

Université de Montréal

**Agrammatisme : effet potentiel d'un entraînement musical sur le traitement
syntaxique**

par Julie Rivard

Département de linguistique et de traduction, Faculté des arts et des sciences

Mémoire présenté à la Faculté des études supérieures en vue de l'obtention du grade de
maîtrise ès arts en Linguistique

Août, 2013

© Julie Rivard, 2013

RÉSUMÉ

Le présent mémoire vise à unifier les résultats d'études comportementales, neuropsychologiques et électrophysiologiques disponibles quant à la possibilité d'un partage des ressources neuronales dédiées au traitement du langage et de la musique. Pour ce faire, une analyse théorique précise des aspects traités lors de l'intégration structurale et temporelle d'éléments langagiers ou musicaux en processus de traitement en temps réel est essentielle. Le but visé est de se questionner sur l'effet potentiel d'un entraînement musical et linguistique sur les capacités syntaxiques touchées dans l'agrammatisme chez la population aphasique (Broca).

Mots-clés : agrammatisme, aphasie de Broca, entraînement musical, musique, syntaxe, sémantique.

ABSTRACT

The present thesis aims at the unification of the results suggested by behavioral, neuropsychological and electrophysiological studies on the possible relation between neural correlates dedicated to treatment of language and music. To do this, a theoretical analysis of specific aspects processed in the structural and temporal integration of linguistic or musical elements when being processed on-line is essential. Our goal is to question whether a musical training would benefit the aphasic population (Broca) with agrammatism, especially on processing syntactic structures.

Keywords : agrammatism, Broca's aphasia, musical training, music, syntax, semantic.

Table des matières

REMERCIEMENTS.....	v
LISTE DES ABRÉVIATIONS	vii
NOTE AU LECTEUR	ix
INTRODUCTION GÉNÉRALE.....	1
Chapitre 1.....	3
1. Notions préliminaires	3
1.1. Aphasie de Broca	3
1.1.1. Localisation et implications cliniques	3
1.1.2. Agrammatisme : le terme et le déficit en soi.....	4
1.2. Syntaxe.....	6
1.2.1. Représentation en arbre et mouvement syntaxique.....	6
1.2.2. Structures syntaxiques touchées dans l'aphasie de Broca	7
1.3. Système tonal occidental	7
1.3.1. Tonalité	7
1.3.2. Rythme	9
2. Causes possibles des déficits linguistiques observés dans l'agrammatisme ...	10
2.1. Fréquence	10
2.2. Adaptation cognitive au contexte	11
2.3. Complexité.....	14
2.3.1. Déficit au niveau du traitement des morphèmes grammaticaux.....	14
2.3.2. Le rôle majeur de la structure syntaxique dans la définition de la complexité.....	15
3. Principales théories et hypothèses explicatives	17
3.1. Déficit au niveau des représentations (structural/abstrait)	17
3.1.1. Trace Deletion Hypothesis	17
3.1.2. Contre TDH : <i>Linear assignement</i>	19
3.1.3. Relative au centre d'une proposition (relative restrictive).....	20
3.1.4. Tree Pruning Hypothesis.....	20
3.1.5. Contre TPH : disponibilité des ressources cognitives.....	23
3.2. Déficit au niveau des processus cognitifs	23
3.2.1. Argument Structure Complexity Hypothesis (ASCH)	23
3.2.2. Derived Order Problem Hypothesis (DOP-H)	26
5. Piste de solution	27
5.1. Adaptation et complexité	27
Conclusion.....	29
Chapitre 2.....	30
Introduction	30
1.1. Ressemblances et différences des deux systèmes	31
1.1.1. Ressemblances.....	31

1.1.2. Différences.....	32
1.2. Rôle de la sémantique.....	33
1.3. Paradigme d’amorçage et méthodes d’investigation.....	36
1.3.1. Test d’amorçage en langage.....	36
1.3.2. Test d’amorçage en musique.....	37
1.3.3. Test d’amorçage en langage et en musique.....	37
1.3.4. Méthodes d’investigation: avantages et inconvénients.....	39
1.3.4.1. Études comportementales.....	39
1.3.4.2. Études en neuropsychologie.....	39
1.3.4.3. Études en électrophysiologie.....	39
1.4. Hypothèses.....	40
1.4.1 Modularité du traitement.....	42
1.4.1.1. Études comportementales.....	42
1.4.1.2. Études en neuropsychologie.....	45
1.4.1.3. Études en électrophysiologie.....	47
1.4.1.4. Latéralisation.....	47
Conclusion sur la modularité du traitement.....	48
1.4.2. Partage des ressources cognitives de traitement musical et linguistique.....	50
1.4.2.1. Études comportementales.....	50
1.4.2.2. Études en neuropsychologie et en électrophysiologie.....	51
1.4.3. Autres observations : mémoire de travail et processus attentionnels.....	55
Conclusion du chapitre 2.....	57
Conclusion.....	58
1. Transfert des compétences.....	58
1.1. Musique vers langage.....	58
1.2. Langage vers musique.....	59
2. Effet de l’entraînement cognitif.....	59
2.1. Effet des entraînements linguistiques en aphasie.....	60
2.2. Effet des entraînements musicaux sur le langage.....	60
2.3. Entraînement musical sur amusie.....	62
DISCUSSION GÉNÉRALE.....	63
Références.....	66

REMERCIEMENTS

Je tiens d'abord à remercier celui qui a permis que ce travail aboutisse : M. Daniel Valois. Merci Daniel pour ton expérience, ton soutien moral constant et ta capacité à allier exigence et plaisir. Si j'ai pu terminer ce mémoire sans trop d'égratignures, c'est en grande partie grâce à toi. Merci d'avoir cru en moi même lorsque je traversais des épreuves de vie difficiles, merci d'avoir investi ton temps, ton énergie, ta patience et surtout ta soif d'en comprendre plus sur la neurolinguistique. Merci d'avoir eu l'ouverture d'esprit de me laisser explorer la linguistique avec la touche musicale qui m'est si chère. Surtout, merci d'avoir voulu me corriger pendant l'été, j'apprécie grandement ta compréhension et ton amitié.

Un grand merci à Christine Tellier et à Rajendra Singh pour leur érudition, leur professionnalisme, leur rigueur intellectuelle et pour les discussions linguistiques combien enrichissantes qui m'ont permis d'en arriver à développer un esprit critique, et surtout, un amour de la linguistique.

Merci à Anna Zumbansen sans qui la découverte de ce sujet aurait été impossible. Merci à toi et Sylvie d'avoir eu confiance en mes compétences linguistiques pour l'élaboration de stimuli. Cette expérience a été le déclic qui me manquait pour trouver le sujet de ce mémoire. Merci surtout pour votre patience à toutes les deux.

Merci à Isabelle Peretz qui a su me communiquer sa passion et me transmettre un enseignement de qualité en neuropsychologie. Merci d'avoir su alimenter la flamme et de m'avoir permis de connaître le Brams.

Un merci tout spécial à Jaïmé Dubé d'avoir cru en moi et de m'avoir incité à assouvir mon besoin de curiosité intellectuelle par le partage de nombreux ouvrages, par l'apport de sa compréhension profonde de beaucoup de concepts autant philosophiques que linguistiques, qui, pour moi, seraient restés nébuleux sans les discussions partagées autour d'un café. Son

intelligence et ses opinions uniques m'ont été des plus précieuses pour développer un sens critique honnête.

Je ne pourrais taire mon affection particulière pour ma collègue et amie Anne Bertrand qui a su me guider et m'inspirer par son intelligence et sa sensibilité et qui m'a toujours rappelé à quel point n'est évidente que l'évidence...et même encore! Souvent, j'aurais voulu tenir pour acquises beaucoup de notions et Anne a toujours été là pour me rappeler le rôle d'un questionnement scientifique rigoureux. Surtout, merci d'avoir été toi, tout simplement, avec tes histoires, ton charme et ta candeur.

Bien entendu, que serais-je devenue sans le support constant de ma famille, sans leur patience à m'écouter parler de notions bien loin de leur réalité et surtout à m'encourager malgré tous les obstacles. Francine, Robert, Simon et Marilyn, je vous voue mon éternelle reconnaissance et mon affection la plus profonde.

À mes chers amis : Catherine, Edith, Myriam, Natja, Julie, Josiane, Marie-Pierre P., Nicolas C., Ève, Joseph, Marylène, Pascal, je ne saurais comment vous remercier d'avoir accepté que je sois une amie plutôt absente des soupers organisés! Merci d'avoir continué à m'aimer et à me supporter et de m'avoir permis de me détendre quand il le fallait, de me confier quand le besoin se faisait sentir, mais surtout de vivre des moments de pur bonheur en votre compagnie. Merci à Marie-Pier Gagné qui a bien voulu me corriger à prix modique, merci pour ton excellence, mais surtout pour ton amitié si précieuse à mes yeux.

Un merci tout spécial à celui qui partage mon quotidien, mes angoisses, mes interrogations, mes élans de passion et qui s'est intéressé à mon sujet presque autant que moi : Nicolas Coulombe, un énorme merci pour ton amour et ton humour.

LISTE DES ABRÉVIATIONS

Agr : Agreement (« accord »)

ASCH : Argument Structure Complexity Hypothesis

b : bémol

CP : proposition

DOP-H : Derived Order Problem Hypothesis (« hypothèse du problème de l'ordre dérivé »)

DP : déterminant phrase (« syntagme déterminant »)

eLAN : early left anterior negativity (« négativité antérieure temporale gauche »)

eRAN : early right anterior negativity (« négativité antérieure temporale droite »)

GB : Government and Binding (« Théorie du Gouvernement et Liage »)

GU : Grammaire Universelle

IP : Inflectional Phrase (« syntagme flexionnel »)

LA : Linear Assignment (« assignement linéaire »)

MLT : Mémoire à long terme

MMIT : Modified Melodic Intonation Treatment (« traitement par modification mélodique intonative »)

NP : Noun Phrase (« syntagme nominal »)

Op : opérateur logique

P600s : P600 sémantique

Qu- : mot interrogatif

SEVEH : Syntactically Enriched Verb Entry Hypothesis

SSIRH : Shared Syntactic Integration Ressource Hypothesis

SVO : sujet-verbe-objet

T : tense (« temps »)

TDH : Trace Deletion Hypothesis

TPH : Tree Pruning Hypothesis

TUF : Treatment of Underlying Form

VP : Verb Phrase (« syntagme verbal »)

NOTE AU LECTEUR

Le terme « on-line » se retrouve tout au long de ce mémoire. La traduction la plus adéquate trouvée est « en temps réel ». Cependant, aucun équivalent au terme « pitch » n'est utilisé dans aucun des travaux consultés, même ceux rédigés en français. Or, nous conserverons ce terme en anglais pour des fins d'unification théorique. De manière large, le pitch représente la hauteur tonale d'un son qui résonne à une fréquence particulière et qui est mesurable de manière acoustique. En musique, le pitch se réfère donc aux « notes ».

INTRODUCTION GÉNÉRALE

Le présent mémoire tentera de trouver des pistes explicatives sur l'interaction possible du traitement musical et linguistique sur le plan de la cognition. Le principal but est de vérifier s'il y a de fortes raisons de penser que l'on puisse observer un effet d'amélioration des performances syntaxiques de la population aphasique (Broca) suite à un entraînement musical et linguistique. Afin de nous assurer d'effectuer les bons liens théoriques, nous aborderons la littérature sur l'agrammatisme, ses manifestations cliniques et les théories actuelles pour expliquer les déficits du point de vue de la linguistique et/ou de la cognition. Le rôle de la sémantique dans le traitement linguistique devra être approfondi pour des raisons qui s'éclairciront tout au long de la lecture. Ensuite, le lien entre langage et musique sera exploré par le biais des résultats d'études comportementales, neuropsychologiques et électrophysiologiques selon les deux grandes hypothèses existantes: la modularité du traitement et le partage des ressources neuronales. Finalement, les résultats déjà obtenus sur l'effet des entraînements musicaux sur la cognition de manière globale et sur les performances linguistiques seront théoriquement reliés aux résultats sur l'entraînement linguistique des aphasiques afin d'émettre une hypothèse qui permettra une ouverture possible de recherche(s) future(s).

Je tiens à souligner que ce mémoire ne prétend en rien révolutionner le domaine de la neuropsychologie linguistique et musicale, mais vise plutôt la présentation d'un rapport critique. Nous espérons que celui-ci permettra de solliciter la curiosité et d'encourager l'approfondissement des questionnements sur un sujet tout à fait passionnant et d'actualité, et qui, surtout, pourrait permettre d'élaborer des outils concrets dans le domaine de l'intervention au sein de la population aphasique.

Afin de circonscrire le sujet, plusieurs aspects du langage, de la musique et des neurosciences ont été volontairement ignorés, bien que ceux-ci soient très intéressants et essentiels à l'étude de la musique et du langage dans l'optique de la neuroscience. Tel est le cas pour le rôle joué par le rythme en musique et l'accentuation en parole (Patel, 2008). La composante linguistique d'intérêt de ce mémoire est la syntaxe. La syntaxe musicale se définit principalement par la cohérence de la structure harmonique et des relations de pitch

(explications à venir dans la section 1.3.). Nous nous attarderons donc principalement sur ces notions.

La forme du mémoire a été conçue afin d'unifier linguistique, musique et neurosciences cognitives tout en isolant le plus possible les explications linguistiques et musicales pour éviter la confusion entre les deux systèmes. Par contre, étant donné la pluridisciplinarité du sujet, nous croyons que quelques notions préliminaires sont essentielles à la bonne compréhension des études rapportées, tant en linguistique qu'en musique.

Chapitre 1

1. Notions préliminaires

1.1. Aphasie de Broca

1.1.1. Localisation et implications cliniques

L'aphasie de Broca est un trouble du langage résultant d'une lésion au niveau de la région inféro-postérieure du lobe frontal, devant l'aire prémotrice. La région de Broca¹ (aires de Brodmann 44-45) a été identifiée à la suite de la découverte d'un patient lésé (publication des résultats du patient dans Broca (1861)) aux aires 44-45 qui présentait de graves problèmes en production de la parole². Généralement, la partie antérieure du gyrus frontal inférieur (aire 45) est associée à la sélection et à la manipulation d'items sémantiques (mémoire verbale). La partie postérieure est associée à la production (aspect moteur) et au traitement phonologique³ (aire 44). Les premières études effectuées sur des patients lésés dans cette région ne permettaient pas d'associer cette région cérébrale à la compréhension du langage. D'ailleurs, les problèmes de compréhension, jusqu'au XXe siècle, étaient très vite associés à l'aphasie de Wernicke⁴. L'évolution en imagerie cérébrale et le recensement de données empiriques (tirées des manifestations cliniques dissemblables) fournies par les performances de patients atteints d'aphasie de Broca ont permis d'observer qu'une lésion à l'aire de Broca n'entraîne pas uniquement un déficit de production. La découverte de difficultés au niveau de la compréhension (Caramazza & Zurif, 1976; Bastiaanse & van Zonneveld, 2006) a rendu essentielle l'exploration des déficits rencontrés par ces patients afin de tracer un portrait plus précis des impacts linguistique d'une aphasie de Broca.

¹ Région nommée en l'honneur du neurologue français Paul Broca qui fit la découverte du premier patient avec une aphasie non fluente.

² Il s'agit du célèbre patient Tan-Tan. Celui-ci n'avait plus accès au répertoire de phonèmes habituels et ne pouvait prononcer que « Tan ». La prosodie de ses énoncés était intacte et sa compréhension aussi.

³ Cette catégorisation est très générale et le rôle précis des régions postérieures et antérieures a été exploré en neuroimagerie par plusieurs études. Cependant, la localisation cérébrale précise n'est pas l'objet de ce mémoire. Or, nous nous limitons à une définition plus générale et généralement acceptée de tous.

⁴ L'aire de Wernicke est située sur le gyrus temporal supérieur (aire 22).

1.1.2. Agrammatisme : le terme et le déficit en soi

L'agrammatisme est un désordre morphosyntaxique traditionnellement reconnu dans le discours aphasique par l'omission ou la substitution erronée de morphèmes grammaticaux (flexion verbale, adjectivale et nominale), le style télégraphique, l'omission des mots fonctions (articles, prépositions, pronoms, conjonctions) et la prédominance des mots à contenu. Les aphasiques⁵ éprouvent des difficultés à produire et à comprendre les phrases syntaxiquement complexes⁶, utilisent beaucoup de stéréotypes et, selon certains auteurs, présentent une perturbation au niveau de l'ordre des mots (Bastiaanse, Koekkoek, van Zonneveld 2003; Bastiaanse et al. 2002)⁷. Bien qu'une définition de l'agrammatisme à partir des manifestations cliniques puisse être établie, Mounin souligne déjà en 1967 le caractère trop impressionniste de la définition classique. Ainsi, une analyse descriptive linguistique adéquate doit être effectuée. Par exemple, la plupart des premiers travaux sur l'aphasie de Broca permettent de faire ressortir le profil clinique classique d'un aphasique agrammatique sans pour autant répondre aux questions suivantes : Qu'est-ce que la « complexité » linguistique? Cette complexité réside-t-elle dans la morphologie ou dans la syntaxe? Comment se fait-il que les omissions concernent principalement les mots fonctions et n'affectent pas les mots à contenu? Comment évaluer la « fréquence » de certaines constructions syntaxiques dans un corpus? Par exemple, doit-on comptabiliser les mots en soi ou simplement les opérations syntaxiques rencontrées fréquemment? Ces questions ne constituent qu'une partie des problèmes que tentent de résoudre les théories subséquentes aux travaux pionniers en agrammatisme⁸. Afin de répondre à ces questions fondamentales, plusieurs auteurs ont utilisé une approche orientée par un cadre linguistique théorique, voire psycholinguistique, contrairement aux premières hypothèses qui

⁵ L'agrammatisme se manifeste surtout dans l'aphasie de Broca, l'aphasie de Wernicke n'est donc pas incluse ici.

⁶ La notion de complexité syntaxique sera largement traitée dans ce mémoire.

⁷ Ce dernier critère ne fait pas l'unanimité dans la littérature puisque ce comportement pourrait refléter le désir d'autocorrection des patients lorsqu'ils omettent des éléments de la phrase. En effet, le retour en arrière (autocorrection) affecterait l'ordre des mots attendu à la base (Caramazza & Hillis (1989)).

⁸ Les travaux pionniers sont ceux qui s'inscrivent dans l'aphasiologie « pure ». De la localisation cérébrale de Gall, en passant par Broca, plusieurs travaux ont permis de préciser les manifestations cliniques et les corrélats neurologiques associés, sans pour autant chercher une explication linguistique ou neurolinguistique.

s'inscrivaient dans un cadre aphasiologique pur⁹. Le domaine de la linguistique théorique est, selon nous, un outil essentiel pour la compréhension des différentes manifestations cliniques du déficit. En effet, la possibilité d'avoir accès à des corpus de données aphasiques permet la comparaison entre celles-ci et les données des sujets « normaux ». La théorie syntaxique permet de bien identifier la nature des structures problématiques. Étant donné qu'il est possible d'analyser les constructions syntaxiques problématiques pour les aphasiques, il est ainsi possible d'inférer que les aphasiques ne sont pas agrammatiques au sens littéral. En effet, le terme agrammatisme signifie qu'il y a absence (préfixe *a-*) **totale** de la capacité à produire ou à comprendre des énoncés grammaticaux. Dubois (*Français moderne*, I, 1965, p.22) et Lhermitte (*Revue du praticien*, II, 6, 1965, pp.2265-2266), entre autres, soulèvent le fait que le terme « agrammatisme » est inapproprié pour définir les analyses linguistiques structurales. On observe une grande variabilité interindividuelle et intra-individuelle de la manifestation du trouble aphasique. Par exemple, un même aphasique utilisera tôt ou tard une forme fléchie d'un verbe qu'il utilise majoritairement à l'infinifit (la description clinique classique indique qu'il y a **perte** de flexion). Or, le terme « agrammatisme » suggère plutôt une règle de « tout ou rien » selon laquelle le sujet atteint d'une aphasie ne possède *aucune* maîtrise de ses capacités grammaticales et le sujet « normal » les possède « toutes ». Aujourd'hui, il est évident que la variabilité est très grande dans les manifestations d'une aphasie de Broca. Cependant, bien que ce terme soit devenu inadéquat à un moment dans l'histoire où les théories linguistiques ont permis d'expliquer que les manifestations cliniques sont plus complexes qu'une simple perte de grammaticalité, le terme sera utilisé tout au long de cet article pour un besoin d'unification théorique. En effet, jusqu'à ce jour, le terme « agrammatisme » et les manifestations cliniques qui lui sont associées sont encore utilisés pour définir la dimension linguistique de l'aphasie de Broca. Nous utiliserons donc la définition classique du terme « agrammatisme » qui consiste en une description du recensement quantitatif et qualitatif des erreurs grammaticales produites par les sujets aphasiques et énumérées en début d'article. Par contre, il est important de comprendre l'évolution de la définition de ce terme

⁹ Par cadre aphasiologique pur, on entend une correspondance directe entre le type d'aphasie et les manifestations cliniques observées. Cette approche est principalement descriptive et ne tente pas d'expliquer comment ou quelles composantes des processus linguistiques sont altérées.

de manière diachronique et de l'adapter aux résultats trouvés dans les expériences (tant en linguistique qu'en neuropsychologie) qui seront exposées.

1.2. Syntaxe

L'étude de la syntaxe en linguistique permet de comprendre l'organisation hiérarchique des items lexicaux qui permet de regrouper ces mots en constituants, en syntagmes, puis en propositions grammaticales dans une langue donnée. L'étude de cette organisation hiérarchique permet de comprendre plus en profondeur les règles qui régissent le système. La grammaire générative (Chomsky, 1957) est la théorie syntaxique la plus répandue et celle qui s'est le plus penchée sur une tentative de représentation de la compétence linguistique d'un locuteur. À partir d'une couverture empirique exhaustive et d'une méthodologie rigoureuse qui s'apparente à celle des sciences dites « dures », la théorie générative tente de faire ressortir les règles universelles et spécifiques à une langue donnée (Chomsky, 1981). Pour ces raisons, la plupart des hypothèses qui seront présentées dans ce mémoire se baseront sur les principes de la grammaire générative.

1.2.1. Représentation en arbre et mouvement syntaxique

Il est important de définir quelques concepts syntaxiques utilisés par les auteurs qui seront présentés dans ce mémoire et qui tentent de décrire les structures syntaxiques impliquées dans le déficit des aphasiques. Par exemple, l'arbre syntagmatique permet de représenter les relations structurales qu'entretiennent les items lexicaux dans une phrase à trois niveaux : la phrase, le syntagme et le constituant.

À partir de cette notion qui représente la structure canonique d'une phrase, certaines permutations peuvent s'opérer sur cette structure de base (appelée Structure-D) pour en dériver d'autres qui expriment certains aspects d'ordre sémantique ou autres différents de ceux véhiculés par la forme canonique. Ces permutations sont appelées des transformations, souvent définies par le mouvement d'un élément syntaxique de sa position de base à une position différente dans la phrase. Ainsi l'interrogative partielle *Où va Jean ?* est-elle dérivée de la forme canonique *Jean va où* via le déplacement du pronom interrogatif *où* en début de proposition ainsi que de celui du verbe *va* devant le sujet *il*.

Les nœuds représentent les éléments principaux de la phrase (elle-même étiquetée « IP »)
Les nœuds sont NP (syntagme nominal); VP (syntagme verbal) ; CP (proposition complétive); Agr (accord flexionnel) ; T (accord morphologique en temps). Les nœuds Agr et T ont été introduits dans la représentation en arbre par Pollock (1989) pour des raisons qui ne sont pas pertinentes à ce travail. La notation anglaise sera utilisée puisqu'elle est plus courante même dans les ouvrages en français (voir liste d'abréviations).

1.2.2. Structures syntaxiques touchées dans l'aphasie de Broca

D'entrée de jeu, afin de circonscrire l'étude des aspects linguistiques touchés par l'aphasie de Broca, nous nous concentrerons sur les structures syntaxiques qui représentent, pour cette population, une difficulté de traitement tant en compréhension qu'en production. Les principales structures affectées sont les suivantes : les passives, les interrogatives avec mouvement Qu-, les clivées et les relatives avec mouvement de l'objet. Ces constructions syntaxiques seront opposées aux constructions épargnées par l'aphasie : les actives, les interrogatives sans mouvement Qu-, les non clivées, les relatives avec mouvement du sujet. En comparant les structures touchées aux structures qui semblent ne poser aucun problème de traitement, nous tenterons de faire ressortir les aspects syntaxiques qui les distinguent. Nous tenterons ensuite de trouver une explication plausible de la cause des déficits grâce aux hypothèses fournies par les théories linguistiques et par les données probantes obtenues en études comportementales, neuropsychologiques et électrophysiologiques.

1.3. Système tonal occidental

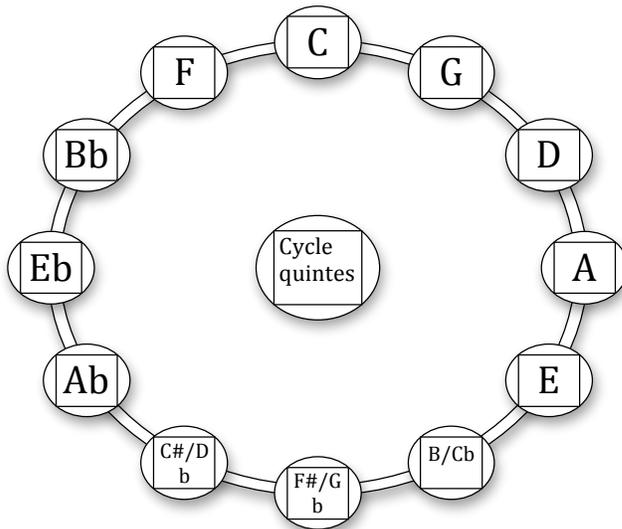
Les recherches effectuées sur le lien entre musique et langage seront principalement issues du système tonal occidental puisque les locuteurs des langues qui seront comparées évoluent dans ce système musical. Ainsi, on peut présumer qu'ils possèdent des connaissances implicites sur ce système en particulier.

1.3.1. Tonalité

La présence de certaines caractéristiques acoustiques similaires provenant du signal fourni par la parole et la musique semble fortement suggérer que les deux systèmes possèdent entre eux plus de ressemblances que de différences (Patel, 2008). En musique, le pitch est le principal élément musical qui permet d'observer la présence d'une structure hiérarchique

entre les notes et accords qui constituent une pièce musicale. L'organisation du pitch dans une structure temporelle permet de retirer les règles qui régissent les relations hiérarchiques grammaticales et typiques dans le système tonal occidental. Le système tonal occidental applique des règles sur une totalité de 12 tons disponibles. L'agencement de 7 tons permet d'établir une tonalité précise avec une hiérarchisation précise entre les degrés. La tonique de la gamme détermine la tonalité et l'agencement des tons détermine le mode (majeur-mineur). Par exemple, dans une pièce en Sib majeur, l'accord tonique (1^{er} degré) sera Sib majeur. L'accord est principalement constitué de trois sons sur les degrés 1-3-5 (pour un accord majeur, 1-b3-5 pour l'accord mineur), 1 étant la note qui qualifie l'accord. Par exemple, un accord de C (do) prendra les degrés 1-3-5 à partir de C (do) pour former l'accord de C majeur: C-E-G. Il est important de distinguer les degrés de l'accord et les degrés de la gamme. Par exemple, un accord de C majeur (C-E-G) peut être l'accord de 1^{er} degré dans la tonalité de C majeur, mais peut être Ve degré dans la tonalité de F majeur. Malgré la possibilité que l'accord occupe différentes positions (degrés) dans une tonalité, sa nature intrinsèque demeure la même (C-E-G), seule sa relation de dépendances avec les autres accords d'une progression va varier en fonction de la tonalité de la pièce. L'accord construit sur le premier degré de la gamme (tonique) est au sommet de la hiérarchie et est considéré comme le plus stable de la tonalité, c'est-à-dire qu'il s'agit de l'accord sur lequel on « veut » résoudre la progression harmonique. Les accords des autres degrés sont considérés instables et provoquent un effet de tension (Tillmann, 2002). Chaque accord construit à partir de ces 7 tons permettra d'établir un mouvement harmonique qui viendra appuyer la mélodie. C'est de l'organisation de ce mouvement harmonique et des règles qui le régissent qu'il s'agit lorsque nous parlons de syntaxe musicale. Les relations de dépendances entretenues entre les degrés d'une tonalité vont dépendre de la distance qui existe entre eux à la manière des relations de dépendances qui existent entre les constituants d'un énoncé linguistique. Le cycle de quinte permet d'établir les relations de dépendances entre les tonalités (Patel, Iversen, 2008) selon la distance qui se trouve entre elles. Par exemple, dans la représentation du cycle des quintes suivante, un accord de C (do) est harmoniquement relié plus fortement à un accord de G (sol) qu'à un accord de F# (fa dièse) puisqu'il y est plus rapproché.

Cycle des quintes :



1.3.2. Rythme

Tel que mentionné en introduction, le rythme est primordial en musique et en langage. Bien que cette notion ne fasse pas l'objet des analyses proposées ici, il est important de spécifier que le rythme permet d'exploiter la dimension temporelle de l'intégration des éléments dans une structure cohérente.

En musique, le rythme se traite en parallèle au pitch, il s'agit du principal élément qui permet l'intégration temporelle des autres éléments. En établissant des groupes rythmiques, on impose une structure au signal acoustique émis ou perçu. La grille métrique permet de renforcer la hiérarchie tonale et de créer une régularité qui facilite le traitement mélodique et harmonique. La définition de la syntaxe utilisée pour établir la relation entre musique et

langage est la suivante : « a set of principles governing the combination of discrete structural elements (such as words or musical tones) into sequences »¹⁰ (Patel, 2003, p.674).

2. Causes possibles des déficits linguistiques observés dans l'agrammatisme

Plusieurs hypothèses ont été avancées quant aux causes possibles des déficits linguistiques observés dans l'agrammatisme. Les trois principales causes à la base des déficits qui sont soulevées par les auteurs de théories sur ces mêmes déficits seront exposées et nous expliquerons selon quelle perspective nous envisagerons l'analyse des données qui nous concernent dans l'agrammatisme.

2.1. Fréquence

Le concept de « fréquence » permet, selon (Bates, Wulfeck & MacWhinney, 1991), de trouver une explication aux types d'erreurs que les aphasiques produisent. Afin d'expliquer l'influence de la fréquence, les auteurs se basent sur un modèle connexionniste : le modèle de compétition (*Competition Model*, Bates & MacWhinney, 1987, 1985). Selon ce modèle, plus l'usage d'un mot ou d'un énoncé est fréquent, plus les connexions neuronales impliquées dans le traitement de ces items linguistiques sont renforcées. Ainsi, le locuteur aura tendance à utiliser un mot ou un énoncé fréquent de manière plus spontanée, car l'activation neuronale est plus importante et facilite donc la récupération et l'utilisation de l'item linguistique de manière adéquate. Suivant ce fait, l'opération morphologique, syntaxique ou grammaticale dont la fréquence est élevée dans une langue donnée sera surreprésentée dans le discours agrammatique puisque le réseau neuronal permettant d'éliciter ces opérations est renforcé par la fréquence d'exposition. Le terme fréquence n'est pas défini clairement dans les analyses présentées par Bates, Wulfeck & MacWhinney (1991). La fréquence objective basée sur un calcul statistique effectué à partir d'un corpus peut être très différente de la fréquence subjective, c'est-à-dire de la familiarité du sujet avec un mot, une opération morphologique, syntaxique ou grammaticale donnée. La fréquence semble concerner le nombre de fois qu'un locuteur rencontre un mot ou un énoncé dans le discours de tous les jours. Cependant, ces études ne mentionnent pas si le

¹⁰ Traduction : « un ensemble de principes qui gouvernent la combinaison d'éléments structuraux discrets (comme les mots ou les notes en musique) en séquences ».

discours écrit au même titre que le contexte socioculturel, le niveau d'éducation ou la région où habite le locuteur ont été pris en compte lors des analyses. Ce problème méthodologique pose un grave biais et selon nous, il est impossible de se baser sur de tels résultats sans d'abord obtenir une définition claire du terme « fréquence ».

2.2. Adaptation cognitive au contexte

Certains auteurs font reposer les symptômes cliniques de l'aphasie de Broca sur le contexte linguistique et sur l'adaptation cognitive au contexte d'énonciation (Nespoulous, Dordain & Lecours, 1989). Les auteurs apportent une distinction entre les manifestations linguistiques causées par un déficit réel et celles engendrées par une nécessité d'adaptation au contexte d'énonciation (Kolk, 1995). Selon ce point de vue, le déficit rencontré n'est pas le fruit d'une perte syntaxique, morphologique ou sémantique, mais plutôt le résultat d'une influence du contexte d'énonciation sur la performance du locuteur. En effet, les erreurs observées dans un contexte de description d'images¹¹, par exemple, peuvent varier de manière quantitative et qualitative¹² en comparaison avec un contexte d'énonciation en discours spontané. Selon Beeke, Maxim & Wilkinson (2008), la rareté des analyses en discours spontané empêche d'établir un lien direct entre les résultats observés en situation de test et les déficits réellement présents. Selon eux, le contexte de test est invalide puisque les énoncés sont induits de manière expérimentale, en ce sens que l'expérimentateur crée un contexte précis dans le but d'inciter le sujet à produire un type d'énoncé précis (e.g. une phrase relative sujet). Ainsi, les comportements reflèteraient une **adaptation** au contexte du test plus qu'une manifestation réelle des symptômes. Certaines expériences ont permis d'observer que l'omission du sujet, par exemple, reflétait non pas une perte de la représentation, mais bien un désir de simplifier et de raccourcir la phrase de manière à communiquer sa pensée de manière plus précise. Le principal argument appuyant l'idée selon laquelle l'omission du sujet ne représente pas nécessairement une incapacité réelle du

¹¹ La description d'image est une tâche utilisée en contexte clinique ou expérimentale. Le sujet doit décrire une image qui tend à solliciter certains types de phrases.

¹² Le terme « quantitatif » réfère au nombre d'erreurs que le sujet produit sur un nombre d'essais défini. Dans une même fenêtre temporelle, il y aura une grande variabilité quant au nombre d'erreurs produites en discours spontané ou en contexte expérimental. Le terme « qualitatif » réfère aux types d'erreurs produites. Le type d'erreur varie également selon le contexte.

sujet aphasique est que cette omission est permise dans un certain registre (Haegeman, 1990; Avrutin, 1999). En omettant le sujet d'une proposition, l'aphasique compense pour la lenteur imposée par ses contraintes motrices et communique ainsi plus rapidement sa pensée en contrevenant le moins possible (permis dans un certain registre) aux règles grammaticales. Ainsi, les phrases en apparence agrammaticales manifestent plutôt un déficit à l'interface syntaxe-discours¹³. Ce déficit est relié au manque de ressources cognitives (mémoire de travail et processus attentionnels, entre autres) disponibles pour établir la connexion entre les deux systèmes. Par conséquent, les productions sont syntaxiquement simplifiées au maximum sans compromettre la compréhension du message à transmettre. Cependant, un bémol doit être apporté à cette hypothèse puisqu'aucune étude incluant un recensement empirique suffisamment substantiel en discours spontané ne permet d'établir hors de tout doute que le discours spontané diffère grandement du langage élicité par le contexte du test. Pour tirer de telles conclusions, une comparaison d'analyse grammaticale, morphologique, sémantique et syntaxique doit être effectuée entre les données recueillies en discours spontané et en situation expérimentale. La sensibilité au contexte mène à se poser des questions sur les autres facteurs pouvant influencer la performance linguistique des aphasiques. Ainsi, une approche plus globale est proposée par la neuropsychologie. Plusieurs auteurs prennent position contre une explication linguistique pure (Avrutin, 1999; Kolk, 1995). En effet, selon eux, l'atteinte n'est pas spécifique à un module de traitement linguistique tel que la morphologie ou la syntaxe. Le fait que d'autres fonctions cognitives soient touchées telles que l'attention et la mémoire de travail contribuerait grandement aux déficits langagiers encourus. Ainsi, les erreurs produites seraient le résultat d'une interaction entre les déficits cognitifs et le traitement linguistique à opérer. Par exemple, selon Kolk (1995), il est possible que les erreurs morphologiques émergent du manque de synchronisation entre le processus lexical et le traitement syntaxique. Le temps requis entre la sélection de l'item lexical et la mise en place d'une structure syntaxique alourdirait la

¹³ Par interface syntaxe-discours on entend la capacité à communiquer une idée par le biais d'une construction syntaxique adéquate.

tâche de production. Plus le nœud syntaxique¹⁴ sous lequel un morphème grammatical doit être inséré est disponible rapidement, moins la relation entre les deux items lexicaux est difficile à traiter. Par exemple, dans un énoncé comme [IP_{t+temps}[NP Les pommes [VP sont vertes]]], la récupération de la marque morphologique du pluriel¹⁵ demande accès à un NP minimum et cette correspondance prend moins de temps que la flexion pour le temps ou la personne d'un verbe qui demande accès au IP (le nœud correspondant à la phrase) entier. Cette explication permet de comprendre les différences quantitatives et la constance qualitative¹⁶ entre les erreurs des normaux et des aphasiques. Les patients, lorsque confrontés à des énoncés plus complexes, font face à une surcharge cognitive continue avec pour conséquence qu'ils commettront un plus grand nombre d'erreurs que les normaux tout en arrivant finalement à produire les mêmes constructions syntaxiques que ceux-ci lorsque l'énoncé est court et simple.

Bref, selon Kolk, le problème est la réduction de la capacité à garder les éléments de la phrase en relation computationnelle de manière **simultanée**. Cette réduction est causée par une diminution des ressources cognitives disponibles pour le bon fonctionnement de la mémoire de travail lorsque la tâche à effectuer implique trop d'éléments à traiter. Par exemple, lorsque l'aphasique construit une phrase Sujet-Verbe-Objet, le sujet doit rester « activé » pour permettre la sélection du VP et des NPs objet ou sujet adéquats. L'activation simultanée des éléments de la phrase est préalable à l'obtention d'un énoncé syntaxiquement et sémantiquement grammatical et cohérent (voir modèle SYNCHRON élaboré par Haarmann et Kolk (1991a)). Selon cette approche, le **temps requis** pour construire une phrase est donc responsable de la difficulté des aphasiques. En simplifiant l'énoncé¹⁷, le sujet réduit la longueur de la « fenêtre temporelle » et évite ainsi de produire des erreurs. Si la phrase s'avère trop longue à produire, les éléments à mettre en relation ne

¹⁴ Le nœud correspond à une catégorie fonctionnelle et lexicale dans un arbre syntagmatique selon le modèle génératif de Chomsky où la hiérarchisation entre les éléments d'une phrase dépend de sa position dans l'arbre. Plus le nœud fonctionnel ou lexical est haut, moins son accès est rapide.

¹⁵

¹⁶ Les différences quantitatives et la constance qualitative concernent le fait que les aphasiques font plus d'erreurs que les sujets normaux, mais que, dans les deux cas, les énoncés considérés syntaxiques mais plus complexes sont plus difficiles à traiter et occasionnent plus d'erreurs.

¹⁷ La simplification consiste ici en l'omission des éléments situés sous les nœuds fonctionnels accessibles moins rapidement.

demeurent pas activés suffisamment longtemps en mémoire de travail. Selon nous, cette explication mérite d'être examinée de plus près, mais elle est aussi en lien avec certaines caractéristiques syntaxiques telle la complexité et celle-ci devrait s'expliquer autrement que par la longueur de l'énoncé uniquement.

2.3. Complexité

2.3.1. Déficit au niveau du traitement des morphèmes grammaticaux

La complexité, selon cette position, se définit par la quantité de morphèmes grammaticaux à mettre en relation pour l'élaboration d'un énoncé syntaxique. Cette hypothèse soutient que la raison pour laquelle les agrammatiques n'arrivent pas ou peu à produire et à comprendre correctement les structures syntaxiques dites complexes n'est pas le résultat de l'interruption¹⁸ ou de l'effacement¹⁹ de la représentation syntaxique comme le proposent d'autres théories. Selon Jarema & Nespoulous (1984), les agrammatiques ne perdent pas la capacité à se représenter le caractère abstrait des structures syntaxiques. Ils basent leur conclusion sur le fait qu'un patient arrive, bien qu'avec difficulté, à construire des propositions relatives (e.g. [La personne_i [qui_i prend un livre]]) et à fournir les bons jugements de grammaticalité sur ces phrases. Selon eux, il s'agit d'un contre-argument important à la position théorique selon laquelle il y aurait déficit au niveau de la planification ou des processus syntaxiques. Ils soutiennent que le problème concerne plutôt l'incapacité à récupérer les morphèmes grammaticaux libres en contexte d'énonciation de phrase. Le déficit se situe donc au niveau « positionnel », lorsque les morphèmes grammaticaux sont insérés dans le squelette phrastique²⁰. Ainsi, plus la phrase est « complexe », plus il y a présence de morphèmes grammaticaux²¹ (e.g. *L'homme que la fille regarde sait qu'il est beau* (14 morphèmes) contrairement à *L'homme est beau* (5

¹⁸ Par interruption dans la représentation, il est entendu que, lors de l'élaboration d'une construction syntaxique précise, il y a interruption de la capacité à se représenter les items à sélectionner ainsi que de la manière de les mettre en relation dans un énoncé grammatical et syntaxiquement cohérent. Cette interruption entraîne des phrases incomplètes contenant des omissions ou des substitutions dans le cas où la représentation « idéale » (bon input) inaccessible est remplacée par une représentation alternative disponible à ce moment précis pour l'aphasique.

¹⁹ Par effacement il est entendu que ces représentations ne sont tout simplement pas accessibles, à aucun moment dans l'élaboration de la phrase.

²⁰ Selon nous, cette option ne permet pas plus de régler l'asymétrie dans la production et la compréhension des relatives sujet et objet puisque malgré un même nombre de morphèmes, les difficultés demeurent.

²¹ Les morphèmes grammaticaux sont libres (mots fonctions) ou liés (flexion verbale, adjectivale, nominale).

morphèmes). Le sujet agrammatique tentera donc de réduire la longueur des phrases afin de diminuer le nombre de morphèmes grammaticaux à traiter, évitant ainsi de commettre des erreurs, qui, selon cette analyse n'ont donc rien à voir avec une compétence syntaxique réduite. La grande variabilité interindividuelle et intra-individuelle de la manifestation du trouble aphasique empêche, selon les auteurs, d'opter pour un agrammatisme pur (perte totale de la représentation). De plus, selon Miceli et al. (1989), cette variabilité des manifestations du déficit ne permet pas de tirer quelque conclusion théorique que ce soit sur la nature des processus impliqués dans production de la parole dans les cas normaux ou sur la nature des mécanismes langagiers supposément touchés dans l'aphasie. Selon ces auteurs, le désordre clinique identifié comme l'agrammatisme ne représente pas un portrait cognitif homogène. Cependant, dans les deux études qui ont servi à l'élaboration de cette hypothèse (Nespoulous (1989); Miceli (1989)), la lésion des sujets n'est pas située dans la région de Broca, mais plutôt dans la région sylvienne (connexe à Broca). Bien sûr, il a été reconnu que la lésion causant une aphasie de Broca n'était pas circonscrite à l'aire de Broca. Cependant, est-il pertinent de généraliser des résultats obtenus par deux patients ayant un portrait clinique et neurologique différent des cas classiques, pour corroborer une théorie habituellement confrontée par les manifestations cliniques de patients physiologiquement plus homogènes? Selon nous, il s'agirait d'une faute méthodologique importante.

2.3.2. Le rôle majeur de la structure syntaxique dans la définition de la complexité

Au sein des théories qui se basent sur la complexité syntaxique, il existe des nuances conceptuelles très importantes. Par exemple, comme le mentionne Nespoulous (1989) la quantité de morphèmes grammaticaux à mettre en relation peut influencer le traitement. Afin de s'assurer que cette conceptualisation de la notion de complexité ne soit pas la cause des déficits observés en aphasie de Broca, les études présentées dans ce mémoire se sont assurées de tester les agrammatiques sur des stimuli qui présentent un nombre similaire de morphèmes grammaticaux. Selon nous, étant donné que cette variable est contrôlée et qu'il y a tout de même présence de difficulté avec certaines structures syntaxiques, le problème de complexité relève bel et bien de la syntaxe et non pas de la quantité de morphèmes grammaticaux à mettre en relation. Or, afin d'évaluer la capacité des aphasiques à traiter la

notion de complexité, il faut préciser que la complexité s'observe à partir de la structure syntaxique et des opérations qui ont été effectuées sur celle-ci.

Selon les résultats obtenus par Bastiaanse, Bouma & Post (2009), la fréquence (voir étude pour détails statistiques) ne permet pas non plus de déterminer le comportement des agrammatiques contrairement aux résultats obtenus par Bates, Wulfeck & MacWhinney (1991). Par exemple, l'« objet bousculé »²² (scrambled object) en hollandais est une opération syntaxique fréquente, mais les sujets agrammatiques présentent tout de même des difficultés à produire ce type d'énoncé. Ainsi, dans cet exemple précis, il semble que la complexité syntaxique des énoncés permette de déterminer les patrons d'erreurs retrouvés, la fréquence n'expliquant en rien ce résultat. De plus, la complexité ne s'explique pas ici par la présence plus ou moins nombreuses de morphèmes grammaticaux puisque la quantité de morphèmes à mettre en relation est identique et que les sujets aphasiques présentent tout de même des résultats dissemblables. De surcroît, aucun contre-argument ne permet d'éliminer la possibilité d'un problème d'adaptation cognitive au contexte étant donné que l'opération « objet bousculé » nécessite une transformation, donc, plus de ressources cognitives. En effet, bien que la longueur de l'énoncé ne diffère pas, la présence d'une transformation est suffisante pour penser à une demande cognitive plus élevée. Selon nous, la plupart des données observées permettent fortement de croire que la complexité syntaxique joue un rôle majeur dans la capacité des aphasiques à produire et à comprendre des énoncés. Nous prendrons donc position en faveur de la complexité et de l'adaptation cognitive comme causes des déficits linguistiques rencontrés dans l'aphasie de Broca au profit de l'explication par la fréquence. Tout au long de l'article, la notion de complexité à laquelle nous adhérons sera mise en lumière ainsi qu'en relation avec le coût cognitif de traitement des différentes structures impliquées.

²² En hollandais, dans l'ordre de base, l'objet apparaît à la gauche du verbe (OV). Par contre, l'ordre de l'objet et de l'adverbe est optionnel. L'objet et l'adverbe (advOV) peuvent changer de place (objet bousculé), l'adverbe se positionnant donc entre l'objet et le verbe (OadvV) (objet bousculé).

3. Principales théories et hypothèses explicatives

Tel que mentionné ci-haut, il existe dans la littérature deux positions principales qui ont attiré notre attention sur les causes possibles des difficultés de compréhension des aphasiques. La première stipule que les aphasiques ont perdu la capacité à utiliser les algorithmes nécessaires pour effectuer certaines opérations computationnelles sur les structures syntaxiques (perte des représentations). La deuxième concerne plutôt la quantité de ressources cognitives nécessaires pour effectuer des opérations syntaxiques. Celle-ci stipule que l'incapacité à maintenir les éléments d'une phrase complexe activés pendant la manipulation syntaxique est la cause principale du déficit. La section suivante résumera les principales études basées sur ces deux positions.

3.1. Déficit au niveau des représentations (structural/abstrait)

3.1.1. Trace Deletion Hypothesis

L'étude pionnière sur la compréhension dans l'aphasie de Broca a été effectuée par Caramazza et Zurif en 1976 (voir aussi Grodzinsky 1995). Dans cette étude, les auteurs utilisent la notion de réversibilité sémantique (voir ci-dessous) pour tenter de démontrer que la **composante syntaxique** est touchée. Selon eux, en utilisant des constructions syntaxiques dépourvues d'indices sémantiques, il est possible d'observer clairement l'impact de l'aphasie de Broca sur la composante syntaxique. Les résultats obtenus par les auteurs démontrent effectivement une difficulté à comprendre les énoncés qui ne présentent, au plan sémantique, aucune distinction entre deux éléments par rapport à une caractéristique donnée (le caractère plus ou moins animé par exemple). Par exemple, dans l'énoncé *The cat that the dog is chasing is black*, les deux NP sont animés (*cat* et *dog*). Par conséquent, ils pourraient être inversés dans la proposition (et ainsi en former une autre) sans créer d'agrammaticalité : *The dog that the cat is chasing is black*. Il s'agit des énoncés dit « réversibles ». Ceux-ci sont généralement plus difficiles à comprendre que les énoncés non-réversibles, où les deux NP diffèrent quant au trait « animé ». Par exemple, dans l'énoncé *The ball that the dog is chasing is black*, il est impossible d'inverser les deux NP; l'énoncé deviendrait agrammatical: **The dog that the ball is chasing is black*. Le problème serait lié ici au fait qu'un NP inanimé ne peut pas être interprété comme l'agent du verbe. En d'autres termes, la nature du NP *ball* fournit l'indice sémantique nécessaire à la

compréhension de l'énoncé. Dans une tâche de dénomination d'images, les sujets atteints d'une aphasie de Broca arrivent peu ou pas à identifier correctement l'Agent du verbe lorsque celui-ci peut être remplacé par l'objet (Thème) sans créer d'agrammaticalité (*The cat that the dog is chasing is black*). Par contre, lorsqu'un sujet inanimé est présenté comme Agent, l'aphasique saura tout de suite que la proposition est fautive. Cette étude a permis d'alimenter l'intérêt à tester la compréhension. La réversibilité sémantique est précurseur de la *Trace Deletion Hypothesis* (TDH) (Grodzinsky, 1984). Cette hypothèse est basée sur la *Théorie du Gouvernement et Liage* de Chomsky (1981). Selon la TDH, le patient aphasique aurait perdu la capacité à se représenter une trace laissée par un constituant qui a été déplacé par mouvement. La théorie se base principalement sur les différences entre le mode passif et actif :

(1) **La dame_i** (Thème [+animé]) est poussée _{ti} (la dame) par le garçon (Agent [+animé])

Selon la théorie du gouvernement et liage, la représentation de la trace est essentielle à l'attribution des rôles thématiques. Dans la construction (1), le rôle thématique de Thème est attribué par le verbe *pousse* à l'objet (*la dame*), ce qui représente le cas standard. Ce constituant est ensuite déplacé en position sujet pour former la voix passive. L'interprétation de l'objet déplacé (*la dame*) comme Thème est rendue possible grâce à la coindexation avec la trace laissée en position objet après son déplacement. Ainsi, étant donné que l'aphasique perdrait la capacité à se représenter cette trace, il ne peut pas par conséquent attribuer le bon rôle thématique au bon constituant.

Par contre, la présence de certains indices sémantiques peut lui permettre de différencier l'Agent du Thème, et ainsi lui permettre d'interpréter la phrase correctement. Notons, tout d'abord, que les deux NP de la phrase ci-dessus (1) sont animés. Prenons maintenant l'exemple suivant (2) où les deux NP diffèrent quant au trait [+ animé] :

(2) **La balle_i** (Thème [-animé]) est lancée_{ti} (la balle) par le garçon (Agent [+ animé])

Comme il est possible d'observer en (2), contrairement à l'exemple (1), l'aphasique profitera de l'indice sémantique fourni par le trait plus ou moins animé pour interpréter correctement la phrase. Comme mentionné ci-dessus, le NP *la balle* ne peut pas jouer le

rôle thématique d'agent du verbe *lancer*. L'aphasique interprète donc la phrase correctement.

Si aucune différence du trait animé n'est présente entre les deux NP de la phrase, l'aphasique attribuera les rôles thématiques de manière linéaire afin que chaque constituant reçoive un rôle (*Default Principle*). Dans l'exemple (1), il attribuera le rôle Agent à l'objet déplacé (i.e. *la dame*) :

(1') *La dame_i (Agent) est poussée_{ti} (la dame) par le garçon (Thème).

L'explication de la TDH est donc pertinente pour la différence observée entre les structures passives et actives. En effet, il semble pertinent de considérer le trait animé dans l'analyse des autres structures syntaxiques problématiques chez les aphasiques. La perte de représentation semble évidente dans le cas des passives.

3.1.2. Contre TDH : *Linear assignment*

Plusieurs problèmes empiriques ont été soulevés face à la TDH. Le premier argument retenu est celui de Caplan et al. (Caplan & Waters 1995; Caplan et al., 2007) qui affirme que la TDH ne permet d'expliquer qu'un type particulier de manifestation des déficits rencontrés chez les aphasiques. En effet, dans la TDH, seules les constructions avec mouvement sont concernées. Selon lui, le manque de couverture empirique que permet la TDH oblige à chercher une autre explication des déficits encourus dans l'aphasie de Broca. En effet, plusieurs évidences permettent de constater que les aphasiques (Broca) ont également de la difficulté avec des constructions n'ayant subi aucun mouvement. Notamment, ils n'arrivent pas à bien traiter les pronoms référentiels qu'ils aient subi un mouvement ou non. Il est donc essentiel de pouvoir expliquer ces cas de figures. Ce contre-argument milite en faveur d'un problème au niveau du traitement des éléments syntaxiques, de la capacité à mettre les constituants d'une phrase en relation et non pas d'un effacement des représentations syntaxiques nécessaires aux opérations. Cette hypothèse est le *Linear Assignment* (Caplan & Futter, 1986). Selon Caplan et Futter (1986), le patient aphasique utilise ses capacités heuristiques, cognitives, afin d'évaluer la phrase. Il attribue ainsi les rôles thématiques de manière linéaire à chaque occurrence produite. Selon la TDH,

l'aphasique procède ainsi uniquement lorsqu'il lui est impossible de bien cerner les rôles thématiques en un premier temps.

3.1.3. Relative au centre d'une proposition (relative restrictive)

Selon les présupposés théoriques, la TDH prédit qu'une construction avec une relative sujet au centre d'une proposition ne devrait pas causer de problème de compréhension puisque les rôles thématiques de la proposition principale sont attribués en position canonique et que la trace est intacte:

(4) The tiger_i (Agent)[Op_{WH} that t_{Op_{WH}} chased the lion (Thème)] is big.²³

Puisque le seul mouvement s'effectue dans la proposition relative, à l'intérieur de la phrase principale *The tiger is big*, l'interprétation de celle-ci devrait être intacte puisque les rôles thématiques sont attribués en position de base et que les constituants de la proposition principale ne subissent aucun mouvement. Effectivement, le NP *The tiger* reçoit le rôle d'Agent attribué par le verbe *is*. L'adjectif qualificatif *big* est en position canonique de la proposition principale et qualifie le NP sujet *The tiger*. Le NP *the lion* reçoit le rôle de Thème en position de base dans la relative enchâssée. L'opérateur Qu- reçoit le rôle d'Agent dans la relative enchâssée. Or, lorsque les sujets aphasiques voient une image avec un petit tigre qui chasse un gros lion, ils devraient tout de suite rejeter la phrase puisque celle-ci impliquerait que le NP *the lion* soit Agent du verbe de la proposition principale (*is*) alors qu'il a déjà reçu le rôle de thème dans la proposition relative. Plusieurs études démontrent que les aphasiques obtiennent un taux d'erreur significatif (Caramazza & Zurif, 1976; Kolk & Weijts, 1996).

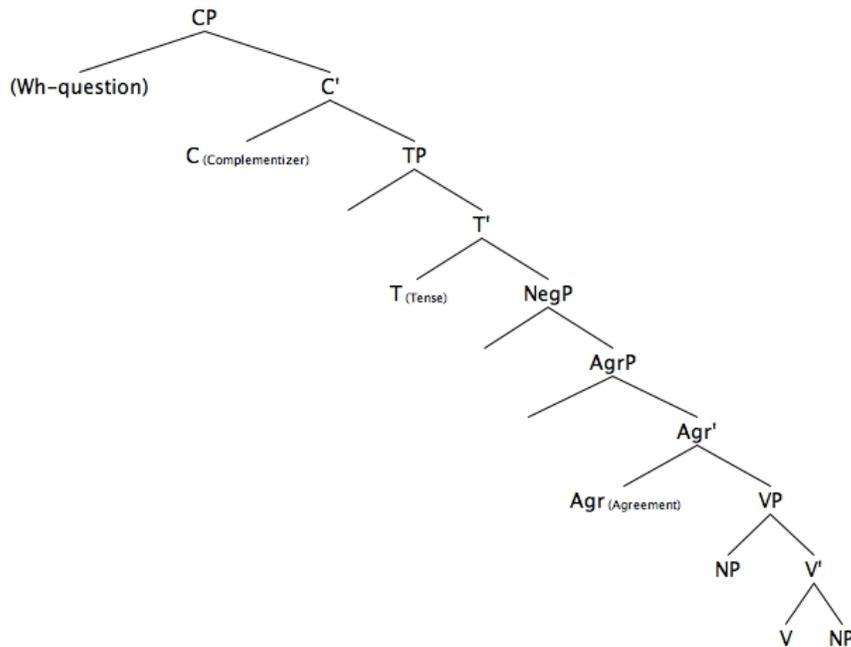
3.1.4. Tree Pruning Hypothesis

Introduite par Friedmann (2001, 2002, 2006), cette analyse attribue, tout comme la TDH, les déficits liés à l'aphasie de Broca à une atteinte au niveau des représentations syntaxiques. Selon cette théorie, l'agrammatique n'arriverait pas à se représenter les éléments syntaxiques au-delà du nœud TP dans un arbre syntagmatique. Cependant, contrairement à la TDH, ce n'est pas la représentation de la trace qui est affectée, mais la

²³ Exemple tiré de Van der Meulen 2004. Le Op_{WH} signifie syntagme Qu- interrogatif sans manifestation phonologique.

représentation du nœud fonctionnel selon sa position dans la hiérarchie et selon la sévérité de l'atteinte.

Figure 1. Construction de l'arbre syntagmatique avec nœuds fonctionnels TP et Agr (Pollock 1989).



Selon cette approche, le déficit est hautement sélectif et c'est pour cette raison que les agrammatiques n'éprouvent pas, en général, de difficulté avec certains types de construction: flexion des verbes par l'accord avec le sujet (Agr), utilisation de pronoms objets et formation des interrogatives directes (questions oui/non). Pour Friedmann, les nœuds fonctionnels les plus hauts dans l'arbre sont les plus affectés par le déficit. La construction de l'arbre syntaxique suit un ordre précis. D'abord, le V va monter sous le nœud fonctionnel Agr (accord de personne, de genre et de nombre entre le sujet et le verbe). Ensuite, le V doit monter jusqu'au nœud T afin de vérifier le temps. La plupart des sujets aphasiques présentent des problèmes de production et de compréhension au niveau du nœud TP, rendant difficile ou impossible la vérification du temps. Le nœud le plus haut est le CP et les constructions avec complémenteurs sont très atteintes en général dans l'aphasie.

Friedmann (2000) démontre que la production de toute structure nécessitant l'accès au nœud CP est lourdement affectée, incluant la production de questions avec mouvement *Qu*-et de propositions relatives avec mouvement de l'objet. Par contre, tous les patients aphasiques ne manifestent pas un patron identique de déficit. Selon l'auteur, plus l'aphasique se situe dans un stade avancé (sévère) de l'aphasie, plus l'accès au TP sera difficile. Ainsi, la plupart des cas présentent d'abord un déficit au niveau du nœud CP et ensuite au niveau du nœud TP. Autrement dit, plus le patient a accès à un nœud fonctionnel haut dans l'arbre, moins son atteinte syntaxique est sévère. Les constructions les plus touchées dans l'aphasie semblent correspondre à cette hypothèse. Au niveau de l'avancé théorique, cette observation empirique à grande échelle permettrait d'appuyer la proposition de Pollock (1989), c'est-à-dire qu'il y a une réelle dissociation entre le nœud TP et AgrP qui se manifeste par un trouble spécifique d'un des deux nœuds. De plus, elle explique certains cas de variabilité inter-linguistique. Par exemple, la production d'une interrogative directe en anglais nécessite un auxiliaire en position initiale, soit sous le nœud C : *Do you drink coffee?* Le nœud C se retrouvant sous le nœud fonctionnel le plus haut dans l'arbre, l'aphasique aura tendance à produire : **you drink coffee?* (Friedmann, 2000). Des résultats inverses ont été trouvés pour des langues qui permettent la formation d'interrogatives directes sans la nécessité d'accéder au nœud C. Le résultat démontre que lorsque l'accès au nœud C n'est pas obligatoire à la production d'une question, l'aphasique arrive bien à la produire. Bien qu'élégante, la théorie présuppose que le modèle représente une réalité psychologique et même neuronale. Jusqu'ici, aucune étude ne peut permettre d'établir des corrélats entre une région cérébrale lésée et un trouble aussi spécifique que la perte de représentation ou de traitement d'un nœud fonctionnel précis. Bien entendu, il existe une hiérarchie neuronale, mais peut-on formaliser aussi clairement que dans un arbre syntaxique les étapes du processus d'élaboration de la phrase? De plus, la définition fournie de l'agrammatisme : « they can no longer inflect verbs correctly for tense, use subject pronouns ... » (Friedmann, *Broca's Region* (2006), In Y. Grodzinsky & K. Amunts (Eds.). Oxford University, p. 1) est imprécise. Il est clair aujourd'hui que la variabilité retrouvée au sein même d'un seul aphasique ne permet pas de faire une conclusion si précise du déficit. En effet, si le déficit est directement relié à la région lésée, l'absence de production de flexions verbales, par exemple, devrait **systématiquement** être observée. Or, les données

empiriques n'abondent pas dans ce sens. De plus, il est impossible d'expliquer l'omission des mots fonctions selon cette théorie.

3.1.5. Contre TPH : disponibilité des ressources cognitives

Selon Avrutin (2001); Hagiwara (1995), la difficulté réside en la **construction** d'un arbre complet plutôt qu'en un déficit grammatical. Selon eux, plus il faut « merger » haut dans l'arbre, plus l'opération nécessite de ressources cognitives de traitement. Ainsi, plus les agrammatiques ont de la difficulté à produire un énoncé, plus celui-ci est susceptible d'avoir recours à plusieurs étapes d'élaboration, avec plusieurs mouvements. La différence avec la *Tree Pruning Hypothesis* est que le problème ne se situe pas au niveau des représentations des catégories fonctionnelles, mais au niveau des processus de construction de l'arbre, de l'application d'algorithmes précis. Ces processus sont dépendants de la disponibilité des ressources cognitives et sont donc affectés par une lésion au lobe frontal. Cette position permet le lien avec les théories suivantes. Le rôle des processus cognitifs est au centre des prochaines hypothèses quant aux possibles causes responsables du déficit langagier observé dans l'aphasie de Broca.

À la lumière de ces contre-arguments, notre position quant à la complexité syntaxique (incluant la relation verbe-argument et les contraintes de localité) comme cause des déficits syntaxiques en agrammatisme est de plus en plus convaincante et semble couvrir la totalité des données empiriques disponibles sur les déficits. La nature du verbe dans l'exemple (4) pourrait avoir un impact sur la complexité du traitement syntaxique et expliquer les difficultés des aphasiques à traiter cette phrase qui, selon TDH, ne devrait pas être touchée. De plus, la disponibilité des ressources cognitives permet, selon nous, une explication plus réaliste avec le fonctionnement complexe neuronale que la proposition fournit par la TPH.

3.2. Déficit au niveau des processus cognitifs

3.2.1. Argument Structure Complexity Hypothesis (ASCH)

Selon l'ASCH, un verbe sélectionnant un grand nombre d'arguments ou possédant une entrée lexicale complexe (verbe à trois arguments) sera plus difficile d'accès pour les agrammatiques puisque son traitement impose une charge cognitive plus grande. Selon Thompson, Shapiro, Kiran & Sobecks (2003), un entraînement sur les structures plus

complexes peut permettre une amélioration des structures considérées moins complexes. Cet entraînement s'effectue tant en production qu'en compréhension. Les constructions utilisées sont les interrogatives avec objet déplacé par mouvement *Qu-*, construites avec le pronom interrogatif *qui* : *Qui_i aimes-tu_{ti} ?*; les constructions clivées : *C'est de lui_i _{ti}que je t'ai parlé_{ti}* et les relatives avec mouvement de l'objet : *Je vois la fille_i _{ti}que le garçon embrasse_{ti}*. Selon cette théorie, les variables autres que sémantiques (rôles thématiques) sont considérées pour évaluer la complexité. Le nombre et le type d'arguments distribués dans l'énoncé peuvent aussi contribuer à complexifier une structure. Par exemple, la proposition principale de la construction relative est considérée plus complexe que la proposition principale clivée. Dans la proposition clivée, le sujet *Cela (C')* est explétif, engendré sur place en Spec IP²⁴ et ne reçoit pas le rôle thématique Agent habituellement distribué à l'argument externe du verbe de la principale. À l'opposé, le sujet de la proposition principale de la relative objet est un argument externe et reçoit le rôle thématique Agent. Ainsi, le verbe de cette dernière construction possède plus d'arguments à distribuer ce qui, selon les auteurs, constitue un traitement plus complexe. De plus, dans la proposition clivée, le sujet est généré sous VP et doit effectuer un mouvement pour obtenir sa position de surface (Spec IP). Quant aux interrogatives, elles sont considérées moins complexes que les clivées puisque le mouvement provient de la proposition principale et non pas de la complétive. Ainsi, dans les interrogatives, une seule proposition doit être traitée contrairement à deux propositions dans les clivées et dans la relative avec mouvement de l'objet. Les résultats démontrent qu'un entraînement sur la structure plus complexe (relative enchâssée avec mouvement de l'objet) permet d'améliorer la compréhension et la production des interrogatives et des clivées (considérées moins complexes). Le point fort de cette recherche est au niveau méthodologique. Toutes les variables ont été contrôlées afin de s'assurer que l'effet était bien en lien avec l'entraînement. Par exemple, l'hypothèse que la longueur des énoncés puisse déterminer l'amélioration obtenue suite à un entraînement sur des structures complexes a été exclue. Pour ce faire, les auteurs ont entraîné les sujets sur des constructions avec mouvement *Qu-* et vérifié s'il y avait une influence positive sur

²⁴ La construction de l'arbre syntaxique ici ne scinde pas les nœuds Agr et TP comme dans la construction selon Pollock. IP est donc la projection permettant l'accord de temps et l'accord avec le sujet.

le traitement subséquent des constructions NP de même longueur. Le résultat était négatif. Or, la longueur de l'énoncé n'est pas responsable de l'amélioration de la production et de la compréhension des structures simples. De plus, cette étude permet de viser la réhabilitation par l'entraînement. En effet, l'étude démontre que très peu de temps d'entraînement est requis afin de pouvoir observer une amélioration des performances des aphasiques. Selon ces résultats, six à dix sessions d'entraînement permettent d'observer une amélioration des performances. Bien qu'intéressant comme théorie, d'autres hypothèses pourraient, a priori, expliquer le phénomène observé. Par exemple, la demande cognitive des processus en cause pourrait jouer un rôle important sur les difficultés engendrées par la complexité syntaxique. De plus, la complexité expliquée par la structure argumentale (i.e. nombre d'arguments distribués, ASCH) n'explique pas la dichotomie qui existe entre le traitement des relatives avec mouvement de l'objet et celles avec mouvement du sujet. Dans les deux exemples ci-dessous, le verbe de la proposition principale distribue les rôles Agent et Thème aux deux arguments présents. Dans l'exemple (3), l'Opérateur nul est l'argument externe et reçoit le rôle thématique Agent. Dans l'exemple (4), *garçon* est l'argument externe et reçoit le rôle thématique Agent. Or, selon la théorie, les deux énoncés devraient présenter le même niveau de difficulté puisque le nombre d'arguments distribués est identique. Par ailleurs, les données obtenues en production chez les aphasiques démontrent que les propositions relatives avec mouvement de l'objet sont plus difficiles à traiter que les relatives avec mouvement du sujet.

Relative avec mouvement du sujet :

(3) Je vois la fille_i [Op_i qui t_i embrasse le garçon].

Relative avec mouvement de l'objet :

(4) Je vois la fille_i [Op_i que le garçon embrasse t_i].

La différence observable réside dans le caractère inaudible (3) et audible (4) des arguments externes. Or, il ne s'agit pas d'une propriété de la structure argumentale du verbe. Par contre, une différence observable entre l'argument externe en (3) et celui en (4) est qu'aucun Cas ne peut être attribué à l'Opérateur nul (3) puisqu'il est inaudible. Les auteurs

n'incluent pas la théorie des Cas dans leur explication de la complexité, mais il s'agit tout de même d'une différence à considérer si la complexité de l'énoncé dépend de la complexité de la nature du verbe en cause, à un autre niveau que la structure argumentale.

Or, la complexité syntaxique ne dépend pas seulement du nombre d'arguments distribués ou de la nature du mouvement impliqué. Par contre, la structure argumentale du verbe semble clairement avoir un impact sur la complexité. Selon nous, les contraintes de localité et les relations sémantiques (caractère +/- animé) traitées lors du processus de traitement en temps réel vont s'ajouter à la complexité de la structure argumentale du verbe en cause. Cette explication permet d'englober les résultats asymétriques trouvés entre la production et la compréhension des relatives avec mouvement de l'objet ou du sujet. L'ASCH doit donc être considérée puisqu'elle est un outil puissant pour la rééducation et qu'en ajoutant les notions de localité et de sémantique à l'interface sémantique-syntaxe, il sera possible d'élaborer des outils de rééducation encore plus précis et efficaces.

3.2.2. Derived Order Problem Hypothesis (DOP-H)

Selon cette théorie, l'ordre des mots est important, contrairement à ce que d'autres auteurs affirment (Bates, Wulfeck & MacWhinney 1991). Chaque langue possède un ordre de base et toute structure possédant un ordre différent des constituants entraîne des difficultés de production et de compréhension chez les aphasiques (Broca). Les résultats obtenus par Bastiaanse, Bouma et Post (2009) sont basés sur les postulats théoriques de la grammaire générative. L'ordre dérivé provient de l'idée de transformation par mouvement introduite par Chomsky. Chaque langue possède un ordre de base, de rigide à très libre (basque : Erdocia et al., 2009). Le DOP-H ne s'intéresse qu'au mouvement apparent (overt). Le mouvement apparent est celui que l'on peut observer puisque l'ordre des constituants diffère de l'ordre de base. Une construction ayant subi un mouvement (covert) ne sera pas considérée comme une dérivation de l'ordre de base des constituants. Une phrase est toujours construite selon un ordre précis. Premièrement, un complément est assigné à la tête verbale (i.e. le verbe sélectionne son objet). Ensuite, cette combinaison prendra un argument externe (sujet Agent) ou un complément (e.g. *hier*). Ce procédé de formation de phrase est récursif et permet d'ajouter des combinaisons dans cet ordre, à l'infini. Selon cette théorie, toute phrase dont l'ordre de base est changé est considérée complexe. Ainsi,

une proposition relative avec mouvement du sujet (e.g. *La table Op_i qui _{it}branle*), sera exclue des propositions problématiques puisque son ordre de surface est inchangé.

Encore une fois, les observations effectuées selon la DOP-H peuvent être expliquées à l'aide des contraintes de localité proposées par Gibson (1998). Selon la *Syntactic Prediction Locality Theory*, les difficultés ne résident pas seulement en une différence de l'ordre de base. La capacité à garder les éléments à mettre en relation activés dans la mémoire de travail dépend en partie de la distance linéaire entre les éléments de la phrase qui sont dépendants (e.g. un objet et le verbe qui le sélectionne). Il a été démontré qu'un locuteur pouvait faire des prédictions sur la catégorie syntaxique à venir dans une phrase (Gibson, 2006; Levy, 2008). Afin de faire les bonnes prédictions, les éléments manipulés lors du traitement doivent rester activés en mémoire de travail. Aussi, plus l'élément sur lequel on fait des prédictions doit rester longtemps en mémoire avant que cette prédiction soit satisfaite, plus le traitement est altéré. Cette théorie permet d'expliquer la majeure partie des déficits puisqu'elle tient compte des processus cognitifs associés au traitement en temps réel et de l'influence de la complexité syntaxique sur ceux-ci, sans tout attribuer au mouvement syntaxique ou à l'ordre de base.

5. Piste de solution

5.1. Adaptation et complexité

Tel que mentionné ci-haut, selon l'ASCH, la complexité de l'entrée lexicale d'un verbe contribue à la complexité syntaxique et à son évaluation en plus du nombre d'arguments qu'il distribue. Il a été démontré que les structures ditransitives²⁵ sont plus difficiles à traiter que les structures transitives (Thompson et al. 1995a, 1997). Cependant, à la lumière des résultats obtenus sur le traitement des propositions contenant un verbe inaccusatif (Bastiaanse & von Zonneveld, 2005), le nombre d'arguments semble moins important que la possibilité d'un « mapping » direct des arguments internes et externes que prend un verbe

²⁵ Dans une structure ditransitive, le verbe sélectionne obligatoirement deux arguments. Dans la structure transitive, le verbe ne sélectionne obligatoirement qu'un seul argument.

en structure D (comme le suggèrent Caplan et Futter, 1986). D'abord, la comparaison de deux types de structures intransitives est nécessaire à la démonstration de ce phénomène: les inergatifs et les innaccusatifs. La première, plus courante, est composée d'un verbe inergatif. Le verbe inergatif possède la structure argumentale suivante : NP [VP V]²⁶. L'attribution du rôle Agent au sujet dans la structure inergative s'effectue en position de base et le sujet reste sur place (e.g. *The man_{AGENT} laughs*). Cette dernière construction est donc plus simple selon cette théorie parce que le sujet de la proposition est en position « légitime » pour recevoir le bon rôle thématique. La deuxième structure est souvent classée dans les structures intransitives mais il s'agit en fait d'une structure transitive avec un objet « déguisé » en sujet (Tellier & Valois, 2006). Cette structure est composée d'un verbe inaccusatif. Elle prend un objet, mais ne prend pas de sujet : $_ [VP V NP]$. L'attribution du rôle thématique Thème à l'objet s'effectue en structure D et l'objet effectue ensuite un mouvement en position sujet pour former la structure S (i.e. *The ice_i melts_{Ti}*). Le mouvement effectué par le Thème ne permet pas d'effectuer un « mapping » direct de l'argument avec le verbe lorsque la structure S est observée. Il existe aussi un groupe de verbes dont la transitivité peut alterner (transitivité alternante). Lorsque le verbe prend l'Agent en position sujet, il est transitif et peut donc prendre un objet comme Thème. Lorsque le verbe prend le Thème en position sujet, il est considéré innaccusatif et ne peut pas prendre d'objet (intransitif) puisque cette position est déjà occupée en structure D et que le rôle thématique Thème est déjà distribué. L'hypothèse des auteurs est que la structure D des constructions inaccusatives avec un verbe à transitivité alternante rend l'entrée lexicale de ces verbes plus complexe puisque l'attribution directe du rôle thématique ne peut pas s'effectuer en raison de la possibilité d'effectuer un mouvement de l'objet en position sujet (également en accord avec l'hypothèse *Syntactically Enriched Verb Entry Hypothesis* (SEVEH) Kegl, 1995). Les résultats démontrent que malgré l'apparente simplicité syntaxique (un seul argument au lieu de deux ou trois), les aphasiques produisent des phrases transitives plutôt qu'inaccusatives dans une tâche en dénomination d'image, et ce, même lorsque l'image montre un scénario nécessitant un verbe intransitif. Or, la structure argumentale du verbe joue un rôle important dans la capacité à établir les bonnes relations

²⁶ La structure intransitive inergative prend un sujet mais ne prend pas d'objet

entre les constituants dans un processus d'intégration structurale et temporelle en temps réel.

De plus, quelques résultats ont démontré que certaines structures syntaxiques dans lesquelles le mouvement effectué n'entraîne aucune modification audible posent aussi des difficultés de production et de compréhension. Notamment, les interrogatives avec sujet sont un peu plus difficiles à comprendre que les interrogatives avec objet (Van der Meulen, 2004). Par contre, il faudrait pouvoir appuyer ces résultats à l'aide d'un nombre plus considérable de données puisque le résultat n'est que marginalement significatif. Il serait intéressant de vérifier la structure argumentale des verbes impliqués et de démontrer si leur complexité pourrait jouer un rôle dans les difficultés de traitement.

Conclusion

Selon nous, les théories disponibles qui attribuent les déficits aphasiques à la quantité de ressources cognitives nécessaires aux opérations syntaxiques représentent un potentiel explicatif prometteur. De plus, nous considérons que cette quantité de ressources influence la capacité computationnelle permettant les opérations sur les représentations et qu'elle est influencée par la complexité syntaxique. La présence d'un mouvement qui éloigne les arguments à mettre en relation du verbe duquel ils dépendent occasionne un contexte d'intégration structurale et temporel plus complexe et impose une charge cognitive plus grande. De plus, selon Gibson (1998), l'établissement des relations de dépendances syntaxiques à effectuer entre les éléments d'une phrase sera facilité par la proximité linéaire de ces éléments. Par exemple, les relatives sujets sous-tendent des dépendances locales alors que les relatives objet ont des dépendances à longue distance. Les observations sur l'effet du mouvement d'un constituant sur les relations de dépendances que celui-ci entretient avec les autres éléments de la phrase, associées à la complexité de la structure argumentale du verbe suggérée par l'ASCH et la SEVEH et aux explications sur la disponibilité des ressources attentionnelles pour le traitement en temps réel permettent d'expliquer la totalité des déficits encourus tant en production qu'en compréhension dans l'aphasie de Broca.

Chapitre 2

Introduction

La musique et le langage peuvent être comparés de plusieurs façons. D'un point de vue évolutionniste, ils ont le même rôle à jouer : la communication humaine d'une intention (Besson & Schön, 2001). Cependant, il importe de pousser la comparaison au-delà du rôle de ces deux systèmes et de s'intéresser plutôt aux processus d'utilisation qu'ils semblent, a priori, partager et à la nature théorique des aspects linguistiques et musicaux qui permettent la bonne utilisation de ces processus.

La lecture de ce chapitre a donc pour but de permettre une meilleure compréhension des liens autant physiologiques que théoriques qui unissent le système musical et langagier. Nous devons souligner l'importance d'explorer les explications disponibles sur le rôle de la sémantique et sur son interaction avec le traitement syntaxique en langage. En effet, certains aspects sémantiques jouent un rôle important dans la compréhension et dans la production des constructions passives chez la population aphasique comme le montrent les données exposées au chapitre 1 (i.e. réversibilité sémantique). Étant donné le rôle que joue la sémantique dans ce cas précis, nous croyons qu'il serait prématuré d'exclure les aspects sémantiques lorsque nous effectuons des liens entre le traitement musical et le traitement langagier puisque le but de ce mémoire de maîtrise est de vérifier si les aphasiques pourraient bénéficier d'un entraînement complet (musique et langage). Pour ce faire, il est important que l'analyse couvre le plus de données possible provenant des corpus de constructions langagières touchées chez la population aphasique (i.e. difficultés de production et de compréhension des passives sémantiquement réversibles aussi). Par contre, il est primordial de mieux définir quels sont ces aspects sémantiques qui vont interagir avec les aspects syntaxiques lors de l'intégration structurale et temporelle des éléments langagiers en processus de traitement en temps réel puisque c'est à ce niveau de traitement que le langage et la musique sont habituellement comparés (syntaxe et musique). En effet,

nous croyons qu'en spécifiant quels aspects sémantiques sont traités de manière computationnelle, à l'interface syntaxe/sémantique, nous arriverons à élaborer des stimuli linguistiques plus précis. Nous croyons que la sémantique se divise en deux « types sémantiques ». La section sur le rôle de la sémantique permettra de clarifier cette conception à l'aide de résultats obtenus dans la littérature et de mieux définir ce qui est entendu par « types sémantiques ». Afin d'en arriver à une analyse plus fine des aspects linguistiques et musicaux qui peuvent être comparés, il est important, tout d'abord, de bien identifier les ressemblances et les différences qui existent entre les deux systèmes. Ensuite, nous avons cru pertinent d'introduire quelques explications sur les méthodes d'investigation et les types de tâches utilisés par les études qui seront rapportées afin de clarifier certains concepts dont la nature de la tâche utilisée et les avantages et inconvénients des méthodes d'investigation. Ensuite, afin de faire ressortir le portrait global et les conclusions sommaires sur la nature du lien cognitif et théorique qui unit la musique et le langage, il est important de répertorier les différents résultats obtenus par les recherches linguistiques, comportementales, neuropsychologiques et électrophysiologiques²⁷ (Hoch et al., 2008). Ces résultats seront toujours présentés de manière à spécifier les composantes syntaxiques et sémantiques utilisées pour la mise en relation avec le traitement harmonique musical. Nous tenterons finalement de souligner l'importance de certains de ces résultats pour l'élaboration d'outils d'intervention en aphasie.

1.1. Ressemblances et différences des deux systèmes

1.1.1. Ressemblances

La musique comme le langage procède par la mise en relation d'unités de base (mots, phrases, notes, motifs, etc.) en groupes hiérarchiquement organisés et complexes à l'aide de règles dites syntaxiques (Jackendoff, 2002; Lerdahl, 2001; Lerdahl & Jackendoff, 1983; Patel, 2008; Hoch et al., 2008). Les relations de dépendances qui s'établissent entre les éléments qui constituent le contexte d'énonciation musical ou linguistique vont nous

²⁷ Les études en électrophysiologie dans le domaine des neurosciences s'intéressent à l'étude de l'activité électrique des neurones. L'électroencéphalogramme (EEG) est la principale méthode utilisée pour mesurer les potentiel d'action (amplitude du courant électrique produit par la neurone). Différentes neurones vont produire des potentiel d'actions avec des amplitudes plus ou moins grande selon le type de stimulation externe ou interne.

permettre de comprendre le message global à transmettre. L'intégration structurale et temporelle de ces éléments est donc à la base du fonctionnement des deux systèmes. La relation entre musique et langage s'établit donc bien au-delà d'une comparaison superficielle des éléments qui constituent chacun des systèmes (notes, phonèmes, motif, phrases, etc.). Leurs ressemblances se situent plutôt au niveau des *processus* qui permettent la mise en relation de ces éléments distinctifs.

1.1.2. Différences

Au départ, et pour bien cerner les points de comparaisons, il est essentiel de soulever les différences qui existent entre le langage et la musique. Le langage comprend certains éléments qui ne trouvent pas de correspondants en musique : les catégories de mot, les relations entre les constituants (syntagmes) et la présence de dépendances longue distance (Gibson, 1998; Slevc, 2012) en sont quelques-uns. Au plan purement musical, la musique tonale occidentale, possède à son tour des éléments qui ne trouvent pas de correspondants en langage: les hiérarchies de « pitch », les relations harmoniques, les patrons de tension et de résolution (Tillmann, 2002). En plus de ces différences au niveau des éléments qui entrent en relation structurale et temporelle, certains auteurs sont sceptiques quant à la pertinence d'utiliser des violations syntaxiques musicales pour tenter de démontrer la présence d'une organisation syntaxique dans laquelle les hiérarchies s'organisent de manière semblable au système langagier. Selon London (2012) dans (Patel, 2012), les réponses neuronales des sujets exposés à ces violations syntaxiques musicales sont plutôt engendrées pas un effet de surprise lors d'analyse de scènes auditives de haut niveau. Ainsi, les erreurs et les patrons neuronaux observés lors des violations musicales seraient plutôt le résultat d'un phénomène acoustique que d'un problème de traitement syntaxique comparable au traitement syntaxique langagier. Le problème avec cette hypothèse est qu'au moins une étude (Fedorenko et al., 2009) démontre que malgré l'absence d'incongruités acoustiques (i.e. violations), un simple changement de la relation structurale entre les éléments intégrés dans une structure hiérarchique suffit à provoquer une réponse neuronale atypique (Patel, 2012). L'intégration structurale et temporelle semble donc indépendante de l'analyse acoustique des scènes auditives. D'autres études ont contrôlé la possibilité d'un « effet de surprise » découlant d'un changement acoustique

(grâce à la manipulation du timbre, par exemple). Ainsi, ils évincent la possibilité que le changement de nature acoustique soit la cause d'une modulation des réponses neuronales mesurées (Koelsch et al., 2005; Slevc et al., 2009; Fedorenko, 2009).

Selon nous, la présence de ressemblances mentionnées ci-dessus entre les systèmes et l'absence de preuves empiriques permettant de conclure en l'absence d'une syntaxe musicale similaire à la syntaxe linguistique légitiment amplement l'exploration d'une comparaison entre les mécanismes qui sous-tendent la production des deux systèmes.

1.2. Rôle de la sémantique

Plusieurs chercheurs se sont récemment intéressés à l'interaction possible entre le traitement de la sémantique et le traitement de la musique (Besson et al., 1998; Bonnel et al., 2001; Poulin-Charronnat et al., 2005; Hoch et al., 2008; Escoffier & Tillmann, 2008;). Afin d'évaluer si la sémantique en langage puise dans les mêmes ressources neuronales que le traitement musical, les études qui s'intéressent à cette interaction testent l'effet du traitement sémantique langagier sur le traitement musical que l'on considère généralement syntaxique (i.e. le traitement harmonique). Ainsi, si les résultats démontrent une interaction entre la sémantique et la musique, on exclut la possibilité d'avoir une relation entre les corrélats neuronaux uniquement au niveau syntaxique. Ces résultats impliqueraient que la comparaison des systèmes peut être effectuée au-delà des aspects syntaxiques et que les aspects sémantiques qu'il est possible de mettre en relation avec le traitement musical doivent être considérés dans les recherches futures et dans l'élaboration d'outils linguistiques d'entraînement. Tel que mentionné, nous aurons l'occasion d'observer que les résultats obtenus dans les recherches sur le lien entre la sémantique et la musique sont très hétérogènes et permettent difficilement d'obtenir une définition claire des aspects sémantiques comparables à la musique, s'il en existe. La variabilité des résultats trouvés quant au lien possible entre la sémantique et la musique pourrait résulter du type de tâches utilisées et du type de violations sémantiques testées (voir section méthodes).

Malgré cette variabilité, afin de cibler le plus correctement les aspects sémantiques à tester qui sont pertinents à l'explication des données de la population aphasique, il faut d'abord se

poser la question suivante : est-ce que la structure argumentale²⁸ du verbe et le caractère +/- animé en langage font partie de la comparaison qui peut être effectuée avec le traitement musical? En effet, ces aspects sémantiques sont différents du traitement sémantique lexical puisque que ceux-ci peuvent varier en fonction des relations que l’item lexical entretient avec les autres éléments de la phrase (i.e. influence du contexte). Les recherches disponibles dans la littérature, pour le moment, effectuent le parallèle entre le traitement musical et langagier au niveau sémantique avec les erreurs sémantiques langagières typiques (lexicales) qui provoquent habituellement une N400²⁹ . Par exemple, dans la phrase *La girafe a un très long pied*, le mot *pied* introduit une erreur sémantique et évoque une N400 (Bonnell et al. 2001). Le problème avec ce type de violations est qu’elles ne permettent pas d’observer le rôle du caractère +/- animé des arguments du verbe alors que les résultats obtenus sur les données des aphasiques (i.e. passives) indiquent clairement qu’il y a un problème à ce niveau sémantique particulier. Ainsi, il est important de spécifier si l’attribution du caractère +/- animé des arguments et la satisfaction de la structure argumentale du verbe dépendent d’un système comparable au traitement de l’harmonie musicale. La découverte d’un tel lien permettrait de spécifier quels aspects du traitement sémantique puisent dans les mêmes ressources neuronales que le traitement musical si un partage des ressources neuronales est bien trouvé lors de l’intégration structurale et temporelle. La relation entre sémantique et musique doit être explorée davantage, mais de plus en plus d’évidences permettent de constater qu’un certain traitement sémantique s’effectue à l’aide des mêmes processus de traitement que le traitement de la cohérence harmonique (priming) (que l’on peut déjà mettre en relation avec le traitement syntaxique, résultats en section 1.4.2.), soit l’intégration structurale et temporelle des éléments en temps réel. D’ailleurs, des résultats qui vont dans ce sens sont déjà disponibles dans la littérature. En effet, tel que démontré dans Kuperberg (2007), l’intégration des rôles thématiques et du

²⁸ Nous considérons la structure argumentale comme un aspect syntaxique mais qui permet d’établir des relations de nature sémantique entre les arguments (e.g. le fait d’être un thème dans une phrase et un agent dans l’autre va différer selon les connaissances sémantiques activées sur chacun des items lexicaux). Ainsi, nous incluons cet aspect dans les aspects à l’interface syntaxe/sémantique.

²⁹ Réponse électrique des neurones (potentiel évoqué) qui s’observe par une déviation de l’onde avec un sommet d’amplitude qui apparaît environ 400 ms après le début de la présentation d’un stimulus langagier (communément observé lors de la présence d’une violation sémantique lexicale).

caractère +/- animé s'effectue lors du traitement en temps réel des éléments qui sont soumis aux règles morphosyntaxiques. D'ailleurs, les résultats sur la réversibilité sémantique proposent que les indices fournis par les connaissances sur le caractère animé des arguments pourraient aider ou nuire au traitement syntaxique à ce niveau précis. Par contre, il n'est pas encore clair si ces indices sont encodés en mémoire à long terme (MLT) (avec les items lexicaux testés dans les tâches d'amorçage sémantique) ou si ceux-ci émergent de l'utilisation d'un système computationnel responsable de l'intégration structurale et temporelle. Les résultats de Kuperberg (2007) abondent dans le sens de la deuxième possibilité. Puisque ces aspects sémantiques entretiennent une relation dynamique avec les processus syntaxiques lors de l'intégration structurale et temporelle des éléments contrairement aux items lexicaux qui peuvent être affectés de manière sélective (explication sur l'aphasie de Wernicke p.47), nous allons élaborer sur les résultats proposés par Kuperberg dans la section 1.3.2.2.

Bref, les violations sémantiques (sur les connaissances en MLT) utilisées dans la plupart des études trouvées dans la littérature ne sont peut-être pas celles à tester pour trouver une relation avec le traitement musical. Il est important de souligner que, comme le processus d'intégration structurale et temporelle est dynamique, il devient difficile de voir si l'interaction est présente entre la musique et la sémantique à ce niveau précis puisqu'il s'agit d'une intégration en temps réel pour laquelle la syntaxe et la sémantique sont en interaction parallèle et constante. Ainsi, il est impossible d'isoler complètement la sémantique de la syntaxe. Un lien trouvé entre sémantique et musique à ce niveau ne permettrait donc pas de conclure hâtivement à un partage des ressources neuronales puisque la syntaxe joue un rôle majeur dans l'intégration de ces aspects sémantiques. Cependant, la possibilité d'identifier les aspects sémantiques qui sont traités à ce niveau précis permettrait de circonscrire l'objet d'étude.

1.3. Paradigme d'amorçage et méthodes d'investigation

1.3.1. Test d'amorçage en langage

Le paradigme d'amorçage est très utilisé dans les études neurolinguistiques. La présence d'un effet d'amorçage permet d'en comprendre plus sur le traitement des items lexicaux. Nous croyons important de bien définir ce paradigme afin de rendre la lecture des résultats proposés dans ce chapitre plus aisée. La tâche d'amorçage (sémantique ou syntaxique) consiste en la présentation d'un contexte amorce qui est relié (sémantiquement ou syntaxiquement) ou non à un mot cible sur lequel les sujets doivent effectuer une tâche de décision lexicale (implicite) ou un jugement de cohérence (explicite). Dans le paradigme d'amorçage implicite, la tâche de décision lexicale n'est jamais reliée à ce que l'expérimentateur tente de mesurer puisque le sujet ne doit pas savoir ce qui est mesuré (e.g. le sujet doit décider si le mot appartient à la langue française ou non). Ce paradigme d'amorçage est une méthode d'investigation indirecte (Tillman, Hoch, & Marmel, sous presse). Ainsi, ce sont les temps de réaction lors de la décision lexicale qui sont mesurés et non l'exactitude de la réponse. Quant au paradigme d'amorçage explicite, le temps pris par le sujet à effectuer un jugement de cohérence est relié directement à ce qui est testé. Dans les deux cas, le but de ce test est de vérifier si la présentation d'un contexte amorce facilite ou non le traitement subséquent d'une cible. Normalement, un contexte amorce relié (sémantiquement ou syntaxiquement) facilitera le traitement de l'événement cible (i.e. le temps de réaction sera plus court) alors que lorsque contexte amorce n'est pas relié (sémantiquement ou syntaxiquement) à la cible, le traitement sera plus « difficile » (i.e. temps de réaction plus lent). Le contexte de présentation peut être court ou long. Dans un contexte court, en test d'amorçage implicite par exemple, l'amorce et la cible ne sont que des items lexicaux isolés d'un contexte d'énonciation (e.g. [*lion* (amorce) -*tigre* (cible reliée sémantiquement)] ou [*beurre* (amorce) -*tigre* (cible non reliée sémantiquement)]). Le contexte peut aussi être long (toujours en test d'amorçage implicite) et semble plus favorable à la mise en relation avec les contextes de communication orale spontanés. Dans un contexte long, la présentation de l'amorce est la suivante : [*Le skieur glisse sur la*] **neige** pour un contexte d'amorçage relié sémantiquement à la cible ou [*Le chauffeur conduit sur la*] **neige** pour un contexte d'amorçage non relié à la cible (Tillmann, Hoch, & Marmel,

sous presse). Quant au test d'amorçage syntaxique, il s'agit du même paradigme mais les violations sont syntaxiques et plus particulièrement morphosyntaxiques (e.g. erreur de genre entre le déterminant et le nom) dans les études qui seront présentées. Par exemple, Hoch et al. 2011 utilisent la violation morphosyntaxique : Le méchant chien dort dans le_(masc.)niche_(fém.). Il est à noter qu'au niveau électrophysiologique, l'onde évoquée lors de ce type de violation est une LAN (left anterior negativity). Bien que la violation soit morphosyntaxique, elle permet d'observer les réactions face à un problème syntaxique lors de la mise en relation des éléments dans une construction syntaxique (i.e. relation de dépendance) et de vérifier l'effet d'amorçage.

1.3.2. Test d'amorçage en musique

Le paradigme d'amorçage utilisé en psycholinguistique et décrit ci-dessus a été adapté au traitement des relations harmoniques musicales (Bharucha & Stoeckig, 1987). En test d'amorçage implicite, tous les accords présentés font partie de la tonalité mais la présentation de l'accord final de la progression sera plus ou moins attendue dans la tonalité présentée en contexte amorce. Par exemple une progression amorce dans la tonalité de C majeur faciliterait le traitement de la cible si celle-ci est l'accord de C (majeur) (i.e. accord attendu). En contrepartie, un accord cible de F# majeur sera inattendu dans un contexte amorce de C majeur. En amorçage explicite, le sujet doit effectuer une tâche de « décision lexicale » (e.g. juger de la consonance de l'accord équivaut à un jugement de grammaticalité en français) sur un accord cible. Le contexte des deux types de tâches peut aussi être court ou long (i.e. présentation de deux accords seulement en amorçage explicite³⁰ ou présentation de la cible à la fin d'une progression harmonique en amorçage implicite ou explicite).

1.3.3. Test d'amorçage en langage et en musique

Afin de vérifier l'interaction possible du traitement langagier (syntaxique et/ou sémantique) et musical, le test d'amorçage syntaxique ou sémantique sera jumelé au test d'amorçage musical (tâche double). S'il y a présence d'interaction entre le traitement musical et sémantique ou syntaxique, il y aura une différence de traitement musical lorsque celui-ci

³⁰ Deux accords sont présentés dont un dans lequel il peut y avoir une fausse note.

s'effectue en simultané avec un traitement sémantique ou syntaxique. Par exemple, dans le cas où l'effet d'amorçage sémantique ou syntaxique est plus fort³¹ lorsqu'il est accompagné d'une cible musicale dont l'amorce est harmoniquement reliée (ou attendu) que lorsque le test d'amorçage sémantique ou syntaxique est présenté seul, on pourrait conclure en une interaction puisque l'accompagnement harmonique facilite et augmente l'effet d'amorçage sémantique ou syntaxique. Par ailleurs, si les deux modes de traitement ne partagent pas de ressources neuronales, il n'y aura ni effet de facilitation ni une plus grande difficulté de traitement³². Bref, les résultats en tâche double (traitement linguistique et musical simultané) seraient les mêmes qu'en tâche simple s'il y a absence d'un partage des ressources.

Afin de tester les connaissances du sujet sur les structures syntaxiques musicales, la plupart des auteurs utilisent le paradigme d'amorçage implicite. D'ailleurs, le test implicite permet d'évacuer un problème du test d'amorçage explicite qui introduit des fausses notes. En effet, la présence d'une fausse note ou d'un accord joué sur un degré atonal peut provoquer une réponse neuronale atypique due à l'effet surprise entendu (phénomène acoustique). Pour respecter la structure syntaxique, les études récentes utilisent donc un accord inattendu mais possible dans la tonalité de la pièce. Enfin, afin de s'assurer que les résultats ne sont pas l'effet d'une amorce sensorielle, l'accord cible relié ne doit pas apparaître dans le contexte, ou du moins, moins souvent que l'accord cible non relié puisque cette répétition pourrait créer une facilitation grâce à l'encodage en mémoire échoïque d'une même note ou d'un même accord (Bigand, Poulin, Tillmann, Madurell & d'Adamo, 2003). Les résultats de Bigand & Pineau (1997) démontrent la présence d'une facilitation du traitement de la cible lorsque l'amorce est reliée et une diminution de la vitesse de traitement lorsque l'amorce n'est pas reliée, reflet d'une amorçage musical. En somme, il y a moyen de tester l'effet d'amorçage en musique sans qu'il s'agisse de la présence d'un phénomène acoustique puisque la tâche est implicite.

³¹ L'effet amorçage est fort lorsque le temps de réaction est plus court sur la tâche de décision lexicale en amorçage implicite.

³² Le traitement en tâche double qui présentent un accord non relié en même temps qu'un mot sémantiquement ou syntaxiquement non-relié entraîneraient une difficulté de traitement plus grande si les ressources étaient partagées.

En jumelant les tests d'amorçage musical définis ci-dessus aux tests couramment utilisés en linguistique, il sera possible d'appuyer ou non une hypothèse du partage des ressources pour le traitement musical et linguistique. Il est important de porter attention au caractère implicite et explicite des études rapportées dans ce mémoire puisque celui-ci peut être responsable de la variabilité dans l'interprétation des résultats.

1.3.4. Méthodes d'investigation: avantages et inconvénients

1.3.4.1. Études comportementales

Les études comportementales permettent surtout de donner des indices indirects sur le traitement cognitif sous-jacent à l'interaction de deux composantes (syntaxe et sémantique) dans le cerveau (Kuperberg, 2006).

1.3.4.2. Études en neuropsychologie

Les études en neuropsychologie (patients cérébrolésés) possèdent plusieurs avantages puisqu'elles permettent d'observer les effets d'une lésion cérébrale sur un comportement que l'on tente de décrire et de comprendre chez les normaux. En effet, une lésion à l'aire de Broca, dans le cas qui nous concerne, permet d'observer les impacts au niveau comportemental et permet d'effectuer des liens théoriques entre les corrélats neuronaux et les aspects du langage à étudier. Malgré les avantages, l'interprétation des résultats doit toujours s'effectuer avec prudence. La variabilité des sujets, de leur portrait cognitif autant que de leur niveau d'éducation peut avoir une incidence sur les comportements observés et empêcher la généralisation automatique des résultats. De plus, les symptômes peuvent varier et rendre difficile la catégorisation de certains symptômes. Par exemple, un patient avec une lésion à l'aire de Broca possède aussi certaines difficultés de compréhension, symptôme habituellement attribué à l'aphasie de Wernicke. Par contre, plusieurs manifestations des déficits observées de manière récurrente chez la population aphasique permettent de tracer un portrait clinique global et d'effectuer des liens pour mieux comprendre le fonctionnement du langage.

1.3.4.3. Études en électrophysiologie

Les études en électrophysiologie permettent d'observer l'impact d'un événement externe (sensoriel) ou interne (activité cognitive) sur les réponses neuronales. Dans le cas qui nous

concerne, l'activité interne peut être modulée par l'introduction de violations syntaxiques, sémantiques et musicales. Chacune des violations va provoquer une modification de la réponse électrique (i.e. amplitude de l'onde) produite par le système nerveux. Le traitement simultané de deux types de violations peut provoquer une simple additivité des ondes (ce qui représente une indépendance du traitement) ou influencer l'amplitude des ondes habituellement associées à chaque type de violation. Une modification s'interprète comme une influence d'un traitement x sur un traitement y. D'un point de vue cognitif, les récentes techniques en imagerie permettent de plus en plus de comprendre les corrélats neuronaux associés aux comportements spécifiques. Ces techniques permettent d'observer des correspondances entre musique et langage au niveau de ces corrélats. Bien qu'il soit impossible de considérer les résultats en imagerie comme étant issus d'une relation de cause à effet, ces résultats permettent d'établir de fortes corrélations entre un traitement linguistique ou musical et ses implications au niveau cognitif (tant au niveau spatial que temporel). Cet outil d'investigation a permis aux scientifiques de faire un pas énorme dans la découverte des régions cérébrales associées au langage et à la musique.

1.4. Hypothèses

Deux grandes hypothèses sur le traitement du langage et de la musique s'opposent dans la littérature. La première se base sur le principe de modularité (Fodor, 1983). Selon ce principe, l'observation de corrélats neuronaux spécifiques au traitement musical ou linguistique appuie l'hypothèse de l'indépendance du traitement musical et langagier. Plusieurs cas de double dissociation au sein de la population des cérébrolésés ont permis d'appuyer cette hypothèse. Tout d'abord, la présence d'amusie sans aphasie (Peretz et al. 1997; Dorgeuille, 1966; Marin, 1982; Hébert et al., 2003; Peretz, et al., 1994; Peretz & Coltheart, 2003) suggère une spécialisation de certaines zones cérébrales (principalement latéralisées à droite) pour le traitement musical. A contrario, la présence d'aphasie sans problème de traitement musical suggère la spécialisation de certaines zones cérébrales (principalement latéralisées à gauche) responsable uniquement du traitement du langage (Signoret et al, 1985; Basso & Capitani, 1985).

Par contre, Patel (2003) s'objecte à la conclusion que cette double dissociation implique une indépendance absolue des deux systèmes. Il propose plutôt une vision où ces deux modalités font appel à la fois à des ressources communes et à des ressources différentes. Il s'agit de la *Shared Syntactic Integration Resource Hypothesis* (SSIRH). La SSIRH stipule que les représentations langagières et musicales sont stockées *indépendamment* dans la MLT (ce qui peut expliquer le déficit sélectif), mais que les ressources cognitives requises pour l'intégration structurale et temporelle de ces représentations sont *partagées* par la musique et le langage et que la mémoire de travail syntaxique est impliquée dans l'utilisation de ces ressources (Faveash & Pammer, 2012; Hoch et al. 2008). Cette hypothèse permet l'unification des résultats des études tant en neuropsychologie qu'en imagerie cérébrale. En effet, plusieurs résultats en électrophysiologie ont permis d'observer des corrélats neuronaux similaires au traitement du langage et de la musique, plus particulièrement au niveau syntaxique (Patel, 2003). Les résultats les plus connus concernent l'évocation d'une onde ELAN (early left-anterior negativity) autour de 180 ms lors du traitement d'une violation syntaxique³³ et d'une onde ERAN (early-right anterior negativity) autour de 200 ms lors du traitement d'une violation musicale harmonique. Les deux ondes sont interprétées comme le reflet des processus rapides et automatiques de détections d'erreurs syntaxiques tant en musique qu'en langage. Plusieurs résultats démontrent aussi l'importance du contexte dans l'intégration des éléments et un traitement plus tardif est reflétée par l'onde N400 présente lors du traitement d'une violation sémantique et l'onde N5 lors d'une violation musicale (évoquée lors de violations harmoniques plus subtiles comme la présence d'un accord final inattendu mais possible (IV)). Les ondes N400 et N5 peuvent donc être comparées puisque les deux sont évoquées lors de l'interruption du processus d'intégration des structures dans un contexte plus large (e.g. cohérence sémantique et contexte tonal). Ainsi, de plus en plus d'études tendent à démontrer la validité de la SSIRH (Fiveash & Pammer (2012); Fedorenko et al. (2009); Hoch & Poulin-Charronnat (2008); Hoch & Tillmann (2012); Slevc (2012); Koelsch et al. (2005)). Ce chapitre fera un survol des études qui nous permettent de considérer les deux

³³ Ne pas confondre avec l'onde LAN qui concerne les violations morpho-syntaxiques (e.g. violation de l'accord en genre entre un nom et un article).

hypothèses afin d'en comprendre davantage sur la nature du lien qui unit ces deux modes de communication. En effet, selon nous, la présence de spécificité de traitement de certaines aires du cerveau pour accomplir une tâche linguistique ou musicale n'exclut pas la possibilité que certains aspects du traitement puissent partager des ressources neuronales. En clarifiant les aspects du traitement que l'on peut mettre en lien, il sera envisageable de proposer des méthodes d'intervention adéquates auprès de la population aphasique. En effet, en considérant le cerveau musicien sous la loupe de l'électrophysiologie, il est possible de croire fortement en une plasticité cérébrale qui pourrait avoir un impact positif sur le cerveau des aphasiques. Un entraînement adéquat, spécifique et continu pourrait également avoir un impact positif sur leurs performances langagières.

1.4.1 Modularité du traitement

Dans cette section nous présentons quelques études qui tendent à appuyer l'hypothèse de la modularité des fonctions cognitives. Par contre, on pourra constater que ces études concernent principalement le traitement de la sémantique en langage et son lien potentiel avec le traitement harmonique musical. Au niveau syntaxique, peu d'études comportementales ou électrophysiologiques ont permis d'observer une indépendance du traitement linguistique et musical. Malgré l'importance des observations en neuropsychologie sur la dissociation entre musique et langage, il existe un certain consensus dans la littérature quant à la validité d'une relation entre le traitement de la syntaxe musicale et linguistique (Besson, Faïta, Peretz, Bonnel, & Requin, 1998). Ainsi, les résultats qui permettent d'opter pour une modularité proviennent principalement d'études sur la relation entre la sémantique et la musique. Bien que les études en neuropsychologie semblent indiquer des différences de traitement, la variabilité des lésions, la variabilité interindividuelle, le niveau d'éducation et le contexte de testing, entre autres, sont des facteurs qui, selon nous, permettent de tracer un portrait cognitif trop large pour évincer d'emblée la possibilité que certains aspects des deux systèmes puissent partager des ressources neuronales.

1.4.1.1. Études comportementales

Tel que mentionné dans la section sur le rôle de la sémantique, les études comportementales utilisent principalement la tâche d'amorçage afin de voir si le traitement sémantique en

langage partage certaines ressources neuronales avec le traitement musical. Les études qui seront présentées utilisent différents types de tests d'amorçage et les résultats peuvent différer selon la modalité de présentation du test. En effet, les premières études (Besson et al. 1998; Bonnel et al. 2001) ont utilisé la mélodie chantée avec des paroles pour vérifier la relation entre le traitement sémantique et musical. Comme vous pourrez l'observer, d'autres auteurs (Hoch et al. 2008) ont souhaité retester cette relation en multi-modalités pour des raisons qui seront précisées dans cette section.

Une des études les plus citées qui a démontré une indépendance du traitement sémantique et musical est celle de Bonnel et al., 2001. Cette étude tente de définir s'il y a une interaction entre le traitement des paroles et de la mélodie dans une mélodie chantée. La sémantique est la principale composante linguistique manipulée. Les stimuli sont des phrases qui se terminent sur un mot sémantiquement cohérent ou incohérent avec le contexte précédent (e.g. la girafe a un très long *cou* vs *pied*). Tel que mentionné précédemment, la mélodie qui accompagne simultanément les paroles se termine soit sur un accord qui est attendu ou non (i.e. un accord de tonique en final est plus attendu qu'un accord de sous-dominante). La tâche du sujet est de détecter les incongruités musicales ou sémantiques, il s'agit donc d'une tâche de nature explicite dans laquelle le sujet doit effectuer un jugement de cohérence. La prédiction des auteurs (Bonnel et al., 2001) était que les sujets présenteraient une plus grande difficulté en double tâche (jugement musical et linguistique à la fois) si les deux types de traitement partagent les mêmes ressources de traitement. En effet, une compétition pour les ressources neuronales ralentira le traitement si celui-ci puise dans le même « pool » de ressources. Les résultats démontrent que les sujets sont aussi performants en tâche simple (jugement musical ou linguistique) qu'en tâche double (les deux à la fois). Étant donné que les participants arrivent à traiter les deux stimuli et que les réponses sont aussi bonnes qu'en tâche simple, les auteurs en concluent que chaque type de traitement requiert l'utilisation de ressources neuronales différentes. Selon ces résultats, les paroles et la mélodie seraient intégrées en un seul percept plus tard, après le processus de traitement en temps réel, il n'y aurait donc pas de compétition pour les mêmes ressources lors du traitement en temps réel. Les résultats obtenus sur le traitement séparé des paroles dans une mélodie chantée, en temps réel, font objet de controverse. Poulin-Charronnat et al. (2005)

ont utilisé une expérience similaire à celle de Bonnel et al. (2001) (i.e. modalité auditive seulement). Cependant, la tâche d'amorçage était implicite (i.e. tâche de décision lexicale). Les résultats suggèrent une facilitation du traitement sémantique d'une cible reliée à l'amorce lorsque celle-ci était accompagnée d'un accord chanté sur la tonique (accord attendu). L'effet d'amorçage sémantique était donc plus fort lorsque le dernier mot (sur lequel les sujets devaient effectuer une décision lexicale) était chanté sur un accord attendu. Ce résultat suggère des processus communs au traitement sémantique et musical. Selon ces résultats, contrairement à Bonnel et al. (2001), l'intégration de la mélodie et des paroles en un seul percept s'effectuerait lors du processus de traitement en temps réel (ce qui suggère une interaction entre le traitement des paroles et de la mélodie) et non pas au moment d'entrer dans la mémoire à long terme après le traitement en temps réel (Bonnel et al. 2001). Selon eux, le manque de compétition pour les ressources utilisées dans le traitement en temps réel observé par Bonnel et al. (2001) pourrait être expliqué par la nature de la tâche. En effet, dans l'expérience de Bonnel et al. (2001), les sujets auraient pu orienter leur attention sur un seul des deux éléments (paroles ou mélodie) du percept auditif afin d'effectuer un bon jugement de cohérence (i.e. tâche explicite). Par ailleurs, selon Hoch, Tillmann et Poulin-Charronnat (2007), même en tâche implicite, l'intégration des paroles et de la mélodie dans un même signal acoustique pourrait permettre « de favoriser l'émergence d'une interaction entre les traitements musical et sémantique » (Hoch et al., 2008, p. 41). Cette interaction réduirait la demande attentionnelle nécessaire au double traitement et pourrait être à la base des résultats trouvés par Poulin-Charronnat et al. (2005). Or, afin de tester cette possibilité, ils ont repris l'expérience en deux modalités plutôt qu'une. Les stimuli linguistiques étaient présentés visuellement et les stimuli musicaux étaient présentés de manière auditive. Les sujets devaient effectuer une tâche de décision lexicale. Les résultats suggèrent une facilitation du traitement lexical du mot cible par la présence d'un accord attendu (comme dans Poulin-Charronnat) présenté en synchronie. Par contre, contrairement à Poulin-Charronnat, l'effet d'amorçage sémantique était aussi efficace, peu importe si le stimulus musical accompagnant l'amorçage sémantique était attendu ou non. Ce résultat suggère que les processus musicaux et sémantiques sont traités séparément. Ainsi, la fonction tonale du dernier accord influence le traitement lexical (i.e. exactitude de la décision lexicale), mais ne module pas le traitement sémantique (i.e. temps

de réponse). Dans la même étude, les auteurs ont démontré que l'amorçage syntaxique était plus fort (i.e. temps de réponses plus courts) lorsque le mot cible était présenté en synchronie avec un accord attendu. Ces résultats suggèrent une indépendance du traitement sémantique et musical et une interaction du traitement syntaxique et musical. Cependant, l'importance du contexte de testing est primordiale pour permettre de conclure en une interaction ou non. Dans les études de Besson et al. (1998) et de Bonnel et al. (2001), la nature de la tâche (jugement explicite) aurait pu « inciter les participants à analyser séparément les structures musicales et sémantiques et entraîner une diminution des effets d'interférence entre les traitements musical et sémantique » (Hoch, Tillmann & Poulin-Charronnat, 2008, p.46). L'intégration de la mélodie et des paroles en un seul percept semble influencer positivement les capacités attentionnelles et ne semble pas être le reflet d'un manque d'interaction ou de compétition des ressources entre le traitement langagier et musical, du moins au niveau syntaxique. Ces résultats sont importants afin de déterminer si les outils d'entraînement devront consister en l'utilisation de stimuli intégrés en un seul percept ou non. La méthodologie de Hoch, Tillmann & Poulin-Charronnat (2008) (i.e. l'utilisation de la tâche implicite d'amorçage pour tester la syntaxe de la même manière que la sémantique) semble donc plus adéquate afin de tester les connaissances implicites des sujets puisqu'elle permet d'évincer l'influence possible des processus attentionnels sur le traitement.

1.4.1.2. Études en neuropsychologie

Tel que mentionné en introduction, les études en neuropsychologie sont celles qui ont permis d'apporter le plus grand nombre d'arguments en faveur de l'hypothèse d'une indépendance de traitement linguistique et musical. L'hypothèse du traitement modulaire est née de l'observation de l'influence d'une lésion dans une région cérébrale précise sur le traitement linguistique ou musical. Cette approche permet, entre autres, d'émettre des hypothèses sur la localisation cérébrale de ces traitements. Toutefois, Patel (2003) soulève que la majorité des patients qui présentaient une aphasie sans amusic étaient des musiciens professionnels. L'expertise des sujets pourrait alors permettre de préserver les capacités musicales en cas d'aphasie. D'ailleurs, il est de plus en plus possible de démontrer que l'expertise musicale en elle-même module l'organisation neuronale de façon générale

(Patel, 2011). Étant donné le portrait cognitif différent qui émerge du cerveau des musiciens, il semble tout à fait logique que les résultats soient différents pour ceux-ci que pour ceux obtenus chez une population normale. En réponse à ce contre-argument, Peretz (2001) soulève le fait que si l'expertise musicale était en jeu dans le déficit sélectif du langage, le patron inverse (amusie sans aphasie) chez une population de non-musiciens ne pourrait pas être observé. Or, elle conclut que le dysfonctionnement sélectif musical en soi au sein de cette population appuie cette position. Cependant, ceci pose la question suivante, une réponse positive pourrait affaiblir la position de Peretz : ne sommes-nous pas tous experts en langage, en quelque sorte? Patel (2005) démontre également que les aphasiques qui montrent des problèmes de compréhension syntaxique ont aussi des problèmes de syntaxe musicale. La tâche d'amorçage harmonique est utilisée afin de tester cette hypothèse. Les sujets sont présentés avec un accord amorce (C majeur) et deux accords cibles qui sont soit harmoniquement distants (E majeur) ou proches (D majeur) de l'accord amorce (voir figure 1). Dans ce paradigme, les sujets doivent juger de l'accord cible et dire si celui-ci est « tuned » (juste) ou « mistuned » (faux) comparativement à l'accord amorce. S'il y a présence de l'effet d'amorçage harmonique, les temps de réaction devraient être plus rapides pour juger de l'accord proche que les temps de réaction pour juger de l'accord distant. Si les sujets ont des temps de réaction plus rapides, il s'agit d'une indication que ceux-ci montrent l'effet de l'amorçage harmonique, reflet de connaissances implicites sur la structure harmonique. Les résultats de Patel 2005 démontrent que les temps de réaction des aphasiques sont plus lents que les temps de réaction des normaux. Ainsi, les aphasiques n'arrivent pas à activer les connaissances implicites qu'ils possèdent sur la hiérarchie harmonique à établir (hiérarchie que les non-musiciens réussissent à établir autant que les musiciens). Il est à noter que la possibilité de l'effet de surprise dû au traitement acoustique a été contrôlé dans cette étude et que les temps de réaction pris en considération étaient les temps de réaction des accords justes (« tuned ») présentés en contexte cible en lien avec l'amorce.

En somme, les résultats en neuropsychologie suggèrent effectivement une spécialisation du traitement musical et linguistique. Par contre, une investigation en profondeur permet d'observer que certains aspects du traitement sont atteints dans les deux systèmes, malgré

un portrait cognitif différent et la présence d'une spécialisation du traitement (amusie ou aphasie).

1.4.1.3. Études en électrophysiologie

La première étude en électrophysiologie qui a permis d'observer une dissociation entre le traitement linguistique et musical est l'étude de Besson et al. (1998). La dimension linguistique testée en relation avec le traitement musical était la sémantique. Dans cette étude, une tâche de jugement explicite était présentée aux sujets sur la cohérence musicale et linguistique, soit de manière séparée ou de manière simultanée. Une violation sémantique évoquait une N400 (normalement déclenchée par des incongruités de type sémantique, telles *Luc a dévoré un nuage en trois secondes*) alors qu'une violation musicale évoquait une onde à environ 800 ms, très semblable à la P600 que l'on retrouve lors d'une violation syntaxique linguistique (*Luc a dévoré pour un biscuit en trois minutes*). Selon les auteurs, si le traitement est partagé entre la sémantique et la musique, une présentation simultanée d'incongruité sémantique et musicale devrait entraîner une différence de réponses électrophysiologiques. Or, les résultats obtenus démontrent une simple additivité des ondes, ce qui suggère une indépendance de traitement de la sémantique et de la musique. L'étude de Koelsch et al. (2005) obtient les mêmes résultats. Dans cette étude, une violation musicale évoquait une onde ERAN (early-right anterior negativity) communément associée à l'onde ELAN (early left-anterior negativity) pour une violation syntaxique linguistique. Une modulation sémantique entraînait une N400. La modulation de la cohérence linguistique au niveau syntaxique influençait l'amplitude de l'onde ERAN habituellement associée au traitement de la musique. Par contre, l'amplitude de l'onde N400 n'était pas influencée par la modulation de la cohérence musicale. Ainsi, les résultats démontrent une interaction entre le traitement syntaxique linguistique et musical mais une indépendance au niveau du traitement sémantique et musical.

1.4.1.4. Latéralisation

Les études sur la latéralisation du langage sont très importantes afin de circonscrire le rôle de chaque hémisphère dans le traitement des multiples aspects du langage et de la musique. Selon Slevc (2012), la latéralisation du langage dans l'hémisphère gauche et celle de la musique dans l'hémisphère droit pourrait refléter non pas une modularité du traitement,

mais un traitement acoustique différent. En d'autres mots, le traitement des sons de la parole et des sons de la musique serait différent sur plusieurs points. L'hémisphère gauche se spécialise plus particulièrement dans le traitement des signaux rapides présents en langage et dans l'intégration temporelle des éléments acoustiques. À l'opposé, dans l'hémisphère droit, le traitement auditif s'occupe de l'information spectrale, des changements de pitch (composante première des sons provenant de mélodies en musique et de l'intonation en langage). Or, il est important, encore une fois, d'être prudent et de spécifier quelles composantes permettent d'obtenir une signature neuronale particulière. Par exemple, une différence dans la latéralisation ne permet pas de conclure hors de tout doute que la musique et le langage ne partagent pas certaines ressources à différents niveaux du traitement de l'information. Au plan acoustique, le traitement est différent et permet l'observation de différents corrélats neuronaux, mais certains aspects traités dans l'hémisphère gauche et associés principalement au langage sont aussi primordiaux pour le traitement musical et vice versa. Par exemple, le traitement du pitch en langage est aussi très important à la compréhension (e.g. compréhension de la présence d'une question grâce à l'intonation montante en fin d'énoncé) bien que son traitement acoustique soit associé à l'hémisphère droit. Des études récentes ont démontré que les sujets amusiques présentent des difficultés à traiter certains aspects du langage tels que l'intonation ou le ton lexical dans les cas les plus sévères (Liu et al., 2010; Nan et al., 2010). Ces études abondent dans le sens de la proposition de Slevc (2012) à l'effet que certains aspects langagiers et musicaux partagent des ressources neuronales de traitement et que la présence d'une amusie n'est pas toujours sans occasionner certains problèmes langagiers. Ces résultats permettent de plus en plus d'opter pour un partage des ressources.

Conclusion sur la modularité du traitement

Tel que mentionné, la plupart des études qui démontrent une indépendance du traitement du langage avec le traitement musical concernent particulièrement la sémantique. Ces résultats pourraient appuyer l'idée que la composante de traitement commune au langage et à la musique concerne uniquement la syntaxe. Peu d'études en linguistique ou en neuropsychologie démontrent le cas de patients qui auraient des problèmes au niveau de la

sémantique mais non au niveau de la syntaxe. L'observation de ce portrait cognitif permettrait de spécifier quels aspects sémantiques peuvent être exclusivement touchés sans que la syntaxe le soit nécessairement. En spécifiant ces aspects, il sera possible d'effectuer des comparaisons avec les aspects musicaux communs au traitement langagier de manière plus précise. Les aphasiques de Wernicke³⁴ semblent, a priori, correspondre à ce portrait cognitif. Les items sémantiques qui seraient exclusivement atteints dans l'aphasie de Wernicke par exemple seraient les items encodés dans la MLT, c'est-à-dire les items lexicaux possédant une forme et un sens. Or, dans une atteinte sémantique sélective, ces items sont non disponibles, d'où l'incohérence de sens des énoncés produits par les aphasiques de Wernicke. Pourtant, il semble que leur syntaxe soit intacte puisqu'ils arrivent à construire des énoncés syntaxiques avec un ordre des constituants adéquat (Zurif et al. 1993). Ainsi, selon Kuperberg (2007), cette idée peut être plausible dans la mesure où la notion de sémantique est scindée en deux parties. Une première sémantique se définit par l'association de forme et de sens des éléments qui sont encodés en MLT. Le deuxième aspect sémantique concerne l'établissement des relations à établir entre ces éléments (encodés en MLT avec les concepts associés). Lorsque les items lexicaux sont réactivés pour le traitement en temps réel, la mémoire de travail et les processus attentionnels permettent d'effectuer les opérations computationnelles nécessaires à l'intégration de ces items dans une construction syntaxique. Cette dernière définition de la sémantique devrait pouvoir exclure toute notion de sens (au sens Saussurien), mais inclure l'attribution de traits particuliers tels le caractère +/- animé et les caractéristiques sémantiques nécessaires qui serviront à satisfaire la structure argumentale du verbe en présence. En effet, les aspects « sémantiques » touchés dans l'aphasie de Broca sont manipulés en temps réel à l'interface syntaxe-sémantique et semblent correspondre à la deuxième sémantique proposée par Kuperberg. En premier lieu, les résultats obtenus par Kuperberg en imagerie permettent de penser que l'attribution des rôles thématiques est totalement syntaxique. Or, il reste à observer la nature de l'attribution du caractère +/- animé au niveau du traitement en temps réel. Ces résultats expliquent, entre autres, que les aphasiques de Wernicke puissent

³⁴ L'aphasie de Wernicke résulte d'une lésion à la région supérieure et postérieure du lobe frontal gauche et est habituellement caractérisée par un problème de compréhension du langage

conserver une bonne syntaxe, mais avoir une sémantique touchée. Cette population pourrait être testée sur sa capacité à traiter les aspects sémantiques que nous croyons être à l'interface syntaxe/sémantique, lors de l'intégration structurale et temporelle en temps réel. Par contre, la difficulté de cette population à comprendre même les consignes rend cette option plutôt impossible. Selon nous, cette explication permet de spécifier que le traitement à l'interface syntaxe/sémantique est assez distinct de la notion de sémantique que plusieurs auteurs tentent de mettre en relation avec la musique à l'aide des tâches d'amorçage (i.e. première définition de la sémantique). Cette suggestion d'une « double sémantique » correspond tout à fait à la SSIRH, pour laquelle les représentations sont stockées en MLT et peuvent être affectées de manière sélective, alors que les ressources communes peuvent continuer à mettre les éléments en relation dans une structure syntaxique cohérente.

1.4.2. Partage des ressources cognitives de traitement musical et linguistique

Les hiérarchies tonales et harmoniques permettent de comprendre l'organisation interne du système musical, les possibilités et les impossibilités de combinaisons des éléments dans une structure syntaxique « grammaticale » (Francès, 1958; Bigand & Pineau, 1997) (voir notions préliminaires sur la force de lien harmonique à la section 1.3.1. du chapitre 1). L'auditeur possède une connaissance implicite du système auquel il a été exposé dès l'enfance. Par exemple, l'effet de l'accord de tonique ne dépend pas de l'expertise musicale et a pu être observé chez tous les auditeurs de musique tonale occidentale (Tillmann, 2005). Cette section permettra de mettre en relation ces connaissances implicites et leur traitement avec le traitement langagier syntaxique et sémantique. Les corrélats neuronaux similaires pour le traitement musical et langagier nous incitent fortement à opter pour une hypothèse du partage des ressources (SSIRH).

1.4.2.1. Études comportementales

Les résultats les plus récents se trouvent chez Slevc, Rosenberg & Patel (2009). L'expérience utilisée est le « self-paced reading ». Le sujet doit lire des segments de textes (comportent entre un et quatre mots) accompagnés par des accords. Dans cette étude, le sujet manipule lui-même son temps de lecture puisqu'il doit appuyer sur un bouton pour introduire le prochain segment accompagné d'un accord. Le temps de lecture est mesuré afin de vérifier si l'introduction d'une violation syntaxique, sémantique ou harmonique

ralentit le temps de lecture. À la fin de la lecture de la suite de segment, le sujet doit répondre à une question de compréhension, l'incitant ainsi à porter attention à chacun des segments et à chacun des stimuli (musical et langagier). Ce procédé permet de s'assurer que le focus attentionnel n'est pas uniquement orienté sur un des deux stimuli. Les mots mesurés par l'expérimentateur peuvent introduire une erreur sémantique ou une anomalie syntaxique et sont accompagnés d'un accord attendu ou inattendu. Les résultats obtenus suggèrent une interaction du traitement syntaxique musical et linguistique puisque le temps de lecture des mots qui introduisent une violation syntaxique est nettement plus lent lorsque celui-ci est accompagné d'un accord inattendu plutôt que d'un accord attendu. Or, deux violations syntaxiques (musicale et linguistique) qui nécessitent le recours au même « pool » de ressources neuronales vont provoquer un ralentissement significatif du traitement. Le même effet n'était pas observé pour les violations sémantiques, en accord avec les résultats de Hoch et al. (2007).

1.4.2.2. Études en neuropsychologie et en électrophysiologie

La plupart des études sur l'hypothèse du partage des ressources optent pour l'observation de l'impact d'une lésion à l'aide des méthodes électrophysiologiques. En jumelant la neuropsychologie à l'électrophysiologie, il est possible d'obtenir un portrait plus précis des impacts d'une lésion sur le traitement linguistique ou musical. Ainsi, les études électrophysiologiques décrites ci-dessous pourront être mises en relation avec les résultats trouvés sur les sujets aphasiques en neuropsychologie afin de bien cerner la nature du déficit. Patel et al. (1998) ont observé la présence d'une onde P600 lors d'une violation harmonique musicale. Cette onde est aussi généralement associée à une violation syntaxique en langage (v. ci-dessus). La présence d'une réaction neuronale similaire permet de croire en un chevauchement des ressources neuronales pour le traitement du langage et de la musique. De plus, tel que mentionné dans la section 1.4.1.4, plusieurs auteurs ont démontré l'influence du traitement musical sur le traitement linguistique par l'observation des modulations occasionnées sur l'amplitude des ondes associées à une violation syntaxique et musicale (Koelsch et al., 2005). Cependant, la prudence est de mise quant à l'interprétation de ces résultats. En effet, nous nous sommes penchés sur les résultats de Kuperberg (2003, 2006, 2007) qui permettent d'observer une onde P600 dans certains

contextes sémantiques (P600s) sans aucune violation syntaxique et sans la présence d'une N400 normalement associée à une violation sémantique. Par exemple, prenons la phrase suivante:

(5) « Every morning at breakfast the eggs would *eat*... » (Kuperberg, 2007).

L'association du verbe *eat* et du NP *the eggs* dans la phrase (6) provoque une incongruité sémantique, mais ne viole aucune règle syntaxique. Pourtant, l'onde observée est une P600. Il est important de spécifier qu'avec certains verbes (e.g. psychologiques), la même violation va permettre d'observer la N400 en plus de la P600 (Bourguignon et al. 2012). Malgré la variabilité des résultats observés, nous tenterons de décrire le modèle proposé par Kuperberg tout en gardant à l'esprit que le sujet de la P600s est controversé. En effet, si le rôle de la sémantique est important dans l'intégration structurale et temporelle des éléments, il sera essentiel de le considérer dans l'élaboration de stimuli propres à l'entraînement des aphasiques et d'éviter les contextes sémantiques de relation verbe-argument qui pourront réduire l'efficacité de l'entraînement syntaxique. Selon nous, l'analyse de Kuperberg est celle qui, jusqu'ici, nous permet de se rapprocher le plus de cet objectif. Nous suggérons donc d'utiliser des phrases qui ne sont pas construites à l'aide de verbe psychologiques étant donné le rôle particulier que ceux-ci semblent jouer mais de considérer le caractère +/- animé et la structure argumentale des autres verbes que les verbes psychologiques. Bref, une étude théorique et expérimentale plus approfondie sur le sujet des verbes psychologiques doit être effectuée avant de l'introduire dans notre analyse. Malgré cette controverse au sujet des verbes psychologiques, les résultats obtenus par les études sur la P600s (Kuperberg (2007); Kim & Osterhout 2005; Bourguignon 2013) permettent de croire de plus en plus à la présence de deux types de traitement sémantique. Le premier type sémantique concerne les connaissances sémantiques qui relient les éléments du lexique et les regroupent en catégories sur la base de leurs traits sémantiques. Ces connaissances sont encodées en mémoire sémantique sous forme de lexique. Le deuxième type sémantique (qui nous intéresse particulièrement) se situe au niveau de l'intégration structurale et temporelle des éléments. L'hypothèse de Kuperberg est que le traitement sémantique à ce niveau est facilité par les notions sémantiques encodées en MLT (i.e. mot au sens Saussurien) et que, pour cette raison, les patrons de déficits sémantiques observés lors d'un dysfonctionnement

computationnel varient plus grandement que les déficits syntaxiques qui, eux, ne bénéficient pas de connaissances syntaxiques encodées en MLT. Comme les résultats sur le traitement de structures complexes et des constructions passives chez les aphasiques le suggèrent, le caractère +/- animé et la relation verbe-argument semblent jouer un rôle dans le traitement des énoncés. L'observation d'une P600s, mais surtout d'une variation de l'amplitude de celle-ci, semble être en lien avec la nature de la relation qui existe entre le verbe et ses arguments. Certains facteurs facilitent ou empêchent l'intégration structurale et temporelle des éléments et semblent avoir une influence directe sur l'amplitude de l'onde P600s. Les facteurs seront énumérés sous forme de liste afin de faciliter la lecture.

- 1) « semantic-thematic attraction » (Kim & Osterhout, 2005) ou « semantic-thematic fit » (Kuperberg et al., 2006a) :

Ce premier facteur concerne la possibilité que l'argument qui cause un « problème sémantique » puisse jouer un autre rôle thématique plausible dans la phrase. Ce serait le cas de « eggs » qui aurait la possibilité d'être un thème dans l'exemple (6). Les auteurs ont trouvé qu'à lui seul ce facteur n'est pas responsable du déclenchement de la P600s (voir détail dans Kuperberg).

- 2) violation de la structure thématique du verbe : rôle du caractère +/- animé :

En plus de l'attraction sémantique, les auteurs remarquent le rôle du caractère animé des arguments. Le NP -animé en position Agent lorsque le verbe demande un Agent + animé semble jouer un rôle important dans l'évocation d'une P600s. Cependant, bien qu'étant un facteur important, la violation du caractère animé à elle seule n'est pas suffisante pour évoquer une P600. De plus, les résultats démontrent que la P600s est de plus grande amplitude lorsque le verbe est intransitif et qu'un argument inanimé est en position préverbale. Dans ce cas-ci, plus de contraintes thématiques sont violées que dans une construction avec un verbe transitif. En effet, le verbe intransitif n'accepte tout simplement pas de thème. Alors, même si l'argument en position préverbale possède un lien sémantique avec le verbe, il ne pourrait pas être un thème, la violation est donc plus grande.

- 3) Plausibilité

Afin de provoquer une P600s, la phrase doit être possible puisqu'une phrase impossible provoquera simplement une N400. Lorsque l'interprétation de la relation verbe-argument est possible, mais erronée, la P600s sera de plus grande amplitude.

L'hypothèse des auteurs est que si les violations de rôles thématiques engendrent une P600 avec la même distribution sur le scalp et une amplitude similaire à la P600 syntaxique, il y a de fortes chances de penser que les mêmes processus neuronaux traitent ces deux aspects du langage (2006). Ce modèle dynamique de traitement permet d'accorder à la sémantique la possibilité de mettre à l'épreuve les structures syntaxiques même si celles-ci sont simples et bien construites. Les implications pour l'analyse des données fournies par les sujets aphasiques sont primordiales. En effet, ces résultats démontrent que la difficulté de traitement n'est pas strictement syntaxique, mais qu'il y a plutôt une interruption de la bonne relation entre le système sémantique et combinatoire de la syntaxe. Cette hypothèse permet d'expliquer la difficulté d'interprétation de la population aphasique lorsque les verbes attribuent des mauvais rôles thématiques, mais que la mémoire sémantique permet de fournir suffisamment d'indices pour interpréter la phrase correctement (i.e. passives non-réversibles sémantiquement).

Bref, la P600s serait le reflet du coût de l'intégration syntaxique du verbe en structure thématique une fois que les structures sémantiques ont été activées en parallèle (Gibson, 1998; Kaan et al.2000; Kuperberg et al., 2006). Plus la contradiction entre l'information syntaxique et l'information sémantique (activée en processus de traitement en temps réel) est grande, plus il est difficile d'intégrer le verbe au niveau syntaxique. Ces résultats suggèrent l'existence de différents degrés d'incongruité selon la complexité du verbe en cause et des critères énumérés ci-haut (1, 2, 3). Les auteurs interprètent ce résultat en disant que les sujets tentent une réanalyse syntaxique/thématique et que dans les structures où la contradiction entre les aspects sémantiques et syntaxiques est trop grande, il faut réanalyser plusieurs fois afin de trouver une structure cohérente, ce qui provoque une P600 avec une plus grande amplitude (Kim& Osterhout 2005). Le traitement sémantique et syntaxique est donc parallèle et dynamique. Ceci implique que la sémantique exerce une influence lors du processus dynamique d'intégration sur la syntaxe et l'intégration de relations de dépendances. De plus, la mémoire de travail joue un rôle important dans ce processus

dynamique et les aphasiques démontrent un déficit au niveau de celle-ci. Ces résultats sont en accord avec l'explication des déficits que fournit Kolk (1995). L'adaptation au contexte est plus difficile lorsque les items à mettre en relation syntaxique et sémantique lors du processus de traitement en temps réel sont plus complexes ou nécessitent plus de ressources attentionnelles. La quantité de ressources attentionnelles requises influence la rapidité de traitement de la mémoire de travail « syntaxique » (capacités computationnelles).

Bref, les résultats des études présentées dans cette section permettent de croire à un partage des ressources neuronales dédiées au traitement syntaxique musical et linguistique. La SSIRH permet d'unifier les résultats trouvés en études comportementales, neuropsychologiques et électrophysiologiques. Par contre, la relation entre le traitement sémantique et musical reste à explorer plus en profondeur puisque les résultats proposés par Kuperberg ne sont pas suffisants à eux seuls pour conclure quoique ce soit.

1.4.3. Autres observations : mémoire de travail et processus attentionnels

En plus du partage des ressources pour l'intégration temporelle et structurale (Fedorenko et al., 2009) des éléments dans une structure hiérarchiquement organisée, la musique et le langage partagent la capacité de faire des prédictions sur le type d'éléments qui vont suivre dans une structure. Tel que mentionné au chapitre 1, en linguistique, certaines études ont démontré que les sujets pouvaient deviner la catégorie syntaxique des mots à venir (Gibson 2006; Levy, 2008). En musique, on peut observer le même phénomène avec les fonctions tonales les plus plausibles sur lesquelles se terminera une progression d'accords (Koelsch et al. 2005). Cette observation souligne davantage l'importance du contexte et des relations de dépendances entre les éléments dans le traitement du langage et de la musique en temps réel. Selon Patel (2012), des études en neuroimagerie pourraient permettre d'observer les régions neuronales qui sont activées lors du traitement de violations des prédictions structurales. Ces observations pourraient permettre de mieux comprendre si la capacité à traiter ces prédictions émane d'un partage des mêmes ressources de traitement au niveau cognitif et quel est l'impact de ces violations sur les processus attentionnels. La capacité à faire des prédictions est essentielle à l'intégration structurale et temporelle efficaces lors du processus de traitement en temps réel. Selon Cowan et al. (2005), la mémoire de travail impliquée dans l'intégration structurale et temporelle des composantes computationnelles

du langage (syntaxe, sémantique et phonologie : Jackendoff, 2002) puise dans les ressources attentionnelles. Or, si la compétition pour les ressources neuronales partagées dans le traitement syntaxique musical et linguistique dépend des ressources attentionnelles disponibles, il faudrait pouvoir augmenter les ressources attentionnelles pour s'assurer qu'elles sont suffisantes au traitement syntaxique complexe et à la capacité de faire des prédictions. Selon nous, le fait que la mémoire de travail puise dans les ressources attentionnelles n'est pas un contre-argument à la possibilité d'un partage des ressources, mais démontre plutôt une limitation qui peut effectivement altérer le traitement de structures complexes sans pourtant consister en l'explication des déficits. Selon Patel (2003, 2008), la mémoire de travail récupère les représentations linguistiques ou musicales stockées indépendamment dans la MLT et les processus de traitement (mémoire de travail et attention) s'effectuent en temps réel et permettent l'intégration de ces éléments dans une structure cohérente. Dans Fiveash & Pammer (2012), les auteurs précisent le rôle de ce type de mémoire de travail et la distinguent des processus cognitifs généraux. Ils la nomment « mémoire de travail syntaxique ». Le caractère « temps réel » de cette intégration rend la possibilité d'étudier le fonctionnement des processus plus difficiles. En effet, les processus attentionnels et plusieurs autres facteurs externes à l'individu (tâche, contexte, social) peuvent venir moduler le traitement demandé par les expérimentateurs. La nature de la tâche utilisée permet d'ailleurs l'observation de données contradictoires dans la littérature. Tel qu'expliqué en section 1.3., la tâche implicite s'est avérée plus efficace que la tâche explicite pour refléter les connaissances d'un sujet sur les structures musicales (Tillmann et al., 2007; Tillmann, 2005) et sur le traitement syntaxique (Mimura, 1996; van der Linden, 1994). En tâche explicite, en demandant au sujet de porter attention à un des stimuli présentés, l'attention dirigée est sollicitée et le traitement du stimulus présenté simultanément (e.g. suite harmonique) peut être très altéré par un manque de ressources attentionnelles. En effet, lorsqu'un jugement direct est demandé au sujet, le focus attentionnel porté sur une particularité du stimulus peut faire varier les réelles manifestations des connaissances et surtout, la manière dont celles-ci sont affectées. Il est aussi important de prendre en considération l'importance de la dimension psychoacoustique en musique. En effet, l'importance du traitement syntaxique est peut-être moins primordiale

pour comprendre l'énoncé musical que pour comprendre l'énoncé linguistique (Bigand et al., 2006).

Conclusion du chapitre 2

Les résultats obtenus dans les recherches en études comportementales, en neuropsychologie et en électrophysiologie appuient l'hypothèse de la présence d'un partage des ressources cognitives pour le traitement de l'intégration structurale et temporelle en musique et en langage. Afin d'évaluer la validité de l'hypothèse sur la possibilité que cette intégration structurale et temporelle que l'on retrouve en langage soit une propriété du système cognitif général, il faut continuer à explorer les relations en plusieurs domaines nécessitant ce type de traitement (i.e. danse, peinture, etc.). D'ailleurs, une étude récente a permis d'observer un partage de ressources pour l'intégration structurale et temporelle entre les processus musicaux et l'arithmétique (Hoch & Tillmann, 2012). Pour l'instant, trop peu d'études, même sur la relation entre la syntaxe musicale et linguistique, ont été entreprises et permettent de tirer une telle conclusion.

Conclusion

La difficulté à trouver plusieurs études qui traitent du transfert possible des compétences et de l'effet d'entraînement linguistique et musical est notable. En effet, nous en sommes encore aux balbutiements de cette merveilleuse discipline. Ce chapitre traitera donc des principaux résultats trouvés sur la possibilité du transfert des compétences entre la musique et le langage et permettra de se questionner sur d'éventuelles recherches qui permettront d'approfondir les connaissances encore peu nombreuses sur le sujet.

1. Transfert des compétences

De plus en plus d'études en neurosciences cognitives permettent d'affirmer la présence d'une plasticité cérébrale qui perdurerait bien au-delà de la période d'adolescence (Callan et al. 2003). En effet, suite à l'observation en imagerie cérébrale de patients cérébrolésés, la plupart des études constatent la présence d'une réorganisation neuronale post-traumatisme (Saur et al. 2006; Thompson et al. 2010). Cette capacité du cerveau à s'adapter aux effets néfastes causés par une lésion a permis d'ouvrir les portes sur plusieurs recherches qui tentent de vérifier l'influence de certains apprentissages sur la configuration cérébrale, notamment l'apprentissage de la musique (Schön et al., 2004). Cette plasticité du cerveau humain laisse présager la réelle possibilité d'un impact neuronal positif suite à un entraînement spécifique en face de capacités réduites dues à une lésion cérébrale.

1.1. Musique vers langage

Un des principaux éléments musicaux dans le traitement du langage est le traitement du pitch (Slevc, 2012). Une variation du pitch à elle seule permet de différencier deux items lexicaux dans les langues à tons. Par exemple, en mandarin, la même suite syllabique va correspondre à quatre items lexicaux selon la nature du ton qui affecte la voyelle (i.e. ton haut et plat, ton haut et montant, ton bas-haut et ton bas descendant). La variation du pitch peut aussi permettre de reconnaître une variation émotionnelle par la différence d'intonation (prosodie). Par exemple, en français, l'intonation montante en fin de phrase est généralement associé à une interrogative directe : *As-tu fini tes cours?* Dans une étude de Thompson, Schellenberg, & Husain (2004), il a été démontré que les musiciens étaient plus

sensibles aux indices prosodiques et à la détection de légers changements de pitch en langage que les non-musiciens. Ainsi, il semblerait que, du moins dans une certaine mesure, l'expertise musicale soit transférable à certains aspects linguistiques. De plus, le transfert de cette compétence semble spécifique à la musique. Dans une étude longitudinale de Moreno et al. (2009), il a été démontré que deux groupes d'enfants sélectionnés aléatoirement qui ont suivi des cours de musique ou de peinture d'une durée de six mois font montre d'une augmentation de la sensibilité à détecter les variations de pitch (évidences électrophysiologiques) pour les enfants du groupe « musique », alors qu'aucun effet d'amélioration de traitement du pitch n'a été observé chez les enfants du groupe « peinture ».

1.2. Langage vers musique

Si l'on évalue la possibilité de transférer les compétences musicales aux compétences langagières et qu'on accepte l'hypothèse du chevauchement des structures neuronales responsables du traitement, le même effet bénéfique d'un entraînement langagier sur les structures musicales touchées en amusicie acquise (suite à une lésion, par exemple) devrait pouvoir s'observer. Peu d'études ont été menées à ce sujet. Néanmoins, certaines études récentes démontrent que les locuteurs de langues à tons possèdent un avantage sur les locuteurs de langue atonales lors de la perception et de la production de la mélodie et des intervalles musicaux (Slevc, 2012; Pfordresher & Brown, 2009). Par contre, les locuteurs de langues à tons ne possèdent aucun avantage en ce qui a trait au traitement relatif du pitch (i.e. la capacité à garder les relations entre les pitches malgré un changement de tonalité) (Hove et al., 2010). Il est à noter qu'il est très difficile d'étudier le transfert des compétences linguistiques sur la musique puisque tout locuteur est déjà expert en langage. Il est donc difficile d'observer l'effet d'un entraînement langagier chez les normaux sur le traitement musical sans obtenir un effet plafond.

2. Effet de l'entraînement cognitif

La section suivante exposera l'effet d'entraînements linguistiques et musicaux chez la population aphasique en particulier, mais également l'impact d'un entraînement musical au niveau cognitif chez les sujets normaux.

2.1. Effet des entraînements linguistiques en aphasie

La théorie de la complexité proposée par Thompson a permis d'élaborer la *Treatment of Underlying Forms* (TUF) (Thompson & Shapiro, 2007). Comme on l'a vu précédemment (voir chapitre 1, section 3.2.1.), cet outil démontre que l'entraînement des aphasiques sur des structures linguistiques complexes permet une généralisation de l'effet d'entraînement sur les structures moins complexes. Par contre, la définition de la complexité en fonction de la notion de mouvement ou du nombre d'arguments distribués par le verbe ne suffit pas à expliquer tous les déficits rencontrés chez les aphasiques. À ces aspects doivent s'ajouter les aspects sémantiques proposés par Kuperberg qui influencent l'intégration syntaxique des éléments en temps réel. Le modèle dynamique qu'elle propose permet de considérer le rôle que jouent la mémoire de travail, les processus attentionnels et certains aspects sémantiques dans le traitement autant musical que langagier. Selon nous, l'élaboration de stimuli qui tiennent compte de ces facteurs à l'aide de la méthodologie proposée par Thompson & Shapiro (2007) permettrait d'obtenir un potentiel d'entraînement optimal. Le TUF est plus efficace lorsqu'il est mis en place rapidement après l'accident vasculaire cérébral (Thompson & Shapiro, 2007). Par ailleurs, aucune étude n'a encore tenté de démontrer, par le biais d'une approche longitudinale, si l'efficacité d'un entraînement linguistique a un potentiel à plus long terme. L'incorporation de stimuli musicaux pourraient permettre de motiver les sujets sur une période plus longue.

2.2. Effet des entraînements musicaux sur le langage

Plusieurs études ont permis de démontrer l'avantage d'un entraînement musical sur les capacités langagières (Moreno et al., 2011; Chobert et al., 2011; Slevc, 2012). Les changements neuronaux apportés par un entraînement musical permettent un meilleur traitement du langage pour l'apprentissage en bas âge (Jentschke & Koelsch, 2009), mais aussi chez les adultes lors de l'apprentissage d'une langue seconde (Slevc & Miyake, 2006). Le principal avantage du « cerveau musicien » est une meilleure attention auditive sélective que chez une population non musicienne (Strait et al. 2010 dans Slevc, 2012). Selon une récente hypothèse (Patel, 2011, OPERA), l'entraînement musical permettrait d'« exercer » les processus de traitements qui chevauchent les processus langagiers au niveau neuronal

(*Overlap*) parce que celui-ci nécessite plus de précision (*Precision*), monopolise plus de force émotionnelle (*Emotion*), permet d'obtenir l'effet de répétition (*Repetition*) et, surtout, sollicite grandement l'attention (*Attention*) (OPERA) (Slevc, 2012; Patel, 2011). Cette hypothèse appuierait les résultats obtenus pour le langage sur le traitement de la complexité. En sollicitant les réseaux neuronaux responsables d'une fonction cognitive à l'aide de structures complexes (plus grande demande), il sera hypothétiquement possible de faciliter le traitement subséquent de structures moins complexes. Ainsi, l'attention étant réduite chez les aphasiques, le traitement linguistique devrait être facilité chez cette population par un entraînement musical intensif. L'effet d'entraînement réduirait la charge attentionnelle requise par les processus responsables des traitements déficitaires. L'intégration structurale et temporelle des éléments linguistiques et musicaux requérant une grande demande attentionnelle, une amélioration de la qualité attentionnelle rendrait logiquement possible la conservation des ressources qui sont sollicitées dans le traitement syntaxique.

Dans le même ordre d'idées, les résultats obtenus en ce qui concerne l'entraînement à l'aide de la *Modified Melodic Intonation Therapy* (MMIT) démontrent le potentiel de transfert de la compétence musicale (mélodie) sur la compétence linguistique (prosodie) en aphasie non fluente (Conklyn et al., 2012). Ce type de thérapie permettrait d'améliorer le processus de recrutement de régions cérébrales situées dans l'hémisphère droit pour faciliter le traitement langagier. Cette hypothèse correspond au transfert de la compétence du traitement du pitch observé chez les musiciens. L'entraînement avec la MMIT utilise un seul percept (la mélodie chantée). L'intégration des paroles et de la mélodie en seul percept, comme nous l'ont proposé Hoch et al. 2008 permet de réduire la demande attentionnelle lors du traitement combiné d'un stimulus langagier et d'un stimulus musical. Selon nous, il s'agit d'un avantage dans le cas d'un entraînement puisque l'objectif est de faciliter la tâche des sujets pour qu'ils gardent la motivation à poursuivre la thérapie. Par contre, dans une optique de recherche où l'on tenterait de s'assurer de l'indépendance ou du partage des ressources neuronales, il serait important de considérer davantage les implications de l'utilisation d'un tel stimulus.

2.3. Entraînement musical sur amusicie

Dans l'éventualité où le traitement syntaxique et le traitement musical partageraient les mêmes ressources cognitives, l'entraînement sur des structures musicales complexes par des sujets amusiques devrait permettre d'observer le même effet d'entraînement que les résultats obtenus par la TUF en langage. Cependant, la question reste à savoir de quelle façon les structures musicales devraient être complexifiées. Dû à leur nature intrinsèque (nombre restreint de notes, de combinaisons possibles d'accord) le choix de stimuli musicaux est plus restreint qu'en langage; il s'agit donc de sélectionner des progressions d'accords qui provoquent des problèmes de traitement harmonique à divers degrés chez les amusiques, mais qui ne provoquent pas de violations harmoniques dans le système tonal occidental. Par exemple, une progression d'accords qui se termine sur un degré VI sera considérée plus complexe qu'une progression d'accords qui se termine sur un degré V, considéré plus fort que le degré VI, mais moins fort que le degré I. De plus, les processus attentionnels des sujets amusiques devront préalablement être testés afin de spécifier jusqu'à quel niveau de complexité les progressions d'accord peuvent être élaborées. En effet, l'utilisation d'une progression d'accord trop longue qui vise la complexité syntaxique pourrait imposer une trop grande charge cognitive pour le sujet amusique. Aucune étude ne permet jusqu'ici d'affirmer qu'un entraînement musical chez le sujet amusique permet une amélioration des capacités musicales touchées. Il serait intéressant d'étudier cette avenue afin de vérifier si l'entraînement vise bien les processus pour lesquels on postule un chevauchement des ressources neuronales, soit la syntaxe musicale (harmonie). Si le portrait contraire est observé, c'est-à-dire qu'il n'y a pas d'amélioration, on pourrait conclure que les résultats proposés par Rogalsky sur le fMRI (pas d'activation préfrontale) appuient le fait que la seule composante commune aux deux systèmes est le recours à la mémoire de travail et à l'attention pour le traitement syntaxique linguistique et musical, et que les deux systèmes ne partagent pas de ressources neuronales pour l'intégration structurale et temporelle (Slevc, 2012) autres que les ressources attentionnelles.

À la lumière des résultats trouvés, la capacité de transfert des compétences musicales aux compétences langagières et l'effet bénéfique d'un entraînement linguistique en aphasie permettent d'émettre l'hypothèse suivante : **en jumelant l'entraînement musical à**

l'entraînement linguistique par la complexité, on maximise l'exercice cognitif et les chances d'observer un effet positif sur le traitement syntaxique déficitaire dans l'aphasie de Broca sont augmentées. De plus, en jumelant les deux types d'entraînements, l'intérêt des patients à suivre une étude longitudinale pourrait être accru grâce à l'aspect ludique de l'étude, ce qui permettrait, selon nous, d'augmenter les chances de succès des études longitudinales. L'entraînement musical intensif permettra d'augmenter les capacités attentionnelles grâce à la plasticité cérébrale (OPERA, Patel (2011)) et l'entraînement linguistique complexe permettra de faciliter le traitement des structures moins complexes (TUF). Tel qu'observé précédemment, l'attention et la mémoire de travail interviennent en parallèle et de manière dynamique pour le traitement syntaxique en temps réel. En éliminant les problèmes que peut entraîner une lacune au niveau des ressources attentionnelles il est tout de même possible d'observer des déficits syntaxiques. Il s'agirait donc de monter des protocoles d'expériences qui évalueraient l'apport de l'entraînement attentionnel sur l'utilisation des processus communs au langage et à la musique et d'augmenter la capacité attentionnelle par l'entraînement musical. L'effet de l'entraînement musical est donc indirect mais permet de s'assurer que toutes les ressources attentionnelles possibles sont disponibles pour l'intégration structurale et temporelle plus complexe.

DISCUSSION GÉNÉRALE

Ce mémoire a permis, entre autres, d'analyser les résultats trouvés sur le rôle de la sémantique dans l'intégration structurale et temporelle des éléments lors du traitement syntaxique en temps réel. Il est essentiel de considérer certains aspects sémantiques dans l'élaboration de stimuli utiles à l'entraînement linguistique et musical. Selon nous, la cause des déficits encourus par les aphasiques est l'addition de l'adaptation au contexte et de la complexité des énoncés à produire et à comprendre. La complexité est maintenant redéfinie par :

- 1- une structure syntaxique ayant subi des transformations pour laquelle les relations de dépendances ne peuvent pas s'effectuer de manière linéaire (contraintes de localité);

- 2- une structure syntaxique pour laquelle on contrevient d'une manière ou d'une autre aux relations de verbe-argument en lien avec le caractère +/- animé et le critère de plausibilité
- 3- un contexte qui impose une charge cognitive trop grande sur les capacités attentionnelles et donc, sur la mémoire de travail syntaxique.

L'interaction constante de ces aspects pourrait expliquer les difficultés de traitement des constructions touchées dans l'agrammatisme. Selon nous, aucun de ces facteurs pris individuellement n'est suffisant pour expliquer la totalité des manifestations des déficits causés par l'aphasie. L'élaboration des stimuli d'entraînement devra donc tenir compte de tous ces facteurs. D'abord, afin de s'assurer que les tâches ne soient pas trop complexes, les stimuli devront être élaborés en tenant compte des aspects sémantiques qui peuvent venir altérer le traitement syntaxique. Pour ce faire, la structure argumentale du verbe et l'attribution du caractère +/- animé aux arguments devra respecter les relations de dépendances selon les contraintes de localité. Selon nous, en concentrant leur attention sur les éléments qui relèvent exclusivement de la syntaxe, les aphasiques pourront bénéficier de l'avantage des indices que la sémantique donne (en provenance de la MLT) pour l'intégration structurale et temporelle des éléments en processus de traitement en temps réel. Les indices fournis par la sémantique vont donc permettre de diminuer la confusion sémantique qui peut être introduite selon les facteurs énumérés ci-haut (1,2, et 3) et de pouvoir concentrer les efforts sur le traitement syntaxique que l'on souhaite complexe (TUF). Ensuite, en augmentant les capacités attentionnelles grâce à l'entraînement musical (OPERA, Patel, 2011), la mémoire de travail pourra mieux puiser dans ces ressources attentionnelles et garder les éléments à mettre en relation activés plus longtemps en mémoire de travail. Selon nous, des recherches ultérieures sur les verbes qui permettraient de faciliter la relation verbe-argument seraient pertinentes à l'élaboration de stimuli linguistiques encore plus précis. En effet, le choix du verbe selon la nature des arguments à sélectionner nous semble primordial. Au-delà du caractère +/- animé, du critère de plausibilité et de l'attraction sémantique, les arguments possèdent aussi d'autres « marqueurs sémantiques » (e.g. *experier* dans les verbes psychologiques.). Cependant, ce sujet demeure controversé et c'est pourquoi nous croyons que l'élaboration des stimuli

doit, pour l'instant, exclure tous les verbes de ce type car l'impact de ceux-ci sur le traitement en temps réel à l'interface sémantique/syntaxe est encore assez méconnu. En somme, l'entraînement efficace s'effectuerait sur des phrases dont la relation verbe-argument s'interprète directement, de manière linéaire dans des constructions syntaxiques complexes c'est-à-dire que le but visé est d'exclure la complexité sémantique (i.e. caractère animé, plausibilité, attraction thématique) et d'augmenter la complexité syntaxique (i.e. TUF) en jumelant ces stimuli avec des progressions harmoniques plus ou moins complexes (accords attendus et inattendus). Par contre, l'idéal d'une réhabilitation est que le patient aphasique puisse améliorer ses performances sur le traitement de **tous** les aspects linguistiques touchés. Il serait donc pertinent d'utiliser la méthodologie proposée par la TUF sur les aspects sémantiques complexes (que l'on retire des stimuli pour l'instant) qui perturbent l'intégration syntaxique des éléments afin de vérifier si un entraînement sur ceux-ci permettrait aussi une amélioration des performances lorsque le problème semble être principalement sémantique (i.e. passives réversibles sémantiquement). Bref, la direction de l'influence est encore à déterminer : est-ce que l'amélioration du traitement syntaxique va permettre de mieux intégrer les aspects sémantiques ou est-ce plutôt le contraire? Pour l'instant, étant donné que certaines preuves sont disponibles quant à l'amélioration syntaxique (TUF), nous proposons que le contrôle de l'intervention des aspects sémantiques en processus de traitement en temps réel facilitera le traitement syntaxique puisque ceux-ci ne puiseront pas dans les ressources attentionnelles, déjà peu disponibles pour la population aphasique. Ainsi, nous sommes loin de pouvoir tirer des conclusions sur la possibilité que ces facteurs sémantiques, en soi, puissent être utilisés dans des tests de réhabilitation chez la population agrammatique. Par contre, nous pouvons de plus en plus cerner les aspects à contrôler pour faciliter le traitement syntaxique en temps réel.

Références

- Avrutin, S. (1999). An Event-Related fMRI Study of Implicit Phrase Level Syntactic and Semantic Processing. *NeuroImage*, 10 (5). 555-561 (7).
- Avrutin, S. (2001). Linguistics and agrammatism. *Glott International*, 5(3), 1-11.
- Bharucha, J. J., & Stoeckig, K. (1987). Priming of chords: Spreading activation or overlapping frequency spectra?. *Perception & Psychophysics*, 41(6), 519-524.
- Basso, A., Capitani, E. (1985). Sparing musical abilities in a conductor with global aphasia and ideomotor apraxia. *Journal of Neurology, Neurosurgery, and Psychiatry*. 48. 407-412.
- Bastiaanse, R., Hugen, J., Kos, M., van Zonneveld, R. (2002). Lexical, Morphological, and Syntactic Aspects of Verb Production in Agrammatic Aphasics. *Brain and Language*, 80, 142-159.
- Bastiaanse, R., Koekkoek, J., van Zonneveld, R. (2003). Object scrambling in Dutch Broca's aphasia. *Brain & Language*, 86, 287-299.
- Bastiaanse, R., van Zonneveld, R. (2005). Sentence production with verbs of alternating transitivity in agrammatic Broca's aphasia. *Journal of Neurolinguistics*, 18, 57-66.
- Bastiaanse, R., van Zonneveld, R. (2006). Comprehension of passives in Broca's aphasia. *Brain & Language*, 96, 135-142.
- Bastiaanse, R., Bouma, G., Post, W. (2009). Linguistic complexity and frequency in agrammatic speech production. *Brain & Language*, 109, 18-28.
- Bates, E., MacWhinney, B.. (1987). Competition, Variation, and Language Learning. In MacWhinney B. (Ed). *Mechanisms of Language Acquisition*: Lawrence Erlbaum Associates, Inc.
- Bates, E., Wulfeck, B., MacWhinney, B. (1991). Crosslinguistic Research in Aphasia: An Overview. *Brain & Language*, 41, 123-148.
- Beeke, S., Maxim, J., Wilkinson, R. (2008). Rethinking agrammatism: Factors affecting the form of language elicited via clinical test procedures. *Clinical Linguistics & Phonetics*, 22(4-5), 317-323.
- Besson, M., & Schön, D. (2001). Comparison between language and music. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 930(1), 232-258.

- Besson, M., Faïta, F., Peretz, I., Bonnel, A.-M., Requin, J. (1998). Singing in the brain: Independence of lyrics and tunes. *Psychological Science*, 9(No.6), 494-498.
- Bigand, E., Pineau, M. (1997). Effet des structures globales sur l'amorçage harmonique en musique. *L'année psychologique*. 97(97-3). 385-408.
- Bigand, E. & Poulin. B., Madurell, F., Tillmann, B., D'Adamo, D.A. (2003). Sensory Versus Cognitive Components in Harmonic Priming. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*. 29(1). 159-171.
- Bigand, E., Tillmann, B., & Poulin-Charronnat, B. (2006). A module for syntactic processing in music?. *Trends in cognitive sciences*, 10(5), 195-196.
- Bonnel, A.-M., Faïta, F., Peretz, I. & Besson, M. (2001). Divided attention between lyrics and tunes of operatic songs: Evidence for independent processing. *Perception & Psychophysics*, 63(7), 1201-1213.
- Bourguignon, N. (2013). Les neurosciences cognitives du langage, de l'autisme et des styles cognitifs. (Thèse de doctorat). Montréal.
- Broca, P. (1861). Perte de la parole, ramollissement chronique et destruction partielle du lobe antérieur gauche du cerveau. *Bull Soc Anthropol*, 2, 235-238.
- Callan, D. E., Tajima, K., Callan, A. M., Kubo, R., Masaki, S., & Akahane-Yamada, R. (2003). Learning-induced neural plasticity associated with improved identification performance after training of a difficult second-language phonetic contrast. *Neuroimage*, 19(1), 113-124.
- Caplan, D., Futter, C. (1986). Assignment of thematic roles to nouns in sentence comprehension by an agrammatic patient. *Brain & Language*. 27(1). 117-134.
- Caplan, D., Waters, G.S. (1995). Aphasic disorders of syntactic comprehension and working memory capacity. *Cognitive Neuropsychology*. 12(6). 637-649.
- Caplan, D., Waters, G.S., DeDe, G., Michaud, J., Reddy, A. (2007). A study of syntactic processing in aphasia 1: Behavioral (psycholinguistic) aspects. *Brain & Language*. 101(2). 103-150.
- Caramazza, A., Zurif, E. (1976). Dissociation of algorithmic and heuristic processes in language comprehension: Evidence from aphasia. *Brain & Language*. 3(4). 572-582.
- Chobert, J., Marie, C., François, C., Schön, D., Besson, M. (2011). Enhanced passive and active processing of syllables in musician children. *Acta Psychologica*. 23: 3874-3887.
- Chomsky, N., 2002 (First published in 1957). *Syntactic Structures*. Berlin: Mouton de Gruyter.

- Chomsky, N. 1993 (First published in 1981), *Lectures on Government and Binding*. Berlin: Mouton de Gruyter.
- Conklyn, D., Novak, E., Boissy, A., Bethoux, F., Chemali, K. (2012). The Effects of Modified Melodic Intonation Therapy on Nonfluent Aphasia: A Pilot Study. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research, Vol. 55*, pp. 1463-1471.
- Cowan, N., Elliott, E.M., Saults, J.S., Morey, C.C., Mattox, S., Hismjatullina, A., & Conway, A.R.A. (2005). On the Capacity of Attention: Its Estimation and Its Role in Working Memory and Cognitive Aptitudes. *Cognitive Psychology, 51(1)*. 42-100.
- Dorgeuille, C. J. (1966). *Introduction à l'étude des amusies*. Dactylo-Sorbonne.
- Erdocia, K., Laka, I., Mestres-Misse, A., Rodriguez-Fornells, A. (2009). Syntactic complexity and ambiguity resolution in a free word-order language: Behavioral and electrophysiological evidences from Basque. *Brain & Language, 109*, 1-17.
- Escoffier, N., & Tillmann, B. (2008). The tonal function of a task-irrelevant chord modulates speed of visual processing. *Cognition, 107*. 1070-1083.
- Fedorenko, E., Patel, A. D., Casasanto, D., Winawer, J., Gibson, E. (2009). Structural integration in language and music: Evidence for a shared system. *Memory & Cognition, 37(1)*, 1-9.
- Fiveash, A., & Pammer, K. (2012). Music and Language: Do they draw on similar syntactic working memory resources? *Psychology of Music, 1-20*.
- Francès, R., Lhermitte, F., Verdy, M.F. (1973). Le déficit musical des aphasiques. *Revue Internationale de Psychologie Appliquée, 2(2)*, 117-134.
- Friedmann, N. (2001). Agrammatism and the Psychological Reality of the Syntactic Tree. *Journal of Psycholinguistic Research, Vol. 30(No.1)*, 70-90.
- Friedmann, N. (2002). Question Production in Agrammatism: The Tree Pruning Hypothesis. *Brain & Language, 80*, 160-187.
- Friedmann, N., Gvion, A. (2003). Sentence comprehension and working memory limitation in aphasia: A dissociation between semantic-syntactic and phonological reactivation. *Brain & Language, 86*, 23-39.
- Friedmann, N. (2006). *Speech production in Broca's agrammatic aphasia: Syntactic Tree Pruning*: Academic Press, Inc.
- Gibson, E. (1998). Linguistic complexity: locality of syntactic dependencies. *Cognition, 68*. 1-76.

- Gibson, E. (2006). The interaction of top-down and bottom-up statistics in the resolution of syntactic ambiguity. *Journal of Memory and Language*. 54. 363-388.
- Grodzinsky, Y. (1984). The syntactic characterization of agrammatism. *Cognition*. 16(2). 99-120.
- Grodzinsky, Y. (1989). Agrammatic Comprehension of Relative Clauses. *Brain & Language*, 37, 480-499.
- Grodzinsky, Y. (1995). Trace Deletion, Thêta-Roles, and Cognitive Strategies. *Brain & Language*. 51(3). 469-497.
- Haarmann, H.-J., Kolk, H.H. (1991). Syntactic priming in Broca's aphasics: Evidence for slow activation. *Aphasiology*. 5 (3). 247-263.
- Haegeman, L. (1990). Understood subjects in English diaries. On the relevance of theoretical syntax for the study of register variation. *Multilingua-Journal of Cross-Cultural and Interlanguage Communication*. 9 (2). 157-200.
- Hagiwara, H. (1995). The Breakdown of Functional Categories and the Economy of Derivation. *Brain & Language*, 50, 92-116.
- Hébert, S., Racette, A., Gagnon, L. & Peretz, I. (2003). Revisiting the dissociation between singing and speaking in expressive aphasia. *Brain: A Journal of Neurology*. 126(8). 1838-1850.
- Hoch, L., Tillmann, B., Poulin-Charronnat, B. (2008). Musique, syntaxe et sémantique: des ressources d'intégration structurale et temporelles partagées? *Revue de Neuropsychologie*, 18(1-2), 33-59.
- Hoch, L., Poulin-Charronnat, B., Tillmann, B. (2011). The influence of task-irrelevant music on language processing: syntactic and semantic structures. *Frontiers in Psychology: Auditory Cognitive Neuroscience*, 2(112), 1-10.
- Hoch, L., Tillmann, B. (2012). Shared structural and temporal integration ressources for music and arithmetic processing. *Acta Psychologica*. 140. 230-235.
- Hove, MJ., Sutherland, ME., Krumhansl, CL. (2010). Ethnicity effects in relative pitch. *Psychon Bull Rev*. 17. 310-316.
- Jackendoff, R. (2002). *Foundations of language: Brain, Meaning, Grammar, Evolution*. Oxford: Oxford University Press.
- Jarema, G., Nespoulous, J.-L. (1984). Infinitif et flexions verbales chez l'aphasique "agrammatique". *La Linguistique*, 20(2), 99-113.
- Jentschke, S., Koelsch, S. (2009). Musical training modulates the development of syntax

- processing in children. *NeuroImage*. 44(2). 735-744.
- Kaan, E. Harris, A. Gibson, E., & Holcomb, P. (2000). The P600 as an index of syntactic integration difficulty. *Language and Cognitive Processes*. 15(2). 159-201.
- Kegl, J. (1995). Levels of representations and units of access relevant to agrammatism. *Brain & Language*. 50(2). 151-200.
- Kim, A., Osterhout, L. (2005). The independence of combinatory semantic processing: Evidence from event-related potentials. *Journal of Memory and Language*. 52(2). 205-225.
- Koelsch, S., Gunter, T.C., Wittfoth, M., & Sammler, D. (2005). Interaction between syntax processing in language and in music: An ERP study. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 17(10), 1565-1577.
- Kolk, H. (1995). A Time-Based Approach to Agrammatic Production *Brain & Language*, 50, 282-303.
- Kolk, H., Weijts, M. (1996). Judgments of Semantic Anomaly in Agrammatic Patients: Argument Movement, Syntactic Complexity, and the Use of Heuristics. *Brain & Language*. 54(1). 86-135.
- Kuperberg, G. R., Caplan, D., Sitnikova, T., Eddy, M. & Holcomb, P. J. (2006). Neural correlates of processing syntactic, semantic, and thematic relationships in sentences. *Language and Cognitive Processes*, 21(5), 489-530.
- Kuperberg, G. R. (2007). Neural mechanisms of language comprehension: Challenges to syntax. *Brain Research*, 1146, 23-49.
- Lerdahl, F. (2001). *Tonal Pitch Space*. Oxford New York: Oxford University Press.
- Lerdahl, F., Jackendoff, R. (1983). *A Generative Theory of Tonal Music*. The Massachusetts Institute of Technology.
- Levy, M. (2008). Technologies in Use for Second Language Learning. *The Modern Language Journal*. 93(s1). 769-782.
- Liu, F., Patel, AD., Fourci, A., Stewart, L. (2010) Intonation processing in congenital amusia: discrimination, identification, and imitation. *Brain*. 133(Pt 6). 1682-1693.
- London, J. (2012) Schemas, not syntax: A reply to Patel. In: *Language and Music Cognitive Systems*. P. Rebuschat, M. Rohrmeier, J. Hawkins, & I. Cross (Eds.). Oxford: Oxford University Press.

- Marin, M. M., Peltzer-Karpp, A. (1982). *Towards a Dynamic System Approach to the Development of Language and Music: Theoretical Foundations and Methodological Issues*. Proceedings of the 7th Triennial Conference of European Society for the Cognitive Sciences of Music (ESCOM 2009). Jyväskylä. Finland.
- Miceli, G., Silveri, M.C., Romani, C., Caramazza, A. (1989). Variation in the Pattern of Omissions and Substitutions of Grammatical Morphemes in the Spontaneous Speech of So-Called Agrammatic Patient. *Brain & Language*, 36, 447-492.
- Mimura, M., Goodglass, H., & Milberg, W. (1996). Preserved semantic priming effect in alexia. *Brain & Language*, 54. 434-446.
- Moreno, S., Marques, C., Santos, A., Santo, M., Castro, S.L., Besson, M. (2009). Musical training influences linguistic abilities in 8 year-old children: more evidence for brain plasticity. *Cerebral Cortex*. 19. 712-723.
- Moreno, S., Bialystok, E., Barac, R., Schellenberg, E.G., Cepeda, N.J., Chau, T. (2011). Short-term music training enhances verbal intelligence and executive function. *Psychol. Sci.* 22. 1425-1433.
- Mounin, G. (1967). Les caractères linguistiques de l'agrammatisme. *La Linguistique*, 3(2), 15-26.
- Nan, Y., Sun, Y., Peretz, I., Congenital amusia in speakers of a tone language: association with lexical tone agnosia. *Brain*. 133. 2635-2642.
- Nespoulous, J.-L., Dordain, M., Lecours, A.R. (1989). Agrammatisme dans la production de phrases en l'absence de troubles de la compréhension: disponibilité réduite des morphèmes grammaticaux et/ou des structures syntaxiques? *Langages*, 96, 64-82.
- Patel, A. D., Gibson, E., Ratner, J., Besson, M., & Holcomb, P. J. (1998). Processing syntactic relations in language and music: An event-related potential study. *Journal of cognitive neuroscience*, 10(6), 717-733.
- Patel, A.D., (2003). Language, Music, syntax, and the brain. *Nature Neurosciences*. 6. 674-681.
- Patel, A. D. (2005). The Relationship of Music to the Melody of Speech and to Syntactic Processing Disorders in Aphasia. *Annals of New York Academy of Sciences*, 1060, 59-70.
- Patel, A. D., Iversen, John R., Wassenar, M., Hagoort, P. (2008). Musical syntactic processing in agrammatic Broca's aphasia. *Aphasiology*, 22(7-8), 776-789.
- Patel, A.D. (2008). *Music, Language and the Brain*. Oxford University Press. USA.

- Patel, A. D. (2011). Why would Musical Training Benefit the Neural Encoding of Speech? The OPERA Hypothesis. *Frontiers in Psychology*, 2 (142), 1-14.
- Patel, A. D. (2012). Advancing the comparative study of linguistic and musical syntactic processing. In M. R. P. Rebuschat, J. Hawkins, & I. Cross (Ed.), *Language and Music as Cognitive Systems* (pp. 248-253). Oxford: Oxford University Press.
- Peretz, I., Kolinsky, R., Tramo, M., Labrecque, R., Hublet, C., Demeurisse, G., & Belleville, S. (1994). Fonctionnal dissociations following bilateral lesions of auditory cortex. *Brain*, 117, 1283-1301.
- Peretz, I., Belleville, S., Fontaine, S. (1997). Dissociations entre musique et langage après atteinte cérébrale: un nouveau cas d'amusie sans aphasie. *Revue canadienne de psychologie expérimentale* 51(4), 354-367.
- Peretz, I. (2001). Brain Specialization for Music New Evidence from Congenital Aphasia. *Annals of New York Academy of Sciences*, 930(The biological Foundations of Music), 153-165.
- Peretz, I., & Coltheart, M. (2003). Modularity of music processing. *Nature neuroscience*, 6(7), 688-691.
- Perruchet, P., Poulin-Charronnat, B. (2013). Challenging prior evidence for a shared syntactic processor for language and music. *Psychonomic Bulletin & Review*, 20, 310-317.
- Pfordresher, PQ., Brown, S. (2009). Enhanced production and perception of musical pitch in tone language speakers. *Atten Percept Psychophys*. 71. 1385-1398.
- Poulin-Charronnat, B., Bigand, E., Madurell, F., Peereman, R. (2005). Musical structure modulates semantic priming in vocal music. *Cognition*, 94, B67-B78.
- Rogalsky, C., Matchin, W., Hickok, G. (2008). Broca's area, sentence comprehension, and working memory: an fMRI study. *Frontiers in human neuroscience*, 2(Article 14), 1-13.
- Särkämö, T., Soto, D. (2012). Music listening after stroke: beneficial effects and potential neural mechanisms. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1252(The Neurosciences and Music IV: Learning and Memory), 266-281.
- Saur, D., Lange, R., Baumgaertner, A., Schraknepper, V., Willmes, K., Rijntjes, M., & Weiller, C. (2006). Dynamics of language reorganization after stroke. *Brain*, 129(6), 1371-1384.
- Schön, D., Magne, C., Besson, M. (2004). The music of speech: Music training facilitates pitch processing in both music and language. *Psychophysiology*, 41, 341-349.
- Serafine, ML., Crowder, RG., Repp, BH. (1984). Integration of melody and text in memory for

- songs. *Cognition*. 16. 285-303.
- Signoret, J.L., Eeckhout, P., Poncet, M., Castaigne, P. (1985). Aphasie sans amusie chez un organiste aveugle. *Rev Neurol (Paris)* 1987; 143: 172-181.
- Slevc, L.R., Miyake, A. (2006). Individual Differences in Second-Language Proficiency: Does Musical Ability Matter? *Psychological Science*. 17(8). 675-681.
- Slevc, L. R., Rosenberg, J. C., Patel, A. D. (2009). Making psycholinguistics musical: Self-paced reading time evidence for shared processing of linguistic and musical syntax. *Psychonomic Bulletin & Review*, 16(2), 374-381.
- Slevc, L. R. (2012). Language and music: sound, structure, and meaning. *WIREs Cognitive Science*, 3, 483-492.
- Strait, D.L., Kraus, N., Parbery-Clark, A., Ashley, R. (2010). Musical experience shapes top-down auditory mechanisms: evidence from masking and auditory attention performance. *Hearing Res*. 261: 22-29.
- Tellier, C. & Valois, D. (2006). *Constructions méconnues du français*. Montréal: Les presses de l'Université de Montréal.
- Thompson, C. K., Shapiro, L.P. (1995a). Training Sentence Production in Agrammatism: Implications for Normal and Disordered Language. *Brain & Language*. 50(2). 201-224
- Thompson, C. K., Shapiro, L. P., Kiran, S., Sobecks, J. (2003). The Role of Syntactic Complexity in Treatment of Sentence deficits in Agrammatic Aphasia: The Complexity Account of Treatment Efficacy (CATE). *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 46, 591-607.
- Thompson, C. K., Shapiro, L. P. (2007). Complexity in Treatment of Syntactic Deficits. *American Journal of Speech Language Pathology*, 16 (1), 30-42.
- Thompson, C. K., Mison, L. (2009). Psych verb production and comprehension in agrammatic Broca's aphasia. *Journal of Neurolinguistics*, 22, 354-369.
- Thompson, C. K., Ouden, D.-B., Bonakdarpour, B., Garibaldi, K., Parrish, T.B. (2010). Neural plasticity and treatment-induced recovery of sentence processing in agrammatism. *Neuropsychologia*, 48, 3211-3227.
- Thompson, W.F., Schellenberg, E.G., Husain, G. (2004). Decoding speech prosody: Do music lessons help? *Emotion* 4(1). 46-64.
- Tillmann, B., Hoch, L., Marmel, F. Influence du contexte sur le traitement en musique et en

- langage. In J. M. R. K. (Ed.), *Musique, Langage, Émotion*: Presses Universitaires de Rennes.
- Tillmann, B., Bharucha, J.J., (2002). Effect of harmonic relatedness on the detection of temporal asynchronies. *Perception & Psychophysics*, 64 (4). 640-649.
- Tillmann, B. (2005). Implicit Investigations of Tonal Knowledge in Nonmusician Listeners. *Ann. N.Y. Acad. Sci.* 1060. 1-11.
- Tillmann, B., Peretz, I., Bigand, E., Gosselin, N. (2007). Harmonic priming in an amusic patient: power of implicit tasks. *Cognitive Neuropsychology*, 24(6), 603- 622.
- Tomaino, C., M. (2012). Effective music therapy techniques in the treatment of nonfluent aphasia. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1252 (The Neurosciences and Music IV: Learning and Memory), 312-317.
- van der Linden, M. (1994). Neuropsychologie de la mémoire. In X. Seron, & M. Jeannerod (Eds.), *Neuropsychologie humaine*. (pp. 282-316). Liège: Mardaga.
- van der Meulen, A. C. (2004). *Syntactic movement and comprehension deficits in Broca's aphasia* (Vol. 95). LOT.
- Zurif, E., Swinney, D., Prather, P., Solomon, J., & Bushell, C. (1993). An On-Line Analysis of Syntactic Processing in Broca' s and Wernicke' s Aphasia. *Brain and Language*, 45(3), 448-464.