENT HARMONIQUE : Une étude comparative entre des enfants dysphasiques et musiciens

107 Pages

Mémoire d'orthophonie -UCBL-ISTR- Lyon 2012

RESUME

La dysphasie est un trouble structurel du développement du langage oral. Parmi les théories concernant son origine, celle d'Ullman et Pierpont (2005) permet d'expliquer les troubles verbaux et non verbaux de la dysphasie. Elle postule un déficit en mémoire procédurale, impliquant un déficit de la compétence qui l'alimente : l'apprentissage implicite. Celui-ci serait nécessaire au développement de nombreuses habiletés cognitives, dont le langage oral. La compétence d'apprentissage implicite et le niveau de langage seraient donc liés. Par ailleurs, les liens entre Langage et Musique ont été abondamment confirmés dans la littérature. De plus, au-delà d'améliorer les compétences langagières, la pratique musicale serait liée aux capacités d'apprentissage implicite. Ainsi, nous supposons l'existence de liens étroits entre apprentissage implicite, habiletés langagières et musicales dans le fonctionnement cognitif. Notre hypothèse est qu'un profil globalement déficitaire dans ces trois domaines sera retrouvé chez les enfants dysphasiques, tandis qu'un profil particulièrement performant apparaîtra chez les enfants musiciens. Trois groupes d'enfants (dysphasiques, musiciens, contrôles) ont été évalués sur leurs capacités d'apprentissage implicite visuel et auditif, de traitement syntaxique, et de traitement de l'harmonie musicale. Nous avons comparé les performances entre chaque épreuve et situé les groupes entre eux, afin de pouvoir observer trois niveaux différents. Les résultats ont permis de constater que le profil des enfants dysphasiques est inférieur aux autres en musique et syntaxe, et l'apprentissage implicite absent dans ce groupe. Cependant, nous n'avons pu montrer de différence entre les enfants contrôles et musiciens. Ainsi, l'expertise musicale n'engendre pas de meilleures compétences. Malgré tout, les trois compétences évaluées sont corrélées, permettant de penser qu'elles sont bien liées. L'hypothèse n'est donc que partiellement vérifiée : les enfants dysphasiques présentent bien une absence d'apprentissage implicite associée à un trouble de la syntaxe langagière et musicale, mais l'effet de la pratique musicale n'a pu être mis en évidence.

MOTS-CLES

Dysphasie, expertise musicale, apprentissage implicite, traitement syntaxique, traitement harmonique.

MEMBRES DU JURY

Nadia Benboutayab - Solveig Chapuis - Monique Sanchez

MAITRE DE MEMOIRE

Sophie Donnadieu

DATE DE SOUTENANCE

Jeudi 28 Juin 2012



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

Par

ROBARDET Charline
VINCENDEAU Adeline

**LIENS ENTRE APPRENTISSAGE IMPLICITE,
TRAITEMENT SYNTAXIQUE ET TRAITEMENT
HARMONIQUE :**

*Une étude comparative entre des enfants dysphasiques et
musiciens*

Maître du Mémoire

DONNADIEU Sophie

Membres du Jury

BENBOUTAYAB Nadia

CHAPUIS Solveig

SANCHEZ Monique

Date de Soutenance

28 JUIN 2012

ARTICLE DE SYNTHESE

TABLE DES MATIERES

Résumé	4
Mots-Clés	4
Abstract	5
Keywords.....	5
Introduction.....	6
Matériel et Méthode.....	10
Résultats.....	13
Discussion	16
Conclusion.....	19
Bibliographie.....	19
Annexes.....	21

RESUME

La dysphasie est un trouble structurel du développement du langage oral. Parmi les théories concernant son origine, celle d'Ullman et Pierpont (2005) permet d'expliquer les troubles verbaux et non verbaux de la dysphasie. Elle postule un déficit en mémoire procédurale, impliquant un déficit de la compétence qui l'alimente : l'apprentissage implicite. Celui-ci serait nécessaire au développement de nombreuses habiletés cognitives, dont le langage oral. La compétence d'apprentissage implicite et le niveau de langage seraient donc liés. Par ailleurs, les liens entre Langage et Musique ont été abondamment confirmés dans la littérature. De plus, au-delà d'améliorer les compétences langagières, la pratique musicale serait liée aux capacités d'apprentissage implicite. Ainsi, nous supposons l'existence de liens étroits entre apprentissage implicite, habiletés langagières et musicales dans le fonctionnement cognitif. Notre hypothèse est qu'un profil globalement déficitaire dans ces trois domaines sera retrouvé chez les enfants dysphasiques, tandis qu'un profil particulièrement performant apparaîtra chez les enfants musiciens. Trois groupes d'enfants (dysphasiques, musiciens, contrôles) ont été évalués sur leurs capacités d'apprentissage implicite visuel et auditif, de traitement syntaxique, et de traitement de l'harmonie musicale. Nous avons comparé les performances entre chaque épreuve et situé les groupes entre eux, afin de pouvoir observer trois niveaux différents. Les résultats ont permis de constater que le profil des enfants dysphasiques est inférieur aux autres en musique et syntaxe, et l'apprentissage implicite absent dans ce groupe. Cependant, nous n'avons pu montrer de différence entre les enfants contrôles et musiciens. Ainsi, l'expertise musicale n'engendre pas de meilleures compétences. Malgré tout, les trois compétences évaluées sont corrélées, permettant de penser qu'elles sont bien liées. L'hypothèse n'est donc que partiellement vérifiée : les enfants dysphasiques présentent bien une absence d'apprentissage implicite associée à un trouble de la syntaxe langagière et musicale, mais l'effet de la pratique musicale n'a pu être mis en évidence.

MOTS-CLES

Dysphasie, expertise musicale, apprentissage implicite, traitement syntaxique, traitement harmonique.

ABSTRACT

Developmental dysphasia is a structural impairment of language development. Among the existing theories of its origin, Ullman and Pierpont's theory (2005) explains verbal but also non-verbal impairments in dysphasia. Their hypothesis postulates that there is a deficit in procedural memory which causes a deficit in its specific skill : the implicit learning. As implicit learning is involved in the development of many cognitive functions including language, implicit learning and language level are therefore related. Furthermore, links between language and music have been demonstrated several times in scientific literature. More than just improving language skills, music seems to be related to implicit learning competence. That is why we suppose strong links exist between implicit learning, language and musical skills. Our hypothesis is that we will find a low profile for these three abilities in children with dysphasia, whereas we will find a high performance profile in children who practice music. Three groups of children (dysphasic, musicians, controls) were evaluated on their visual and auditive implicit learning abilities, their syntactic processing abilities and their musical harmony processing abilities. We compared their performances for each task and for each group in order to find three different levels. The results showed that the profile of music and syntax skills was lower in the dysphasic group than in the other groups, and that there was no implicit learning at all in this first group. However, we were not able to show a difference in implicit learning or language skills between the control and musician groups. Thus, musical expertise does not provide better skills. Nevertheless, the three abilities studied are correlated, suggesting that they are related. In summary, our hypothesis is just partly verified : dysphasic children do have a lack of implicit learning associated to a disorder in musical and language syntax, however we cannot prove the effect of musical expertise in this study.

KEYWORDS

Dysphasia, musical expertise, implicit learning, syntactic processing, harmonic processing.

INTRODUCTION

1. L'hypothèse d'un déficit de la mémoire procédurale dans la dysphasie

La dysphasie est un Trouble Spécifique du Développement du Langage (TSDL) (Chevrie-Muller, 2007). Elle se définit comme un trouble structurel, persistant et durable de toutes les composantes du langage oral. Les classifications modernes distinguent trois types de dysphasies : réceptives, mixtes et expressives. Dans ces dernières, la compréhension est préservée, et la production du langage est touchée. On retrouve dans ces formes une atteinte de la syntaxe spécifique (Weinert, 1992) : les erreurs produites sont nombreuses et déviantes avec des traits d'agrammatisme, de dyssyntaxie, des erreurs de genre... Les syndromes dysphasiques sont généralement accompagnés de troubles associés (déficits de la coordination motrice, des troubles praxiques, une limitation de la mémoire à court terme, des troubles de la perception du rythme...). La fréquence d'atteinte d'autres domaines cognitifs que le langage dans la dysphasie a incité Ullman et Pierpont (2005) à parler de déficit non linguistique systématique dans cette pathologie.

Parmi les nombreuses hypothèses explicatives de la dysphasie, nous retiendrons celle d'Ullman et Pierpont (2005), de par les liens qu'elle permet de faire entre les troubles verbaux et non verbaux dans cette pathologie. En effet, l'hypothèse de déficit procédural (PDH) s'appuie sur le modèle de mémoire déclarative/mémoire procédurale (Ullman, 2004). La mémoire déclarative permet le stockage et l'utilisation consciente des connaissances des faits. A l'inverse, le système procédural assure l'apprentissage implicite et l'exécution de compétences cognitives et de séquences motrices, ainsi que l'intégration des régularités du monde extérieur selon un ensemble de règles inconscientes. Ces deux systèmes seraient impliqués dans le développement de nombreuses compétences, en particulier du langage. Celui-ci est ainsi composé d'un « lexique mental » (mémoire déclarative), et d'une « grammaire mentale » (mémoire procédurale), soutenant la morphologie, la syntaxe et la phonologie. Selon l'hypothèse PDH, les sujets dysphasiques présenteraient un déficit du système procédural et donc une atteinte de la « grammaire mentale ». Cette hypothèse permet d'expliquer les troubles atteignant le langage et de rendre compte des atteintes sur les fonctions cognitives non verbales. Les capacités d'apprentissage implicite seraient donc déficitaires chez ces enfants et engendreraient des troubles du développement du langage oral, et en particulier, des troubles syntaxiques.

2. Implication de l'apprentissage implicite dans le langage normal et pathologique

L'apprentissage implicite est une compétence qui ne dépend pas d'un domaine cognitif en particulier. Elle est abstraite et ne serait pas directement liée à la nature du stimulus (Evans et al., 2009). Nous sommes capables d'enregistrer implicitement une quantité impressionnante de connaissances via l'audition, la vision ou même par le toucher (Conway et Christiansen, 2005), grâce au traitement des informations séquentielles dans chacune de ces modalités. Le jeune enfant arrive rapidement à acquérir un langage

naturel et complexe alors qu'il n'a été exposé qu'à un ensemble fini d'exemples (Weinert, 1992). Grâce à l'apprentissage implicite, il exploite les régularités statistiques de la langue, les contraintes grammaticales et les structures syntaxiques, et les généralise afin d'intégrer les aspects formels du langage. Il peut construire les mots et les apprendre, en identifiant les sons et les frontières entre les mots, dans le flux de parole continue (Evans et al., 2009). Le lien est donc clairement établi entre la compétence d'apprentissage implicite et le bon développement du langage.

A partir de l'hypothèse d'un déficit d'apprentissage implicite associé à un trouble du développement du langage, des études ont porté sur diverses pathologies du langage, spécifiques ou consécutives à des troubles auditifs. Ainsi, une période de privation auditive chez des sujets sourds, bien que compensée par un implant cochléaire, aurait de réelles conséquences sur l'apprentissage implicite, avec des difficultés langagières persistantes (Conway, Pisoni et Kronenberger, 2009). Pour les enfants dysphasiques, Gopnik et Crago (1991) ont montré qu'ils présentaient des difficultés pour apprendre les règles de la syntaxe, du fait d'un apprentissage statistique naturel trop faible pour pouvoir généraliser les exemples en une règle abstraite.

De ce fait, de même que l'absence d'exposition à l'environnement sonore en début de vie pourrait expliquer des compétences langagières altérées, une exposition riche et répétée au monde sonore pourrait permettre le bon développement du langage. Ainsi, l'expertise musicale, grâce à ses compétences spécifiques liées au traitement séquentiel auditif et à l'apprentissage implicite, favoriserait le développement des compétences langagières. Cette hypothèse s'appuie sur des études suggérant des liens étroits entre le langage et la musique.

3. Relations entre Langage et Musique

Le langage et la musique sont des habiletés universelles et parallèles chez l'être humain. Tous deux ont une enveloppe rythmique et mélodique, avec un agencement d'éléments de base (note ou phonème), regroupés en éléments plus complexes (accord ou mot), puis arrangés en séquence (phrases musicale ou linguistique) (Lerdahl et Jackendoff, 1983 ; cités par Hoch, Tillmann et Poulin-Charronnat, 2008).

3.1. Des structures corticales et des ressources partagées

Des études en neuroimagerie ont pu montrer que des aires cérébrales, impliquées notamment dans le traitement de la syntaxe langagière et de l'harmonie (syntaxe musicale), se chevauchent anatomiquement (Koelsch, 2005). Etant donné leurs similarités, la Shared Syntactic Integration Ressource Hypothesis (SSIRH) proposée par Patel (2003) suggère que le langage et la musique partagent des ressources communes et un seul système d'intégration structurelle syntaxique (comme un système de mémoire de travail), mais qu'il y aurait deux systèmes de stockage des connaissances distincts (comme deux mémoires à long terme). Une telle hypothèse prédit qu'un déficit syntaxique partagé pour le langage et la musique peut exister. Pour confirmer cela, Koelsch, Gunter, Wittfoth et Sammler (2005) ont utilisé des tâches proposant simultanément des séquences linguistiques et musicales, contenant des violations de la syntaxe ou de l'harmonie. Une mesure des potentiels évoqués a permis de montrer une

onde LAN lors de la détection d'une incongruité syntaxique, alors qu'une onde ERAN est présente lors d'une violation de la structure musicale. Ainsi, lorsqu'une phrase erronée est proposée sur une mélodie erronée, alors les deux ondes apparaissent significativement moins étendues en amplitude. Cela va dans le sens de la SSIRH, car ces deux ondes seraient en compétition pour utiliser les ressources neuronales partagées.

3.2. Des troubles musicaux associés à des troubles langagiers

Les études montrant que des troubles de la perception et de la production musicale cohabitent avec des troubles langagiers suggèrent également l'existence d'un lien fort entre langage et musique. Jentschke, Koelsch, Sallat et Friederici (2008), par une étude électrophysiologique sur des sujets SLI de 4-5 ans, ont montré que les difficultés rencontrées par les enfants dysphasiques dans le traitement de la syntaxe linguistique se retrouvent aussi dans la syntaxe musicale.

Il est alors possible d'envisager qu'un entraînement musical puisse avoir un impact sur les habiletés langagières et ainsi confirmer le lien entre ces deux domaines.

3.3. Effet de la pratique musicale ou d'un entraînement musical sur le langage

L'effet de l'expertise musicale a pu être mesuré dans le domaine de la syntaxe langagière. Jentschke et Koelsch (2009) ont ainsi constaté que les enfants musiciens ont une meilleure perception des régularités de la syntaxe musicale et linguistique et une plus grande sensibilité aux violations de ces régularités, par rapport à des enfants tout-venant ne pratiquant pas la musique. Récemment, dans le domaine de la pathologie du langage, Serrebourg, Tournière, Frambourg et Donnadiou (2011) ont réalisé une étude afin d'évaluer l'effet d'un entraînement musical sur les compétences langagières de deux enfants dysphasiques. L'entraînement, portant sur les notions de hauteur, d'intensité et de rythme, a permis de mesurer des progrès significatifs dans les performances à des tâches morphosyntaxiques, et une amélioration dans les tâches de traitement phonologique et de mémoire.

Les liens entre compétence d'apprentissage implicite et langage, et entre langage et musique ont été mis en évidence par de nombreuses études. Or, les processus en jeu dans le traitement d'une information sonore, qu'elle soit musicale ou langagière, sont par nature séquentiels et dépendants de l'apprentissage implicite. Un lien entre musique et apprentissage implicite peut donc aussi être supposé. Les conclusions allant dans ce sens permettront par la suite d'affirmer la présence d'un rapport très étroit entre les compétences d'apprentissage implicite, le langage et la musique.

4. Des liens entre langage, musique et apprentissage implicite ?

4.1. Des compétences d'apprentissage implicite liées à la musique

La présence de connaissances implicites musicales chez des adultes et enfants semble confirmée, et ce, même sans formation musicale. Rohrmeier, Rebuschat et Cross (2011) ont montré qu'avec une simple exposition à des mélodies construites avec une grammaire artificielle, les participants arrivent à acquérir les structures grammaticales de mélodies non familières, notamment grâce à leurs capacités d'apprentissage implicite. Selon Tillmann, Bharucha et Bigand (2000), cette compétence serait donc une habileté générale présente chez tous les êtres humains avec ou sans formation musicale. Autant qu'une privation d'expérience sonore peut altérer le développement des compétences d'apprentissage implicite (Conway et al., 2009), l'expérience auditive ou musicale pourrait à l'inverse les améliorer (Schön et François, 2011). Marin (2009) a utilisé une tâche testant la capacité de détection d'accords irréguliers d'une séquence, en référence à sa structure harmonique de base, pour rendre compte des capacités d'apprentissage implicite d'enfants dans le domaine musical. Elle a montré qu'un entraînement musical précoce augmente la précision et la rapidité des réponses sur cette tâche.

La pratique de la musique ne serait donc pas indispensable au développement des compétences d'apprentissage implicite sur des stimuli musicaux mais elle pourrait néanmoins permettre d'accroître les performances dans ce domaine et dans celui du langage.

4.2. Quelques études sur les liens musique-langage-apprentissage implicite.

Dans une étude de Schön et François (2011), les participants devaient écouter un flux continu de syllabes chantées puis devaient choisir le mot qui leur paraissait le plus familier parmi deux (l'un étant construit comme les syllabes précédentes, l'autre non). Les sujets musiciens, ayant une meilleure perception de la familiarité, paraissaient avoir des représentations des structures linguistiques et musicales significativement plus « robustes ». L'expertise musicale semble donc être un atout majeur pour présenter de meilleures performances autant en musique qu'en langage ou en apprentissage implicite, prouvant ainsi les relations réciproques entre ces trois domaines. De même, Evans et al. (2009) ont proposé à des enfants dysphasiques et contrôles d'écouter un langage artificiel construit avec des non-mots trisyllabiques, puis un langage tonal, construit avec des notes de musique. Ensuite, parmi deux séquences présentées, on leur demandait laquelle leur paraissait la plus familière : l'une suivait la grammaire du langage écouté, l'autre non. Les performances ont été significativement plus basses chez les enfants dysphasiques pour repérer les régularités, autant pour le flux verbal que pour le flux musical. Les difficultés de ces enfants ne sont donc pas limitées aux sons de parole, et si le phénomène d'apprentissage implicite semble particulièrement robuste chez l'enfant typique, sa nature paraît fragile et inefficace chez l'enfant dysphasique.

5. But et hypothèses de l'étude

Ainsi, nous avons pu établir des liens entre les domaines de l'apprentissage implicite, du langage et de la musique. Cependant les liens n'ont été étudiés que partiellement à l'heure actuelle. L'objectif de cette étude est donc d'obtenir une vue d'ensemble du fonctionnement et des relations unissant ces trois domaines. Nous avons choisi d'explorer cela grâce à l'observation du fonctionnement d'enfants, les uns dysphasiques, et les autres pratiquant activement la musique. Notre étude s'est portée sur la syntaxe, compétence transversale aux trois domaines, qui s'acquiert grâce entre autres à l'apprentissage implicite et qui se retrouve dans le langage et la musique (harmonie).

Nous avançons l'hypothèse que les enfants dysphasiques présentent un déficit de la compétence d'apprentissage implicite lié à de faibles habiletés en traitement syntaxique et en traitement harmonique, au regard de la norme établie par les enfants tout-venant. Parallèlement, nous faisons l'hypothèse que les enfants pratiquant la musique présentent une meilleure compétence d'apprentissage implicite que la norme, en lien avec de bonnes capacités de traitement de la syntaxe linguistique et musicale.

MATERIEL ET METHODE

1. Présentation de la population

Trois groupes expérimentaux de 16 enfants chacun ont été constitués pour explorer les liens entre apprentissage implicite, langage et musique. Les performances d'un groupe d'enfants dysphasiques sur des tâches expérimentales ont ainsi été comparées à celles d'enfants musiciens, avec comme référence, les performances d'un groupe contrôle. Les enfants du groupe contrôle (GC) (9 garçons et 7 filles) ont une moyenne d'âge de 9 ans 7 mois (+/- 1.05). Ils ne présentent pas de pathologie du langage écrit ou oral, et n'ont jamais pratiqué la musique. Concernant le groupe Dysphasiques (GD), 16 enfants ont été retenus sur les 20 initialement recrutés (12 garçons et 4 filles). Ces enfants présentent tous une dysphasie expressive diagnostiquée, ne présentent pas d'autre pathologie cognitive importante et n'ont jamais pratiqué la musique. Le groupe présente une moyenne d'âge de 9 ans 6 mois (+/- 0.7). Le groupe d'enfants musiciens (GM) compte aussi 16 sujets retenus sur les 25 initialement recrutés (8 garçons et 8 filles) et a une moyenne d'âge de 9 ans 3 mois (+/- 1.18). Il s'agit d'enfants pratiquant la musique depuis trois ans 2 mois en moyenne, à raison de 2,8 heures par semaine. Ils ne présentant pas de pathologie du langage oral ou écrit.

Des tâches contrôles nous ont permis de constituer les groupes à partir de nos critères d'inclusion et d'exclusion, et de prévoir la faisabilité des tâches expérimentales pour les enfants sélectionnés (les compétences testées par les tâches contrôles pouvant entrer en jeu dans la réalisation des tâches expérimentales). L'objectif a été d'explorer rapidement les compétences des sujets : au niveau de l'expression et de la compréhension morphosyntaxiques, grâce aux épreuves « Compréhension » (désignation d'images sur phrase entendue) et « Productions d'Énoncés » (complétion d'énoncés) de la Batterie Evaluation du Langage Oral (Khomsi, 2001) ; au niveau de la mémoire à court terme auditivo-verbale, grâce aux épreuves d'empan endroit et envers de la Batterie Analytique

du Langage Ecrit (BALE, Jacquier-Roux, Lequette, Pouget, Valdois et Zorman, 2010) ; enfin, au niveau du raisonnement abstrait et du traitement de l'information visuelle, grâce à l'épreuve de Matrices analogiques du WISC-IV (Échelle d'intelligence de Wechsler pour enfants et adolescents, Wechsler, 2005).

Concernant l'appariement des groupes sur ces tâches contrôles (analyses de la variance sur les résultats), les trois groupes sont appariés au niveau de l'âge chronologique. En revanche, les profils des groupes contrôle et musiciens sont similaires sur les tâches langagières, et sont supérieurs à celui du groupe dysphasique. Les groupes ne sont pas appariés sur la mémoire à court terme auditivo-verbale et la mémoire de travail. En effet, les trois groupes de sujets ont des tailles d'empan différentes avec notamment un profil beaucoup plus chuté que les deux autres groupes pour les enfants dysphasiques. Les performances des groupes sont différentes sur l'épreuve des Matrices avec un meilleur profil pour les musiciens que pour les contrôles, eux-mêmes meilleurs que les dysphasiques sur cette tâche.

2. Protocole expérimental

2.1. Présentation des tâches expérimentales

2.1.1. Les tâches d'apprentissage implicite séquentiel

Pour mesurer la capacité d'apprentissage implicite, deux tâches de rappel sériel immédiat de séquences de couleurs (modalité visuelle) ou de sons (modalité auditive) ont été construites, à partir du logiciel EPrime 2.0. Elles sont issues des travaux de Conway, Pisoni, Anaya, Karpicke et Henning (2010). Dans une première phase d'apprentissage, le sujet est exposé à un ensemble de séquences construites grâce à une grammaire artificielle. Il doit reproduire 16 séquences d'items dans l'ordre dans lequel ils lui ont été présentés. Dans une seconde phase test, sans que le sujet ne soit informé du changement, on lui présente 24 séquences dont la moitié correspond à la grammaire artificielle, et dont l'autre moitié est constituée des séquences agrammaticales. Un apprentissage implicite est constaté si, dans la phase test, le nombre de bonnes reproductions de séquences est meilleur pour les séquences grammaticales que pour les séquences agrammaticales. Cette observation témoigne de la capacité de généralisation de la règle à de nouvelles séquences. Deux grammaires (A et B) ont ainsi été construites (référéncées dans l'article de Conway et al., 2010). Les tâches d'apprentissage implicite sont composées de 40 séquences au total, de 3, 4 ou 5 items chacune.

Pour la tâche d'apprentissage implicite visuel (AIV), les séquences présentées sur l'écran tactile sont composées de carrés de quatre couleurs différentes (rouge, jaune, vert, bleu), qui apparaissent successivement dans un ordre donné. L'enfant doit être attentif à la séquence présentée et la reproduire à l'identique, en appuyant directement sur l'écran tactile pour entrer sa réponse (cf. Annexe 1). Trois essais sont proposés.

Pour la tâche d'apprentissage implicite auditif (AIA), on propose tout d'abord un exercice de reconnaissance court, sur Microsoft PowerPoint, où l'enfant doit désigner l'image de l'animal qu'il entend, parmi les quatre présentées dans la tâche expérimentale. La construction de la tâche d'apprentissage implicite auditif est similaire à la précédente.

Cependant, les stimuli sont des bruits d'animaux familiers (chien, chat, oiseau, cochon) présentés séquentiellement via un casque audio. L'écran de rappel tactile est composé de 4 images d'animaux correspondant aux pistes audio. Il est demandé à l'enfant de bien écouter puis de redonner les cris successifs des animaux dans l'ordre dans lequel il les a entendus en appuyant sur les photos correspondantes (cf. Annexe 2).

2.1.2. La tâche de traitement syntaxique (Synt)

Cette tâche, inspirée de Przybylski et al. (sous presse), consiste à mesurer l'habileté de traitement de la syntaxe linguistique, à travers le jugement de phrases syntaxiquement correctes ou incorrectes. 96 séquences sont composées de structures simples de type sujet-verbe-complément. La moitié sont des phrases « syntaxiquement correctes » ; l'autre moitié des phrases « syntaxiquement incorrectes ». On retrouve trois types d'erreurs possibles : 1) des erreurs sur le genre du mot, affectant le groupe nominal (ex : la lapin court dans l'herbe) ; 2) des erreurs sur le nombre du mot, affectant le groupe verbal (ex : l'enfant ont entendu une belle histoire) ; 3) des erreurs sur le choix de la personne dans la conjugaison, affectant le groupe verbal (ex : les baguettes sommes en bois). A l'aide du logiciel SuperLab Pro, les sujets écoutent 24 séquences correctes et 24 séquences incorrectes, provenant de l'une des deux listes construites (liste A ou liste B) qui leur est attribuée. Ils doivent évaluer la grammaticalité de chaque phrase. Six exemples sont proposés avec un feedback de l'expérimentateur et des appréciations portées à l'écran de l'ordinateur. Les performances des sujets en termes de traitement syntaxique sont mesurées par le nombre de bonnes réponses données, exemples exclus.

2.1.3. La tâche de traitement harmonique (Harm)

Cette tâche, proche de la tâche syntaxique et inspirée des travaux de Koelsch, Fritz, Schulze, Alsop et Schlaug (2005), permet d'évaluer l'habileté à percevoir des séquences musicales harmoniquement correctes ou incorrectes en indiquant si le dernier accord « sonne juste » ou « faux ». Les stimuli utilisés sont un ensemble de 46 séquences de cinq accords jouées avec un timbre de piano. Ces séquences sont construites par le logiciel Finale 2005b, et à partir de la transposition de deux séquences de base, dans 12 tonalités différentes. Parmi les 46 séquences d'accords ainsi construites, 23 séquences correspondent à une suite d'accords dont le cinquième accord est régulier (tonique), et pour les 23 autres, le cinquième accord est irrégulier (mineur subdominant) pour les 12 tonalités (référéncées dans Koelsch et al., 2005). A partir du logiciel SuperLab Pro, l'enfant écoute quatre exemples pour s'entraîner, puis doit dire si oui ou non, le pianiste qu'il entend a bien joué ou alors s'il a fait une fausse note à la fin. Les performances des sujets en termes de traitement harmonique sont mesurées par le nombre de bonnes réponses données, exemples exclus.

2.2. Procédure générale

Le cadre expérimental de cette étude est le même pour tous les sujets. Chaque sujet est vu lors de deux rendez-vous distincts. Le premier (25 à 35 minutes) permet d'administrer les tâches contrôles et d'inclure ou non le sujet dans la suite du protocole. Le second rendez-vous (environ une heure) permet de présenter les tâches expérimentales, et ce dans un

ordre différent pour chaque sujet du groupe. Un ou deux expérimentateurs se rendent au domicile de l'enfant, dans son école ou au cabinet de son orthophoniste.

2.3. Prédictions

D'un point de vue opérationnel, nous nous attendons à ce que : 1) dans les tâches d'apprentissage implicite auditif et visuel, les enfants dysphasiques ne présentent pas d'apprentissage implicite, contrairement aux enfants contrôles et musiciens. Les enfants musiciens devraient avoir un nombre de séquences grammaticales bien rappelées plus important que celui des enfants contrôles, témoignant d'un meilleur apprentissage implicite. 2) Nous nous attendons à ce que les enfants dysphasiques présentent un moins bon profil que les enfants contrôles dans les tâches de traitement de la syntaxe linguistique et musicale, eux-mêmes présentant un moins bon niveau que les enfants musiciens. 3) Si les deux hypothèses opérationnelles précédentes se trouvent avérées, nous pourrions mettre en évidence des corrélations entre les performances mesurées à toutes les tâches pour chacun des trois groupes : de faibles performances devraient alors s'observer dans les tâches d'apprentissage implicite associées à de faibles performances aux tâches de traitement de la syntaxe langagière et musicale tandis que de bonnes performances dans un domaine devraient se retrouver dans les autres tâches.

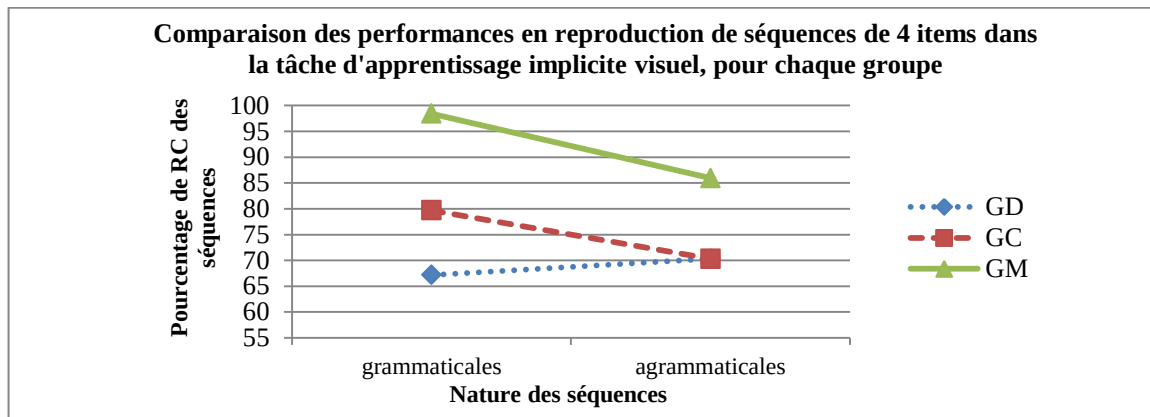
RESULTATS

1. Evaluation des compétences en apprentissage implicite

Le taux de reproductions correctes (Rc) des séquences durant la phase test a constitué la mesure de l'apprentissage implicite pour les modalités visuelle et auditive.

Dans un premier temps, des analyses statistiques ont été effectuées sur les séquences de 3, 4 et 5 items. Or l'empan des enfants dysphasiques étant inférieur à 5, les résultats n'étaient pas intéressants, puisque ces tâches sont très liées à la capacité de l'empan. Des analyses sur les séquences de 3 et 4 items ont été effectuées, ne permettant pas de faire ressortir d'effets (à cause d'un effet plafond pour les séquences de 3 items ?). Nous avons donc uniquement conservé les résultats des analyses sur les séquences de 4 items, semblant légèrement plus sensibles aux effets. Une ANOVA avec comme facteur inter-sujet le Groupe (GD/GC/GM), et comme facteur intra-sujet la Grammaire (grammaticale, agrammaticale) a été réalisée sur les moyennes des taux de réussite. Pour cette analyse ainsi que pour les suivantes, nous avons établi le seuil de significativité à $p = 0,05$.

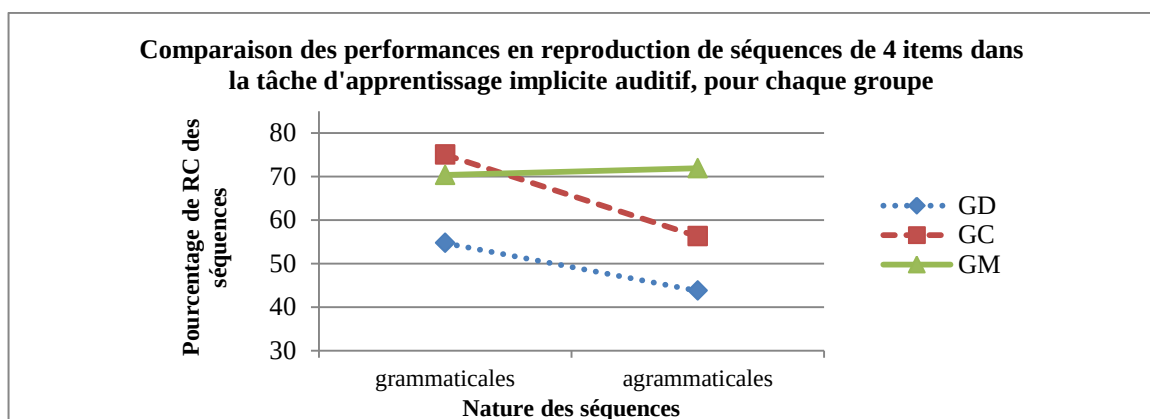
1.1. Résultats à la tâche d'apprentissage implicite visuel (AIV)



Graphique 1. Courbes des moyennes des pourcentages de reproductions correctes des séquences de 4 items, selon la nature de la séquence lors de la phase test de la tâche d'apprentissage implicite visuel, pour GD, GC et GM

Nous constatons un effet du groupe [$F(2,45) = 5.67$, $p < .05$], mais pas d'effet de la grammaire [$F(1,45) = 2.84$, NS]. L'interaction Grammaire X Groupe n'est pas significative [$F(2,45) = 1.66$, NS]. Les performances des trois groupes sont donc significativement différentes sur les séquences de 4 items. Les comparaisons planifiées révèlent tout d'abord qu'il n'y a pas de différence significative entre les séquences grammaticales et agrammaticales [$F(1,45) = 0.24$, NS] pour les sujets dysphasiques, ce groupe ne présente donc pas d'effet d'apprentissage implicite, comme attendu. Contrairement à notre hypothèse, le groupe contrôle ne présente pas non plus d'effet d'apprentissage [$F(1,45) = 2.13$, NS]. En revanche, un effet d'apprentissage tendanciel est présent pour le groupe Musiciens [$F(1,45) = 3.79$, $p = 0.058$].

1.2. Résultats à la tâche d'apprentissage implicite auditif (AIA)



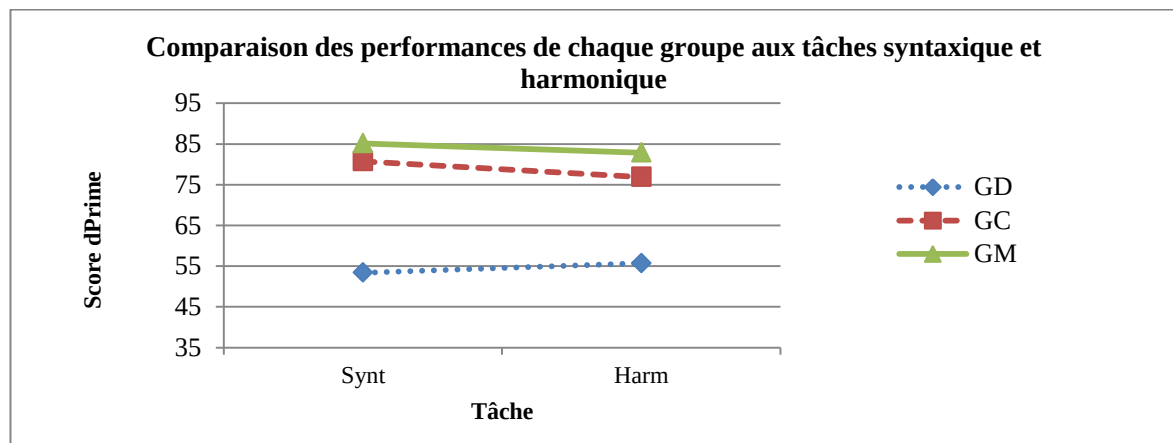
Graphique 2. Courbes des moyennes des pourcentages de reproductions correctes des séquences de 4 items, selon la nature de la séquence lors de la phase test de la tâche d'apprentissage implicite auditif, pour GD, GC et GM

Nous notons une tendance à l'effet du groupe [$F(2,45) = 2.72$, $p = 0,08$], ainsi qu'une tendance à l'effet de la grammaire [$F(1,45) = 3.71$, $p = 0,06$]. L'interaction Groupe X

Grammaire n'est pas significative [$F(2,45) = 1.48$, NS]. Les groupes semblent donc présenter des performances relativement différentes à cette tâche sur les séquences de 4 items. Les séquences agrammaticales semblent plus difficiles à rappeler que les séquences grammaticales sur l'ensemble des groupes. Les comparaisons planifiées montrent qu'il n'y a pas de différence significative entre les séquences grammaticales et agrammaticales pour le groupe Dysphasiques [$F(1,45) = 1.68$, NS]. Comme cela était attendu, l'effet d'apprentissage implicite n'est donc pas présent pour ce groupe. L'effet d'apprentissage est également absent pour le groupe Musiciens [$F(1,45) = 0.03$, NS], contrairement aux hypothèses. Une différence significative est en revanche présente entre les séquences grammaticales et les séquences agrammaticales pour le groupe contrôle [$F(1,45) = 4.95$, $p < .05$], ce qui témoignerait de la présence d'un apprentissage implicite.

2. Evaluation des compétences syntaxiques et harmoniques

Pour mesurer les habiletés de traitement syntaxique et harmonique, un score dPrime a été calculé en soustrayant le pourcentage de fausses détections (c'est-à-dire une phrase agrammaticale pour laquelle le sujet aurait répondu qu'elle était correcte) au pourcentage de détections correctes (une phrase grammaticale considérée comme correcte par le sujet). Une ANOVA, avec le facteur inter-sujet Groupe et le facteur Tâche en intra-sujet, nous permet de comparer les performances des trois groupes dans les deux tâches.



Graphique 3. Courbes des moyennes des pourcentages des scores dPrime à la tâche syntaxique et à la tâche harmonique, pour GD, GC et GM

Nous observons un effet de groupe [$F(2,45) = 16.07$, $p < .05$]. Les performances sont donc significativement différentes d'un groupe à l'autre. De plus, nous ne constatons pas d'effet de la tâche [$F(1,45) = 0.14$, NS], ce qui montre que les deux tâches étaient de difficulté équivalente. L'interaction Tâche X Groupe [$F(2,45) = 0.29$, NS] n'est pas significative, indiquant que, quel que soit le groupe, les performances dans chacune des tâches ne sont pas suffisamment différentes pour les distinguer. Les comparaisons planifiées réalisées pour la tâche syntaxique montrent qu'il y a une différence significative entre les performances des enfants dysphasiques et des enfants contrôles [$F(1,45) = 18.90$, $p < .05$], mais qu'il n'y en a pas entre les enfants contrôles et les enfants musiciens [$F(1,45) = 0.5$, NS]. Pour la tâche musicale, nous remarquons une différence significative entre les enfants dysphasiques et les enfants contrôles [$F(1,45) = 7.83$, $p < .05$]. Concernant les enfants contrôles et les enfants musiciens, aucune différence significative n'est à noter [$F(1,45) = 0.62$, NS].

3. Présentation des corrélations obtenues

Un coefficient de corrélation a été calculé pour évaluer l'importance du lien entre les différentes tâches. Le calcul du p permet de définir si cette corrélation est significative.

Comme présenté dans le tableau 1 ci-dessous, toutes les corrélations entre les tâches expérimentales s'avèrent positives et significatives.

Tableau 1. Valeurs des corrélations obtenues entre les épreuves contrôles et les tâches expérimentales

	AIV	AIA	Synt	Harm
AIV		r=.4004 p<.05 *	r = .5094 p<.05 *	r = .4740 p<.05 *
AIA			r = .4436 p<.05 *	r = .4283 p<.05 *
Synt				r = .4947 p<.05 *
Harm				

Les chiffres contenant un astérisque représentent les corrélations significatives.

DISCUSSION

1. Discussion des résultats

1.1. L'apprentissage implicite : une compétence déficitaire chez les enfants dysphasiques, et particulièrement robuste chez les enfants musiciens ?

Les résultats de cette étude ont montré que les enfants dysphasiques n'ont jamais fait preuve d'apprentissage implicite dans les tâches proposées, que cela soit en modalité visuelle ou auditive. Ces résultats vont donc dans le sens de notre hypothèse, et des travaux d'Evans et al. (2009) selon lesquels les enfants dysphasiques présenteraient un déficit de la capacité d'apprentissage implicite. Néanmoins, il aurait fallu que le groupe contrôle ait présenté cette compétence durant les expérimentations pour que nous puissions la comparer aux résultats du groupe Dysphasiques. De ce fait, nous ne pouvons pas assurer que l'apprentissage implicite qui n'est pas constaté dans ce groupe est bien une défaillance qui lui est spécifique et n'est pas dû à d'autres facteurs ayant pu influencer les résultats (taille de l'empan réduite, difficultés à reproduire les séquences...).

De plus, les résultats n'ont pas permis de montrer que la compétence d'apprentissage implicite serait plus solide chez les enfants musiciens que chez les enfants contrôles, étant donné que l'apprentissage n'est pas apparu de manière tranchée pour les deux groupes. Cette absence de différence entre les deux groupes peut être expliquée de plusieurs façons. Tout d'abord, un effet plafond (séquences de 3 et 4 items trop faciles à rappeler

pour les groupes contrôles et musiciens) pourrait expliquer que les analyses statistiques n'ont pas permis de laisser transparaître un effet quelconque de la grammaire. De plus, les groupes n'étant pas bien appariés par rapport aux tâches contrôles, cela a pu aussi avoir une influence.

Le choix d'une tâche expérimentale moins dépendante des capacités cognitives (mémoire, attention...) aurait peut-être permis de faire ressortir de meilleurs résultats. La tâche proposée par Evans et al. (2009) pour tester l'apprentissage implicite aurait donc pu être reprise, puisque elle demande moins de ressources cognitives : on propose à l'enfant, passif, un « bain de langage artificiel » basé sur une grammaire artificielle pendant plusieurs minutes, puis une épreuve pour évaluer la reconnaissance de mots artificiels appartenant à la grammaire écoutée préalablement.

Il n'est donc pas possible de faire ressortir trois groupes de niveaux différents sur cette compétence. Notre hypothèse est donc invalidée.

1.2. Dans le traitement syntaxique et harmonique, peut-on voir émerger trois groupes de niveaux différents ?

Dans un premier temps, les résultats montrent que les enfants dysphasiques ont un niveau inférieur à celui des enfants contrôles et musiciens sur les tâches de traitement syntaxique et harmonique, comme nous en avons fait l'hypothèse. Ainsi, dans le domaine syntaxique, les enfants dysphasiques semblent avoir des difficultés à repérer des erreurs dans des phrases simples puisque les marques grammaticales ne sont pas correctement construites du fait de leur pathologie du langage (cf. étude de Weinert, 1992). De plus, Jentschke et al. (2008) ont prouvé que les enfants dysphasiques, au-delà de difficultés en traitement de la syntaxe linguistique, traitent aussi moins efficacement la syntaxe musicale. Les résultats de notre étude corroborent donc ceux d'études antérieures.

Mais ces résultats doivent être nuancés puisque les performances enregistrées ici pourraient dépendre d'autres facteurs que celui du niveau de traitement syntaxique et harmonique. En effet, les résultats des sujets dysphasiques aux tâches syntaxique et harmonique ont pu être influencés par leurs faibles capacités en mémoire à court terme, mémoire de travail, raisonnement abstrait et traitement de l'information visuelle. Ainsi, ils ont montré de faibles performances sur les empan endroit/envers et Matrices.

Dans un second temps, contrairement à l'hypothèse de départ, ainsi qu'aux travaux de Jentschke et Koelsch (2009), les enfants musiciens ne présentent pas un profil supérieur à celui des enfants contrôles sur les tâches de traitement syntaxique et harmonique. Plusieurs raisons peuvent être évoquées pour expliquer ces résultats. Tout d'abord, l'échantillon sélectionné étant peu important, il est possible que les effets attendus aient été gommés. Il est aussi probable que la mesure comportementale proposée dans ces tâches ne soit pas aussi précise qu'une mesure électrophysiologique comme dans l'étude de Jentschke et Koelsch (2009). Concernant la tâche syntaxique, le matériel constitué de phrases était certainement trop simple pour des enfants de cet âge-là, rendant donc impossible toute différenciation entre les performances des groupes musiciens et contrôles. Concernant la tâche harmonique, l'absence de différence de performance entre les deux groupes peut être expliquée par l'existence de connaissances musicales

implicites chez les enfants tout-venant, y compris chez les sujets n'ayant jamais pratiqué la musique, comme l'ont démontré de nombreux auteurs (Rohrmeier et al., 2011 ; Tillmann et al., 2000).

Cette hypothèse est donc partiellement validée : les enfants dysphasiques présentent en effet de moins bonnes performances par rapport au groupe contrôle, mais les enfants contrôles et les enfants musiciens présentent, eux, des performances similaires.

1.3. Peut-on établir un lien entre toutes les compétences testées dans cette expérimentation ?

Les corrélations significatives entre l'ensemble des tâches expérimentales pourraient témoigner de l'existence d'un lien fort entre apprentissage implicite, traitement syntaxique et traitement harmonique, tout comme des études l'ont déjà suggéré. Mais notre dernière hypothèse ne peut être validée étant donné que les deux premières hypothèses n'ont pu être entièrement validées. De plus, ces corrélations étant toutes significatives, on peut soupçonner qu'un niveau global de performance aurait pu rentrer en jeu et aurait influencé la performance des sujets, tout en gommant les effets attendus. En effet, ces tâches requièrent une grande attention de la part des sujets tout au long du protocole, et la mise en place de ressources cognitives importantes.

Les trois profils que nous voulions mettre en avant n'ont pu ressortir de manière franche. Les enfants dysphasiques ont globalement présenté des performances en-deçà de celles des enfants contrôles pour l'ensemble des tâches, suggérant bien l'existence d'un lien entre les trois domaines étudiés. Néanmoins, il s'agira de rester vigilant car l'analyse des résultats aux tâches d'apprentissage implicite a été difficile. Nous n'avons pas pu affirmer de manière certaine que cette compétence faisait défaut aux enfants dysphasiques à cause de leur fonctionnement cognitif et non à cause d'un biais expérimental. De plus, contrairement à notre hypothèse de départ, les enfants musiciens ne présentent pas de meilleures performances que les enfants contrôles concernant les trois domaines testés.

Il n'est donc pas possible de confirmer de manière significative l'existence de liens entre les trois domaines faisant l'objet de cette étude. Néanmoins, leurs relations s'esquissent à travers nos résultats.

2. Discussion de la méthode

Les résultats ne correspondant pas aux prédictions, il est nécessaire de se questionner sur la méthode utilisée pour cette étude. Tout d'abord, les tâches expérimentales étant cognitivement très coûteuses, cela a pu être source d'erreurs de la part des sujets durant des moments d'inattention. De plus, une population mieux appariée aurait certainement permis de faire ressortir de meilleures conclusions : il serait intéressant d'apparier les sujets, non pas sur l'âge, mais sur les résultats aux empan et aux Matrices. De plus, pour la population dysphasique en particulier, l'échantillon retenu était très hétérogène et de nombreux troubles associés ont été constatés (trouble visuo-spatial, troubles attentionnels non diagnostiqués...), rentrant probablement en jeu dans la réalisation des tâches. Enfin, un échantillon plus grand aurait pu aussi permettre d'obtenir des effets plus marqués.

CONCLUSION

Les conclusions de cette étude permettent difficilement d'aboutir à l'existence d'un lien entre l'apprentissage implicite, les habiletés syntaxiques en langage et en musique. En effet, concernant les tâches d'apprentissage implicite, les performances des enfants dysphasiques ne témoignent pas de la présence d'un apprentissage. Cela confirme ce à quoi nous nous attendions, mais les résultats des autres groupes ne sont pas concordants d'une modalité à l'autre (visuelle ou auditive), ce qui rend l'interprétation compliquée. Dans les domaines de la syntaxe et de l'harmonie, les performances enregistrées pour les enfants dysphasiques permettent bien d'affirmer qu'ils ont un niveau inférieur aux groupes contrôle et Musiciens, ayant eux des performances similaires contrairement à ce qui était attendu. Les profils de chaque groupe obtenus lors de l'expérimentation ne correspondent pas à ceux que nous avons espéré dégager. Ils ne permettent donc pas de statuer clairement sur l'existence d'un lien entre les trois domaines étudiés, même si les tâches expérimentales semblaient corrélées, et qu'un profil plutôt déficitaire se dessinait pour les enfants dysphasiques. Ainsi, la méthodologie utilisée dans cette étude pourrait être adaptée pour affirmer et caractériser plus précisément, par la suite, l'intrication de ces trois domaines. A long terme, les avancées dans ces recherches permettraient de mieux comprendre le fonctionnement de la cognition humaine et d'envisager des pistes de remédiation pour les troubles du langage en améliorant la capacité d'apprentissage implicite et les habiletés langagières déficitaires grâce à des stimulations de type musical, la musique semblant avoir un potentiel énorme dans le domaine de l'intervention orthophonique.

BIBLIOGRAPHIE

Chevrie-Muller, C. (2007). Troubles spécifiques du développement du langage (TSDL). « Dysphasies de développement ». Dans Chevrier-Muller, C., et Narbona, J. (Dir.), *Le langage de l'enfant* (p. 263-291). Issy-les-Moulineaux : Editions Elsevier-Masson (1ère éd. 1996).

Conway, C., et Christiansen, M. (2005). Modality-constrained Statistical Learning of Tactile, Visual, and Auditory sequences. *Journal of Experimental Psychology : Learning, Memory, and Cognition*, 21 (1), 24-39.

Conway, C., Pisoni D., et Kronenberger W. (2009). The Importance of Sound for Cognitive Sequencing Abilities. The Auditory Scaffolding Hypothesis. *Current Directions in Psychological Science*, 18 (5), 275-279.

Conway, C., Pisoni, D., Anaya, E., Karpicke, J., et Henning, S. (2010). Implicit sequence learning in deaf children with cochlear implants. *Developmental Science*, 14 (1), 1-14.

Evans, J., Saffran, J., et Robe-Torres, K. (2009). Statistical learning in children with specific language impairment. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 52, 321-335.

Gopnik M., et Crago, M. (1991). Familial aggregation of a developmental language disorder. *Cognition*, 39, 1-50.

- Hoch, L., Tillmann, B., et Poulin-Charronnat, B. (2008). Musique, syntaxe et sémantique: des ressources d'intégration structurale et temporelle partagées ? *Revue de neuropsychologie*, 18 (1-2), 33-59.
- Jacquier-Roux, M., Lequette, C., Pouget, G., Valdois, S., et Zorman, M. (2010). *Batterie Analytique du Langage Ecrit (BALE)*. Grenoble : CogniSciences.
- Jentschke, S., Koelsch, S., Sallat, S., et Friederici, A.D. (2008). Children with Specific Language Impairment Also Show Impairment of Music-syntactic Processing. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 20 (11), 1940-1951
- Jentschke, S., et Koelsch, S. (2009). Musical training modulates the development of syntax processing in children. *Neuroimage*, 47, 735-744.
- Khomsi, A. (2001). *Évaluation du langage oral (ELO)*. Paris : Éditions du Centre de psychologie appliquée.
- Koelsch, S. (2005). Neural substrates of processing syntax and semantics in music. *Current Opinion in Neurobiology*, 15, 207-212.
- Koelsch, S., Fritz, T., Schulze, K., Alsop, D. et Schaulg, G. (2005). Adults and children processing music : A fMRI study. *NeuroImage* 25 (4), 1068-1076.
- Marin, M.M. (2009). Effects of Early Musical Training on Musical and Linguistic Syntactic Abilities. The Neurosciences and Music III - Disorders and Plasticity. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1169, 187–190.
- Miranda, R., et Ullman, M. (2007). Double dissociation between rules and memory in music: an event-related potential study. *NeuroImage*, 38 (2), 1-15.
- Patel, A.D. (2003). Language, music, syntax and the brain. *Nature Neuroscience*, 6 (7), 674-681.
- Przybylski, L., Bedoin, N., Krifi-Papoz, S., Herbillon, V., Roch, D., Léculier, L., Kotz, S., et Tillmann, B. (sous presse). Rhythmic auditory stimulation influences syntactic processing in children with developmental language disorders. *Neuropsychology*.
- Rohrmeier, M., Rebuschat, P., et Cross, I. (2011). Incidental and online learning of melodic structure. *Consciousness and Cognition*, 20 (2), 214–222.
- Schön, D., et Francois, C. (2011). Musical expertise and statistical learning of musical and linguistic structures. *Frontiers in Psychology*, 2 (167), 1-9.
- Serreboubée, C., Tournière, S., Frambourg, S. et Donnadieu, 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.
- Tillmann, B., Bharucha, J., et Bigand, E. (2000). Implicit learning of tonality: a self-organized approach. *Psychological Review*, 107, 885-913.

Ullman, M. (2004). Contributions of memory circuits to language: the declarative/procedural model. *Cognition*, 92, 231-270.

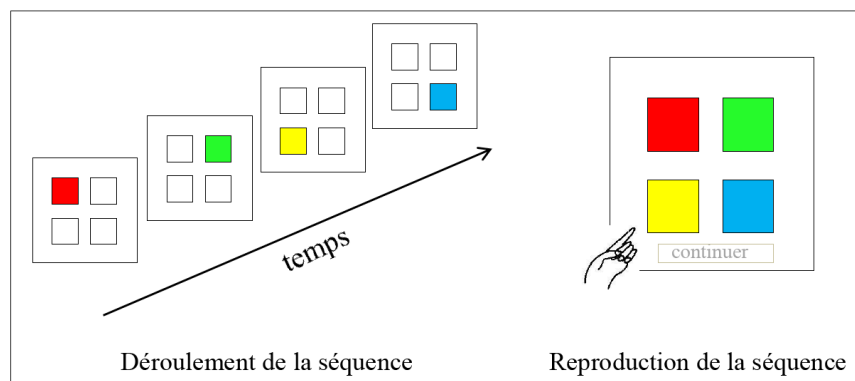
Ullman, M., et Pierpont, E. (2005). Specific language impairment is not specific to language : the procedural deficit hypothesis. *Cortex*, 41, 399-433.

Weinert, S. (1992). Deficits in acquiring language structure: the importance of using prosodic cues. *Applied Cognitive Psychology*, 6, 545-571.

Wechsler, D. (2005). *Échelle d'intelligence de Wechsler pour enfants et adolescents. Quatrième version*. Paris : Éditions du Centre de psychologie appliquée.

ANNEXES

1. Schéma du déroulement de la tâche d'apprentissage implicite visuel



2. Schéma du déroulement de la tâche d'apprentissage implicite auditif

