

Faculté de Lettres, Langues et Sciences Humaines

Département de Psychologie

Mémoire de recherche

En vue de la validation du Master 1 de Psychologie

Influence de l'écoute de musique sur les performances exécutives, chez des patients présentant une maladie d'Alzheimer

Présenté par Victoire SALKIN

Sous la direction de Monsieur Philippe ALLAIN

Remerciements :

Je tiens à remercier mon directeur de mémoire, Monsieur Allain, pour son encadrement, ses remarques constructives et sa disponibilité. Merci par ailleurs à Monsieur Platel, de l'Université de Caen, pour ses conseils, notamment concernant le choix de la musique.

Je tiens à remercier vivement toutes les personnes qui ont accepté de participer à cette étude, et sans qui ce travail n'aurait pu être possible : les patients du Centre Hospitalier de Cholet et leurs conjoints, ainsi que les résidents de la maison de repos de la Séguinière. Merci pour leur accueil et leur gentillesse.

Un merci tout particulier à mon ami Vincent Raud, directeur de cette structure, pour son accueil chaleureux. Merci à Monsieur Tesson, psychologue et Madame Verrier, infirmière coordinatrice, pour leur contribution au recrutement des résidents.

Enfin, je tiens à remercier mon tuteur de stage, Eric Bretault, pour son soutien et son aide précieuse tout au long de l'année. Merci également à Emeline Coutant, neuropsychologue. Merci pour votre accueil et votre écoute, et merci de m'avoir aidée dans le recrutement des patients.

Sommaire

Introduction	1
• Apports théoriques	2
I – Musique et cognition	2
A – Musique et intelligence générale	2
B – Musique et fonctions langagières	3
C – Musique et autres domaines non-langagiers de l'apprentissage	5
II – Musique et mémoire	6
A – Mémoire à court-terme et mémoire de travail	6
B – Mémoire à long-terme	7
1) mémoire explicite	7
2) mémoire implicite	8
C – Cas particulier de la mémoire autobiographique	9
III – Musique et fonctions exécutives	10
A – Études auprès de sujets musiciens	10
B – Participants soumis à un programme de thérapie musicale	11
C – Écoute musicale lors de la réalisation d'une tâche exécutive	11
IV – Musique et langage	12
A – D'un point de vue cérébral	13
B – Sur le plan cognitif	14
V – Démence de Type Alzheimer	16
A – Généralités	16
B – Syndrome dysexécutif	17

Problématique	19
Hypothèses	20
• Méthodologie	21
I – Population	21
II – Bilan neuropsychologique de base	22
III – Protocole expérimental	23
A – Évaluation des capacités de flexibilité mentale	24
B – Évaluation des capacités d’inhibition	25
• Résultats	26
I - Analyse des résultats au niveau inter-groupe	26
II - Analyse des résultats au niveau intra-groupe	27
A - Comparaison des tâches en conditions musicale et silencieuse	27
B - Comparaison des tâches verbales et non-verbales	28
III – Analyse des résultats au niveau individuel	30
• Discussion	31
Conclusion	35
Bibliographie	36
Annexes	42
Résumé	48

Introduction :

Dans ce travail, notre thème de recherche portera sur la musique. Pour faire le pont entre la neuropsychologie et la musique, il aurait été très intéressant de travailler sur une pathologie peu connue, l'amusie, mais la rareté des patients amusiques rend cette investigation difficile.

La musique est omniprésente. Notre goût pour la musique semble universel, que nous soyons musiciens ou non. Elle nous accompagne au fil de nos envies et de nos humeurs, grâce à l'immense palette de styles et d'ambiances qu'elle peut offrir. Par ailleurs, la pratique musicale permet de s'exprimer de manière non-verbale. Elle peut être bénéfique lorsque la communication verbale est difficile. Son utilisation dans le champ médical montre de nombreux effets positifs. Elle produit généralement une sensation de bien-être chez les malades. Il a été montré que les patients présentant une maladie d'Alzheimer étaient spécialement sensibles à la musique. En dépit de déficits cognitifs sévères, le traitement de la musique serait préservé chez eux. Des extraits musicaux auraient le pouvoir surprenant de faire « resurgir » des souvenirs, alors que ceux-ci n'étaient plus accessibles à la conscience des malades.

Le but de ce travail sera d'apprécier l'influence de l'écoute de musique, sur les performances exécutives de patients présentant une maladie d'Alzheimer. Peu de travaux ont été réalisés en ce sens. Il s'agira donc d'une étude exploratoire, cherchant à mettre en évidence un éventuel bénéfice de l'écoute musicale, sur les capacités attentionnelles. Si nous parvenons à montrer une amélioration des fonctions exécutives en situation d'écoute musicale, cela pourrait apporter de nouvelles stratégies de remédiation cognitive. En effet, des difficultés attentionnelles sont souvent observées dans le cas de la maladie d'Alzheimer. L'écoute de musique lors de la réalisation des tâches de la vie quotidienne pourrait être un bon outil pour pallier ces troubles attentionnels.

Dans un premier temps, nous étudierons l'effet de la musique sur la cognition en nous intéressant à l'intelligence générale, aux fonctions langagières et non-langagières de l'apprentissage. Par la suite, nous nous intéresserons aux différents systèmes de mémoire, dans des situations musicales, chez des patients présentant une maladie d'Alzheimer. Puis, nous étudierons l'éventuelle influence de la musique sur les fonctions exécutives. Ensuite, nous comparerons les facultés musicales et langagières, en examinant la relation que ces deux habiletés entretiennent. Enfin, puisqu'il s'agira de notre population d'étude, nous nous intéresserons à la maladie d'Alzheimer.

- **Apports théoriques :**

I – Musique et cognition :

A – Musique et intelligence générale :

Dans la littérature, on relève plusieurs études montrant une influence de l'expérience musicale sur les capacités cognitives. Schellenberg (2004, 2006) s'est particulièrement intéressé au score de QI obtenu après un enseignement musical, et a mené plusieurs recherches expérimentales auprès d'enfants.

Dans son travail, Schellenberg (2004) a recruté des enfants de six ans et les a réparti en quatre groupes. Trois groupes d'enfants suivirent un enseignement particulier pendant un an : clavier, chant ou théâtre, tandis que le quatrième groupe ne recevait pas d'enseignement particulier. Cette étude a montré que le QI (calculé avec le *WISC III*, Wechsler, 1991) augmentait sensiblement chez les enfants ayant suivi une formation musicale, et non chez les enfants des trois autres groupes. Les résultats étaient améliorés de manière homogène, à travers les différents subtests du *WISC*. Une corrélation positive entre un enseignement musical et une mesure standardisée de réussite scolaire a par ailleurs été mise en évidence (*K-TEA : Kaufman Test of Educational Achievement*, Kaufman et Kaufman, 1985).

Dans une nouvelle publication (Schellenberg, 2006), deux travaux sont exposés. La première expérimentation a été effectuée avec des enfants âgés de six à onze ans, et a donné les mêmes résultats que précédemment. Des leçons de musique étaient positivement associées avec les scores de QI et la réussite scolaire, tandis que des activités périscolaires non-musicales ne produisaient pas cet effet. La seconde étude a été réalisée auprès de jeunes adultes, ayant suivi un enseignement musical pendant l'enfance. Les scores de QI et les performances scolaires étaient une nouvelle fois corrélés positivement avec l'expérience musicale. Toutefois, on note que l'association entre l'expérience musicale et les capacités cognitives était plus forte dans l'enfance que dans la vie adulte.

En revanche, une étude longitudinale (Costa-Giomi, 1999) sur trois ans réalisée auprès d'enfants de neuf ans, soumis à des leçons de piano ou à aucun enseignement particulier, n'a pas retrouvé ces résultats. Les deux groupes d'enfants avaient des QI équivalents à la fin de l'étude, et un même niveau en performance scolaire (Costa-Giomi, 2004).

Une étude réalisée dans un lycée Hongrois (Kodaly, 1970) a mis en évidence une amélioration de l'intelligence générale et des résultats scolaires à la suite d'une formation musicale, basée sur

l'écoute et la pratique musicales. Les habiletés cognitives suivantes étaient particulièrement améliorées : la mémoire immédiate des chiffres, la lecture de mots complexes, la sensibilité aux changements de hauteur dans la parole, les habiletés temporo-spatiales, les mathématiques, la lecture, la prosodie de la parole et la mémoire verbale.

Nous allons maintenant étudier l'impact d'un enseignement musical sur des fonctions cognitives particulières, en nous intéressant dans un premier temps aux fonctions langagières susceptibles d'être améliorées par la musique.

B – Musique et fonctions langagières :

Un entraînement musical de huit semaines semble améliorer la détection de changements sonores dans le discours. Il a été montré que des enfants de huit ans détectaient mieux de fortes incongruences à la fin de phrases, en comparaison avec des enfants suivant des leçons de peinture (Moreno et Besson, 2006). La discrimination de légères incongruences dans le discours était également améliorée chez des enfants de huit ans, après six mois d'entraînement musical (Moreno et al., 2009), et après quatre ans de formation musicale (Magne et al., 2006). Une étude réalisée auprès de jeunes adultes (Schön et al., 2004) a indiqué que les sujets musiciens étaient plus rapides et avaient de meilleurs résultats en situation de légère et de forte incongruence. Dans cette étude, des phrases et des mélodies étaient présentées aux participants. La dernière note ou le dernier mot de chaque séquence était soit congruent, légèrement incongruent, ou très incongruent. Les participants devaient juger si la dernière note (ou le dernier mot) était correct ou non, ou appuyant sur une des deux touches de clavier à disposition, le plus rapidement possible. Nous observons ici une sensibilité accrue aux changements de hauteur dans la parole, à la suite d'une formation musicale. Ces résultats mettent donc en évidence les effets d'un transfert positif entre la perception de la musique et la perception du langage.

D'un point de vue fonctionnel, Moreno et Besson (2006) et Moreno et al. (2009) ont observé les effets d'une plasticité cérébrale qui influence le développement de processus neuronaux spécifiques. Une période relativement courte d'entraînement musical aurait de fortes conséquences sur l'organisation fonctionnelle du cerveau des enfants. En effet, à la suite d'un entraînement musical, il a été observé une diminution de l'activation pariétale, en situation de forte incongruence. Ces résultats ont été interprétés comme une diminution de l'effet de surprise, traduisant un phénomène d'habituation.

Deux études s'intéressant à l'apprentissage d'une langue étrangère, ont montré que des adultes français musiciens étaient plus aptes à détecter de petites variations sonores dans une langue qu'ils ne comprennent pas (le portugais), en comparaison avec des sujets non-musiciens (Marques et al., 2007). Plus généralement, l'expérience musicale semble être corrélée avec de meilleures capacités phonologiques (réceptives et productives) dans l'apprentissage d'une seconde langue. Les habiletés musicales faciliteraient l'acquisition de la structure sonore d'une deuxième langue (Slevc et Miyake, 2006).

Dans l'enfance, les capacités de lecture et le niveau de vocabulaire semblent également bénéficier d'une expérience musicale (Limb, 2006 ; Moreno et al., 2009). De plus, l'habileté à percevoir la musique semble être un bon prédicteur des capacités en lecture (Anvari et al., 2002). Chez des personnes adultes non-musiciennes, une forte corrélation a été établie entre la capacité à discriminer le contour global de séquences sonores, et les capacités phonologiques et de lecture (Foxton et al., 2003).

Par ailleurs, chez de jeunes enfants de quatre et cinq ans, un entraînement musical améliorerait les capacités de pré-écriture (Standley et Hughes, 1990). Des leçons de musique permettraient aussi de développer la sensibilité aux émotions, véhiculées dans la prosodie du langage (Thompson et al., 2004).

Des personnes présentant une maladie d'Alzheimer pourraient également bénéficier de la musique sur le plan langagier. Une thérapie musicale de trois mois leur permettrait d'améliorer le contenu de leur discours et la fluence du langage conversationnel (Brotons et Koger, 2000).

D'un point de vue plus général, la musique serait susceptible d'améliorer l'intelligence verbale. Après vingt jours d'enseignement musical auprès d'enfants, il a été observé une amélioration significative de la performance en intelligence verbale (subtest « Vocabulaire » de la *WPPSI-III*, Wechsler, 2002), tandis que l'intelligence spatiale (subtest « Cubes », *WPPSI-III*) restait inchangée (Moreno et al., 2011). Ces résultats mettent en évidence une dissociation entre l'intelligence verbale et l'intelligence spatiale, après un entraînement musical.

En conclusion, nous pouvons dire que la musique semble avoir une forte influence sur la perception du langage, la lecture, l'écriture ou l'apprentissage d'une langue étrangère. Plus généralement, elle semble améliorer la communication et l'intelligence verbale. Nous reviendrons plus tard sur la relation étroite qu'entretiennent la musique et le langage.

C – Musique et autres domaines non-langagiers de l'apprentissage :

Dans la littérature, on relève quelques études s'intéressant à une amélioration étonnante des habiletés temporo-spatiales, lors de l'écoute de la Sonate pour deux pianos K448 de Mozart pendant dix minutes. Il s'agit de « l'effet Mozart » (Rauscher, Shaw et Ky, 1993). Cette étude préliminaire a démontré que les scores de QI spatial, en utilisant un subtest de pliage et de découpage de papier (issu de l'Echelle d'Intelligence Stanford-Binet), augmentaient de huit à neuf points en situation d'écoute musicale. L'écoute de musiques « répétitives » et de courts récits ne produisait pas cet effet, chez des étudiants collégiens (Rauscher, Shaw et Ky, 1995).

L'écoute d'un extrait de musique de Schubert (Fantaisie pour piano en fa mineur) semble produire les mêmes résultats que la sonate de Mozart, menant à une meilleure performance spatio-temporelle, en comparaison avec une condition silencieuse. En revanche, les performances spatio-temporelles seraient équivalentes lors de l'écoute de musique (Mozart et Schubert), et lors de la narration d'un récit. La performance dépendrait de la préférence des auditeurs (pour la musique ou le conte narré), avec une meilleure performance pour la condition préférée (Nantais et Schellenberg, 1999). De même, chez des enfants de dix et onze ans, l'écoute de musique pop contemporaine améliorerait davantage la performance spatiale (pliage de papier), que l'écoute de la Sonate de Mozart (Schellenberg et Hallam, 2005). De plus, un extrait de musique « dance » populaire améliorerait autant le QI spatial que la Sonate de Mozart (Mc Kelvie et Low, 2002). Ainsi, le bénéfice positif de l'écoute musicale sur les capacités cognitives semble plus évident lorsque la musique est appréciée par l'auditeur (Schellenberg et Hallam, 2005).

Un nouvel argument est en défaveur de l'existence d'un « effet Mozart ». Lorsque l'on contrôle statistiquement le plaisir, l'humeur et l'arousal déclenchés par l'écoute de la Sonate de Mozart (musique agréable, énergique) et l'Adagio d'Albinoni (lent, triste), l'effet Mozart disparaît (Thompson et al., 2001). Ces résultats indiquent que le niveau de performance spatio-temporelle dépend davantage de l'humeur dégagée par la musique, que de la musique elle-même.

Si l'on s'intéresse maintenant à l'influence d'une pratique musicale sur les habiletés temporo-spatiales, on note que les scores se sont améliorés de 30% après six mois de leçons individuelles de piano, auprès de jeunes enfants (Rauscher et al., 1997). Les scores aux tâches spatiales étaient également améliorés au bout d'un an et de deux ans de piano. En revanche, au bout de trois ans d'instruction, cette supériorité par rapport au groupe contrôle disparaissait (Costa-Giomi, 1999). Ces derniers résultats suggèrent que le bénéfice de la musique sur les capacités spatiales est temporaire. Mais d'un point de vue plus général, une instruction active en musique semble améliorer la performance spatio-temporelle, chez de jeunes enfants de l'école maternelle et

primaire. Bien que l'effet de la musique soit modéré, il est régulièrement mis en évidence (Hetland, 2000).

Les mathématiques faisant appel au raisonnement spatio-temporel (Rauscher et al., 1997), elles sont susceptibles de bénéficier de la musique. De plus, la musique et les mathématiques seraient liées, car les règles musicales reposent sur des principes mathématiques (chiffage des mesures, schémas répétitifs, géométrie et proportions). Une compréhension de la musique exigerait une certaine compréhension de ces notions mathématiques, et l'enseignement musical pourrait ainsi renforcer le niveau de compréhension des élèves en mathématiques (Vaughn, 2000). Nous avons vu plus haut que chez des élèves lycéens, les résultats scolaires en mathématiques étaient susceptibles d'être améliorés à la suite d'une formation musicale (Kodaly, 1970).

II – Musique et mémoire :

A – Mémoire à court-terme et mémoire de travail :

Tout d'abord, il a été montré que chez de jeunes enfants suivant des leçons musicales pendant un an, il était possible d'observer une amélioration de l'empan de chiffres (*WISC III*). En effet, le score des enfants musiciens s'améliorait de 3,7 points, tandis que le groupe contrôle ne s'améliorait que d'1,3 points (Fujioka et al., 2006).

Chez de jeunes adultes, l'expérience musicale semble également bénéfique sur les capacités de mémoire de travail. Ici, une tâche « musicale » a été proposée aux sujets : des séquences de cinq notes (qui obéissaient soit aux règles tonales classiques, ou qui étaient atonales) étaient présentées aux sujets. On a ensuite testé la reconnaissance des participants en leur présentant de nouvelles séquences musicales. Les musiciens obtenaient de meilleures performances pour les conditions tonales et atonales (Schulze, Mueller et Koelsch, 2011).

Enfin, on peut relever deux études s'intéressant à la mémoire à court-terme et à la mémoire de travail « musicales », chez des sujets présentant une maladie d'Alzheimer. Une tâche de discrimination « pareil/différent » a été proposée aux patients, à partir de courtes séries de notes. Il est apparu que les patients Alzheimer étaient déficitaires à cette tâche (Ménard et Belleville, 2009). Par ailleurs, le déclin de la mémoire de travail pour les informations auditives non-verbales était progressif avec l'avancée dans la maladie (White et Murphy, 1998). Ce déficit en mémoire de travail « musicale » était corrélé avec un déclin de la même magnitude à des tâches d'empans (White et Murphy, 1998). En modalité verbale, des séries de syllabes de plus en plus longues (de deux à huit syllabes) ont été présentées aux patients. A la suite de chaque série, une nouvelle séquence de syllabes leur était présentée. Ils devaient effectuer un jugement de comparaison « pareil/différent » à partir de ces deux séquences. Il est apparu que ces patients présentant une maladie d'Alzheimer étaient déficitaires à cette tâche (Ménard et Belleville, 2009).

B – Mémoire à long-terme :

1) Mémoire explicite :

Puisque la mémoire à long-terme explicite est spécifiquement touchée dans la maladie d'Alzheimer, et puisqu'il s'agira de notre population d'étude, nous nous intéressons exclusivement aux études effectuées auprès de personnes présentant une maladie d'Alzheimer. Tout d'abord, deux études de cas ont mis en évidence une mémoire musicale explicite préservée chez ces patients, en utilisant des mélodies familières (Cuddy et Duffin, 2005 ; Vanstone et al., 2009). Une étude de groupe a également montré un bénéfice de la musique sur la mémoire explicite. Une meilleure reconnaissance de paroles de chansons non-familières a été observée, lorsque ces paroles étaient présentées sous forme chantée lors de l'encodage (Simons-Stern et al., 2010).

En revanche, davantage d'études ont mis en évidence un déficit de mémoire explicite, lors de la présentation d'extraits musicaux. On trouve notamment plusieurs études de cas (Crystal et al., 1989 ; Beatty et al., 1994 ; Cowles et al., 2003 ; Fornazzari et al., 2006) et des études de groupes (Bartlett et al., 1995 ; Halpern et O'Connor, 2000 ; Ménard et Belleville, 2009 ; Baird et Samson, 2009) mettant en évidence une mémoire explicite « musicale » déficitaire. Cette atteinte affectait notamment la reconnaissance de musiques familières, les patients se trouvant dans l'incapacité d'identifier le nom du compositeur ou le titre du morceau présenté (Crystal et al., 1989).

Concernant la reconnaissance de mélodies non-familières, on peut citer l'étude suivante. Dans un premier temps, dix extraits musicaux (issus de la *Montreal Battery of Evaluation of Amusia*, Peretz, Champod et Hyde, 2003) ont été présentés aux participants, en les informant que leur reconnaissance allait être évaluée par la suite. Ensuite, une nouvelle séquence leur a été proposée, dans laquelle les mêmes extraits musicaux étaient inclus, mais dans un ordre différent. Puis, comme tâche interférente, il a été demandé aux participants de compter à rebours pendant quarante secondes. Enfin, dix extraits-cibles et dix extraits-distracteurs étaient présentés dans un ordre aléatoire. Il a été demandé aux participants d'indiquer si ces extraits musicaux faisaient partie de la liste qu'ils avaient préalablement entendue, ou s'il s'agissait de nouvelles mélodies. Les patients Alzheimer se sont montrés déficients à cette tâche. En modalité verbale, la même procédure a été utilisée, en remplaçant les extraits musicaux par des pseudo-mots. Les résultats ont montré que la reconnaissance de pseudo-mots était pathologique chez ces patients présentant une maladie d'Alzheimer (Ménard et Belleville, 2009).

2) Mémoire implicite :

Tout d'abord, on relève quatre études de cas (Crystal et al., 1989 ; Beatty et al., 1994 ; Cowles et al., 2003 ; Fornazzari et al., 2006) s'intéressant à des sujets musiciens atteints de la maladie d'Alzheimer, et montrant une capacité préservée à jouer de leur instrument de musique. On observe donc la conservation d'une mémoire musicale procédurale intacte.

Chez des sujets Alzheimer non-musiciens, il a été montré que l'apprentissage d'une chanson était possible. Étonnamment, certains patients se sont souvenus de la chanson apprise quatre mois après l'étude (Samson et al., 2009). On relève également le cas d'un violoniste présentant une maladie d'Alzheimer, capable d'apprendre et de jouer de nouveaux morceaux (Cowles et al., 2003). Ces données indiquent que les patients Alzheimer semblent capables de créer de nouvelles connaissances musicales. On peut donc dire que chez ces patients, la mémoire implicite musicale est préservée.

Une autre tâche a été proposée pour évaluer la mémoire implicite musicale, consistant à présenter dans un premier temps des mélodies non-familières. Ensuite, une nouvelle liste de mélodies était proposée aux sujets, composée d'extraits déjà présentés lors de la première phase et de nouveaux extraits. A la suite de cette deuxième présentation, les auteurs ont évalué le « plaisir » dégagé par chaque extrait musical. Chez de jeunes adultes et des sujets âgés sains, les mélodies présentées pour la deuxième fois étaient mieux appréciées que les nouvelles mélodies : il s'agit du « *mere exposure effect* ». En revanche, les patients Alzheimer apparaissaient déficitaires à cette tâche (Halpern et O'Connor, 2000).

Néanmoins, une nouvelle expérimentation a été réalisée avec une procédure similaire de reconnaissance implicite, en comparant les résultats obtenus pour des mélodies et des poèmes, chez des patients Alzheimer. On observait un plus grand sentiment de familiarité pour les musiques que pour les poèmes. Ce sentiment se maintenait jusqu'à deux mois après la fin de l'étude. Les habiletés implicites dans le domaine musical apparaissent donc mieux préservées que celles du domaine verbal (Samson et al., 2009).

En conclusion, il apparaît y avoir une dissociation entre les systèmes de mémoires explicite et implicite. Nous avons vu plus haut que la mémoire musicale explicite apparaît déficitaire, chez des patients présentant une maladie d'Alzheimer, tandis que la mémoire musicale implicite semble être relativement préservée.

C – Cas particulier de la mémoire autobiographique :

Dans le cas d'une maladie d'Alzheimer, on remarque, d'un point de vue clinique que les patients rapportent moins de souvenirs autobiographiques, et que ceux-ci manquent généralement de précision (voir aussi Piolino, 2005 ; Fromholt et al., 2003). Les résultats d'une étude pionnière ont montré qu'une exposition à de la musique jazz engendrait un meilleur rappel des souvenirs personnels chez des patients Alzheimer, en comparaison avec des groupes suivant un entraînement au dessin et à la réalisation de puzzles (Lord et Garner, 1993).

On peut citer deux nouvelles études, s'intéressant à la mémoire autobiographique et la musique chez des patients Alzheimer. Un questionnaire de mémoire autobiographique a été proposé aux participants, en condition d'écoute musicale et en condition silencieuse. Les résultats ont montré que le rappel était largement meilleur en condition musicale (Foster et Valentine, 2001 ; Irish et al., 2006). Un extrait musical serait susceptible de contenir des souvenirs personnels, et en ce sens il pourrait améliorer la récupération mnésique (Thompson et al., 2005). Une étude plus récente (El Haj et al., 2012) a également montré un bénéfice de l'écoute musicale sur le rappel d'événements autobiographiques, chez des patients Alzheimer. Après avoir écouté leur musique préférée (choisie lors de la phase de recrutement) pendant deux minutes, les souvenirs des participants étaient plus spécifiques et ont été rappelés plus rapidement. De plus, ils étaient accompagnés d'une charge émotionnelle plus importante, ce qui a davantage affecté l'humeur des participants, en comparaison avec les souvenirs évoqués en condition silencieuse.

Comment peut s'expliquer cette amélioration de la mémoire autobiographique en situation musicale ? Des déficits attentionnels sont souvent présents chez les patients présentant une maladie d'Alzheimer (Perry et Hodges, 1999). Selon plusieurs chercheurs (Nantais et Schellenberg, 1999 ; Thompson, Schellenberg et Husain, 2001 ; Foster et Valentine, 2001 ; Schellenberg, 2006), la musique serait en mesure de modérer ces déficits attentionnels, en intensifiant l'arousal, grâce à l'humeur positive dégagée par la musique. Par ailleurs, la musique permettrait de diminuer l'anxiété des patients, ce qui pourrait également faciliter la performance. En effet, sur le plan neurophysiologique, une thérapie musicale stimulerait la synthèse de certains neurotransmetteurs comme la mélatonine, la sérotonine et la prolactine. Ces neurotransmetteurs semblent induire un état de relaxation chez les sujets (Kumar et al., 1999).

De plus, un indice musical serait en mesure de déclencher des souvenirs autobiographiques « involontaires ». Ce type de récupération semble engager moins de ressources exécutives, en comparaison avec une recherche consciente en mémoire à long-terme (El Haj et al., 2012). Il y aurait en effet deux sortes de récupération mnésique : une récupération mnésique associative,

mettant en jeu l'hippocampe et le néocortex, et une récupération stratégique, faisant appel aux lobes frontaux (Moscovitch, 1994 ; 1995). Un indice musical apprécié et connu des participants pourrait induire une récupération d'événements autobiographiques de manière associative, en limitant le coût attentionnel.

Nous allons maintenant nous intéresser à l'éventuel bénéfice de la musique sur les fonctions exécutives, en nous basant sur les rares études effectuées sur ce thème. Nous nous intéresserons dans un premier temps aux capacités exécutives de sujets musiciens. Ensuite, nous étudierons l'effet de thérapies musicales sur les fonctions exécutives. Enfin, nous citerons une étude s'intéressant au bénéfice de l'écoute de musique sur les capacités exécutives.

III – Musique et fonctions exécutives :

A – Études auprès de sujets musiciens :

Dans la littérature, on peut relever deux études s'intéressant aux capacités exécutives de sujets musiciens. Une tâche d'écoute dichotique a été administrée à des étudiants dans la première étude (Hall et Blasko, 2005). Deux stimuli musicaux, joués au violon ou à la clarinette ont été présentés dans chaque oreille des participants. Les essais étaient congruents lorsque le même instrument était présenté dans chaque oreille, incongruents si chaque oreille entendait un timbre d'instrument différent. Les participants devaient identifier le son dans l'oreille cible, et ignorer le son dans l'autre oreille. Les résultats obtenus ont indiqué que la capacité à répondre aux essais incongruents augmentait avec le nombre d'années d'expérience musicale. Cela montre le bénéfice d'une pratique musicale sur les capacités d'attention divisée, de gestion de l'interférence et d'inhibition.

Dans une seconde étude (Bialystok et DePape, 2009) réalisée auprès de jeunes adultes bilingues et musiciens, deux tâches exécutives mesurant la capacité de résolution d'un conflit ont été proposées : la « *Simon task* » où il existait un conflit spatial entre une cible et sa position, et l'adaptation auditive d'un test de *Stroop*. Pour la *Simon Task*, les bilingues et les musiciens obtenaient de meilleures performances que les participants monolingues. A la tâche de *Stroop* auditif, les musiciens avaient des performances supérieures à celles des autres groupes. Les musiciens semblent donc avoir de meilleures performances exécutives, surtout en modalité auditive.

L'expertise musicale exige un haut niveau de contrôle exécutif, mettant en jeu notamment les capacités de flexibilité, d'inhibition de réponses dominantes et de mise à jour en mémoire de travail (Miyake et al., 2000). Une étude anatomo-fonctionnelle a tenté d'expliquer les meilleures capacités

exécutives des musiciens. Chez des sujets experts en musique, on a observé une forte activation des régions frontales (notamment le cortex préfrontal dorsolatéral gauche) lors de tâches musicales, même lors d'écoute passive de musique. En revanche, cette activation des régions frontales n'a pas été mise en évidence chez des sujets non-musiciens (Ohnishi et al., 2001).

B – Participants soumis à un programme de thérapie musicale :

On peut relever trois études (Moreno et al., 2011 ; Thaut et al., 2009 ; Bugos et al., 2007) s'intéressant à l'impact d'une thérapie musicale sur le fonctionnement exécutif. Chez de jeunes enfants, après vingt jours d'entraînement musical, des changements dans la plasticité cérébrale fonctionnelle ont été observés au cours d'une tâche évaluant les capacités d'inhibition. Il s'agissait d'une tâche de Go/No-Go informatisée, où des figures géométriques (triangles et carrés) de différentes couleurs (blanc ou violet) étaient présentées sur un écran. En fonction de la couleur de la figure, les enfants devaient appuyer ou non sur une touche de clavier (Moreno et al., 2011).

Des séances de thérapie musicale ont été proposées à des sujets présentant des lésions cérébrales d'origine diverse, suite un traumatisme crânien, un accident vasculaire cérébral, une exposition à des produits toxiques, une tumeur ou une épilepsie. Quatre sessions de thérapie ont eu lieu sur quatre journées différentes, et chaque session musicale était composée d'exercices différents en fonction d'une thématique particulière : attention, mémoire, fonctions exécutives et ajustement émotionnel. A la suite de cette thérapie, la performance en flexibilité mentale - calculée à l'aide du *Trail Making Test B* (Army Individual Test Battery, 1944) - s'est significativement améliorée chez les participants (Thaut et al., 2009).

Les scores au *TMT* se sont également améliorés chez des sujets âgés sains non-musiciens, à la suite de leçons individuelles de piano pendant six mois. Les capacités de mémoire de travail, évaluées à l'aide des empan de la *WAIS III* (Wechsler, 2000), ont également bénéficié des leçons de musique, mettant en évidence un meilleur niveau de contrôle exécutif chez les sujets (Bugos et al., 2007).

C – Écoute musicale lors de la réalisation d'une tâche exécutive :

Dans la littérature, on retrouve une étude (Thompson et al., 2005) s'intéressant à l'impact de l'écoute d'un morceau de musique sur la performance en fluence sémantique, chez des patients Alzheimer et des sujets âgés sains. La tâche de fluence administrée consistait à dénommer des noms de véhicules, de fruits, de couleurs ou de meubles, le plus rapidement possible, pendant un délai

d'une minute. Après l'écoute d'un extrait des quatre saisons de Vivaldi (Hiver), les performances en fluence catégorielle se sont révélées meilleures qu'en condition silencieuse. Les patients Alzheimer et les sujets âgés sains montraient ce même bénéfice de la musique. Toutefois, l'effet de la musique était faible, les participants énonçant moins de un mot de plus en condition musicale.

Ici, nous pouvons nous demander si l'amélioration en fluence sémantique, grâce à l'écoute de musique, dépend d'une amélioration des capacités de flexibilité mentale, d'une amélioration des fonctions langagières, ou bien d'une stimulation de ces deux facultés cognitives de façon conjointe. En effet, nous avons vu précédemment que la musique était susceptible d'améliorer les fonctions langagières d'une manière significative. Dans un travail réalisé auprès de patients présentant une maladie d'Alzheimer (Brotons et Koger, 2000), il a été montré qu'une thérapie musicale était en mesure d'améliorer la fluence du langage spontané. Selon les auteurs, il s'agissait d'une amélioration des fonctions langagières. On peut se poser la question du lien entre le niveau de fluence dans le langage spontané, et la performance à une tâche de fluence sémantique. La fluence conversationnelle et une tâche de fluence sémantique font-elles appel aux mêmes mécanismes cognitifs ?

Nous allons maintenant revenir sur ce lien entre la musique et le langage, en cas de lésions cérébrales et chez des sujets sains. Nous comparerons les activations cérébrales observées en situation musicale et langagière, puis nous étudierons les processus cognitifs communs au traitement de la musique et du langage.

IV – Musique et langage :

Quelques études se sont intéressées à la relation de dépendance - ou d'indépendance - qu'entretiennent les processus langagiers et musicaux. Ces travaux mettent en évidence des résultats conflictuels :

- Des études réalisées auprès de patients cérébro-lésés plaident pour l'indépendance de la musique et du langage. Nous pouvons notamment relever deux cas de patients amusiques, pour lesquels nous avons observé une dissociation entre les capacités langagières et musicales. La patiente C.N., jeune infirmière sans éducation musicale, présentant des lésions bilatérales étendues dans les lobes temporaux, montrait une incapacité à reconnaître le moindre air musical. Toutefois, cette impossibilité d'accès et d'encodage était spécifique à la musique (Peretz, 1996). Il pourrait donc exister un système mnésique à long-terme propre à la musique. D'un autre côté, la rééducation du patient S.A. a mis en évidence une régression des troubles réceptifs de

l'amusie, et non de ceux du langage oral. Ce patient présentait une incapacité à apprécier ou même seulement écouter de la musique (Weill-Chounlamountry et al., 2008). Ces deux études de cas posent l'hypothèse d'une dissociation fonctionnelle entre la musique et le langage. Sur la base de nombreuses études de cas de patients amusiques, Peretz et Coltheart (2003) ont mis au point un modèle cognitif du traitement de la musique, proposant un fonctionnement modulaire. Ce modèle révèle un traitement spécifique de l'encodage tonal de la hauteur, qui n'est commun avec aucun autre système cognitif, pas même celui du langage.

- En revanche, chez les sujets-sains, la majorité des travaux met en évidence une relation de dépendance entre les processus langagiers et musicaux. En effet, certains mécanismes semblent être communs à la musique et au langage, d'un point de vue neurophysiologique, ainsi qu'au niveau de la perception et de la cognition. Nous allons voir que d'un point de vue neuronal et cognitif, la spécialisation pour la musique est similaire à la spécialisation humaine pour le langage (Patel et al., 1998a ; Maess et al., 2001 ; Schön et al., 2008 ; Kraus et al., 2010).

A – D'un point de vue cérébral :

La musique et le langage semblent partager des processus auditifs communs. Une étude réalisée auprès de sujets musiciens et non-musiciens, a montré que l'encodage de phrases parlées engendrait une activation sous-corticale. Cette activation était d'autant plus marquée chez les musiciens, qui effectuaient par ailleurs un meilleur encodage que les sujets non-musiciens. Ces données peuvent apporter une explication neurophysiologique des meilleures capacités des musiciens dans l'apprentissage d'une langue (Wong et al., 2007).

D'un point de vue cortical, on peut repérer des processus syntaxiques communs à la musique et au langage. Deux études électroencéphalographiques ont montré que lors de situations musicales et verbales incongruentes (violation syntaxique dans une phrase ou violation harmonique dans un extrait musical), le marqueur neuronal des processus syntaxiques langagiers (P600), situé dans le lobe temporal antérieur gauche, était activé lors des situations verbales et musicales. Il n'est donc pas spécifique au langage. En situation musicale, une activation spécifique du lobe temporal antérieur droit a été observée (Patel et al., 1998a ; Koelsch et al., 2005). Dans une étude plus récente, il a été mis en évidence que ces deux régions cérébrales étaient davantage activées chez des enfants musiciens, lors d'irrégularités syntaxiques musicales et langagières, en comparaison avec des enfants non-musiciens (Jentschke et Koelsch, 2009).

Un entraînement musical semble stimuler l'activation de certaines structures cérébrales, impliquées dans les processus langagiers, comme le gyrus de Heschl, les aires de Broca et Wernicke (Moreno, 2009). Lors de la présentation d'extraits musicaux, on a observé une activation des aires de Broca, de Wernicke, du gyrus de Heschl, accompagnée d'une stimulation du sillon temporal supérieur, du planum polaire et du planum temporal, ainsi que du cortex insulaire antérieur et supérieur (Koelsch et al., 2002).

On remarque que les activations cérébrales en situation musicale et langagière sont comparables. Toutefois, tandis que le langage est principalement l'œuvre de l'hémisphère gauche, on note que la musique semble être traitée simultanément par les deux hémisphères cérébraux.

B – Sur le plan cognitif :

Nous allons voir que la musique et le langage partagent certains mécanismes cognitifs. Si l'on s'intéresse dans un premier temps aux processus de bas niveau, à la perception, on note que la musique et le langage sont perçus principalement à travers le système auditif et semblent partager des attributs acoustiques similaires (Wong et al., 2007 ; Kraus et al., 2010). Une étude électroencéphalographique a notamment montré un lien entre les mécanismes permettant le traitement de la hauteur sonore, dans la musique et le langage. En effet, il a été mis en évidence qu'un entraînement musical de courte durée, basé sur l'appréciation de la hauteur, pouvait influencer le traitement de la hauteur dans le langage (Moreno et Besson, 2006).

Si l'on s'intéresse maintenant aux mécanismes cognitifs de haut niveau, on s'aperçoit que la musique et le langage mettent en jeu des propriétés syntaxiques et sémantiques analogues. Une étude s'est intéressée au processus d'amorçage sémantique, montrant que la musique et le langage pouvaient tous deux amorcer le sens d'un mot. Des mots-cibles ont été présentés, à la suite de séquences parlées ou d'extraits musicaux. Ces mots-cibles entretenaient ou n'entretenaient pas de lien sémantique avec les amorces. Une même activation cérébrale (marqueur N400) a été observée pour les séquences musicales et verbales, surtout lorsque le mot-cible n'avait pas de lien sémantique avec l'amorce (Koelsch et al., 2004).

Dans une seconde étude, des phrases chantées ont été présentées, dans lesquelles le dernier mot de la phrase était sémantiquement lié ou non au reste de la phrase. Le mot-cible était chanté sur la base d'un accord tonique de référence, où à partir d'un accord non-dominant (moins couramment utilisé en musique). Une tâche de décision lexicale sur le mot-cible a été proposée aux participants, et une interaction significative a été observée entre la parenté harmonique et sémantique. Ces résultats

suggèrent que la musique est susceptible de moduler l'amorçage sémantique dans un extrait de musique vocale (Poulin-Charronnat et al., 2005).

Dans la littérature, il apparaît que les systèmes syntaxiques de la musique et du langage partagent certaines propriétés, notamment le mécanisme permettant de détecter une erreur dans une séquence attendue. Selon Patel (2003), la musique et le langage s'appuient sur des ressources de traitement communes, qui activent des représentations syntaxiques spécifiques (*Shared Syntactic Integration Resource Hypothesis*). Dans une étude menée auprès de sujets présentant une aphasie de Broca, en comparaison avec des sujets-contrôles, les résultats obtenus à une tâche syntaxique verbale et une tâche syntaxique musicale ont été comparés. La tâche verbale consistait à choisir une image, parmi quatre, correspondant à une phrase énoncée. Les capacités syntaxiques musicales ont été évaluées à l'aide d'une tâche d'amorçage harmonique, dans laquelle les participants devaient juger si le premier accord présenté était congruent ou non avec un second accord. Chez les sujets aphasiques, les performances étaient déficitaires à ces deux tâches. Cela met en évidence une corrélation entre des difficultés de compréhension syntaxique dans le langage, et un déficit en syntaxe musicale (Patel, 2005).

Dans une nouvelle étude (Slevc et al., 2009), les auteurs ont évalué de manière simultanée les capacités syntaxiques verbales et musicales. Des phrases étaient accompagnées d'accords musicaux, et certains mots et accords constituaient des intrus, en ne correspondant pas à la suite attendue. Des questions de compréhension étaient proposées aux sujets après chaque item. Lorsque des mots incorrects étaient accompagnés d'accords inattendus, les participants semblaient en difficulté face à l'ambiguïté de la situation et leurs temps de réponse étaient significativement plus longs. Il s'agit d'un « *garden path effect* ».

Ces données nous indiquent que les processus auditifs, sémantiques et syntaxiques de la musique et du langage semblent opérer de manière similaire. Ils semblent entretenir une relation d'interdépendance. De plus, la musique et le langage partagent un mécanisme d'apprentissage implicite, qui permet l'acquisition de systèmes complexes (grammaire, règles du langage, rythme, hauteur et structures mélodiques) sans avoir besoin d'instruction. La mémoire implicite semble donc jouer un rôle important dans les processus syntaxiques, à la fois pour la musique et le langage (Ettlinger et al., 2011).

Nous allons maintenant nous intéresser à notre population d'étude, en dressant de manière succincte le profil sémiologique de patients présentant une maladie d'Alzheimer.

V – Démence de Type Alzheimer :

A – Généralités :

Cette maladie a été décrite pour la première fois en 1906 par un neuropathologiste allemand, Aloïs Alzheimer, à partir de l'étude d'une patiente de 51 ans. Deux lésions cérébrales spécifiques ont été mises en évidence lors du décès de la patiente. Des plaques séniles et des dégénérescences neurofibrillaires ont été retrouvées dans les régions de l'hippocampe, du gyrus cingulaire postérieur et du noyau amygdalien.

La maladie d'Alzheimer représente 80% des maladies neurodégénératives dans les pays industrialisés, et on l'estime à 860 000 patients en France. Dans cette affection, les troubles de la mémoire se trouvent au premier plan. Ils sont marqués et constituent souvent le premier symptôme. Toutefois, au stade initial, toutes les composantes de la mémoire ne sont pas affectées de la même manière.

Les troubles prédominants sont des troubles de la mémoire épisodique, ce système de mémoire permettant d'enregistrer, de stocker et de récupérer des informations personnellement vécues, situées dans leur contexte spatio-temporel d'acquisition. Les performances au test du « RL/RI-16 » (Grober et Buschke, 1987), très sensible à la maladie d'Alzheimer, mettent en avant un trouble marqué de l'encodage. En effet, les rappels libres sont faibles, et l'indiciage ne permet pas de normaliser la performance. On peut également observer un déficit en reconnaissance et de nombreuses intrusions sémantiques. On retient donc une perturbation de l'encodage en mémoire épisodique, relativement spécifique à la maladie d'Alzheimer, associée à des troubles du stockage et de la récupération.

En plus de la difficulté à acquérir de nouvelles informations, les patients montrent des difficultés à restituer des souvenirs personnels. Toutefois, les souvenirs anciens sont mieux préservés que les souvenirs récents, selon le gradient temporel de Ribot (1881). On peut donc observer une amnésie antérograde et une amnésie rétrograde, plus ou moins marquée selon l'avancée dans la maladie.

La mémoire sémantique est également perturbée de manière précoce. Ces troubles s'observent dans le langage spontané des patients, avec un discours vague et des circonlocutions. Un manque du mot et des paraphrasies sémantiques sont parfois présents dans les épreuves de dénomination, et les scores en fluence sémantique s'abaissent. On peut éventuellement observer une difficulté en reconnaissance de personnages célèbres. Il y a donc un trouble de l'accès au lexique, ou bien une perturbation centrale des représentations sémantiques. La mémoire à court-terme apparaît elle aussi précocement perturbée, avec un déficit dans des tâches d'empan auditivo-verbal.

En dehors des troubles cognitifs, les patients peuvent présenter des troubles de l'humeur et du comportement, des troubles psychotiques (délires, hallucinations) et des perturbations des conduites élémentaires (sommeil, comportement alimentaire). Certains aspects de ces changements peuvent traduire un syndrome dysexécutif comportemental. Nous allons voir qu'un syndrome dysexécutif cognitif peut aussi être observé.

B – Syndrome dysexécutif :

Les fonctions exécutives sont les processus cognitifs qui permettent de contrôler et de réguler les autres activités cognitives (Baddeley, 1990 ; Shallice, 1988). Elles réfèrent à « l'ensemble des opérations, ou processus mentaux, nécessaires à l'exécution et au contrôle de comportements finalisés mis en œuvre dans des situations complexes et nouvelles, lorsque les habiletés cognitives surentraînées ne sont pas suffisantes » (Dubois et al., 1994).

Miyake et al. (2000) ont été les premiers à s'intéresser à la question de l'unité ou de la diversité des fonctions exécutives. Jusqu'alors, on considérait les fonctions exécutives comme un système unitaire. Selon le modèle des trois facteurs (Miyake et al., 2000), le fonctionnement exécutif est défini sur la base de trois processus cognitifs distincts : le *shifting* (flexibilité mentale), l'*updating* (mise à jour en mémoire de travail), et l'inhibition de réponses dominantes. Nous nous intéressons à cette question de l'unité ou de la diversité du fonctionnement exécutif, car nous souhaitons évaluer l'effet de l'écoute de musique sur différentes fonctions exécutives, en menant une étude comparative. Puisque la flexibilité mentale, la mise à jour et l'inhibition semblent peu corrélées, nous pouvons penser que la musique pourra influencer chacune de ces fonctions d'une manière différente.

Les fonctions exécutives ont été longtemps associées, exclusivement, aux structures préfrontales (Fuster, 1989 ; Luria, 1973). Depuis, des auteurs ont montré l'existence de boucles fronto-sous-cortico-frontales (Alexander, 1986 ; Cummings, 1993), qui relient certaines régions sous-corticales aux régions préfrontales. Ces boucles relient le cortex préfrontal à certains éléments des noyaux gris centraux (striatum, globus pallidus, locus niger) et au thalamus. De ce fait, une lésion cérébrale qui affecte un élément de ces boucles est susceptible d'entraîner un syndrome dysexécutif. Il a également été montré qu'une lésion du cervelet pouvait provoquer une atteinte des fonctions exécutives (Schmahmann et Sherman, 1998).

Dans le cas de la maladie d'Alzheimer, on retrouve une atteinte précoce du fonctionnement exécutif (Perry et Hodges, 1999). Ce déficit exécutif serait en mesure d'expliquer les difficultés dans la

réalisation des actions de la vie quotidienne, rencontrées par les patients. Toutefois, ces troubles surviennent généralement après les troubles de la mémoire épisodique.

Selon le modèle de Miyake, il apparaît que les trois principales fonctions exécutives sont altérées dans la maladie d'Alzheimer. Les capacités d'inhibition, mesurées avec le test de *Stroop* (Stroop, 1935) - ainsi que les capacités de flexibilité mentale, calculées à l'aide de la partie B du *Trail Making Test* - sont déficitaires chez les patients Alzheimer (Bondi et al., 2002 ; Amieva et al., 1998). Enfin, les capacités de mise à jour peuvent être évaluées à l'aide du paradigme de Brown-Peterson. Cette tâche consiste à rappeler une courte série de lettres après un bref délai, temps pendant lequel une tâche interférente de comptage à rebours est administrée. Un trouble sévère a été observé à cette tâche, chez les patients Alzheimer, même après un court délai de rétention (Belleville et al., 1996). Il existe donc un syndrome dysexécutif chez les sujets présentant une maladie d'Alzheimer.

En conclusion, cette revue de littérature tend à aller dans le sens d'un bénéfice d'une expérience musicale sur de nombreuses capacités cognitives : l'intelligence générale, la perception du langage, la lecture, l'écriture, l'apprentissage d'une langue, l'intelligence verbale, les habiletés temporo-spatiales, les mathématiques et les capacités de mémoire à court-terme. Chez des patients présentant une maladie d'Alzheimer, nous avons vu que les capacités de mémoire à court-terme et de mémoire explicite sont généralement déficitaires pour la musique, tandis que la mémoire musicale implicite semble préservée. Par ailleurs, nous avons vu que le bénéfice de la musique était particulièrement important pour la mémoire autobiographique. Ensuite, nous avons vu que certaines fonctions exécutives étaient susceptibles d'être améliorées par l'expérience musicale, ou lors d'une situation d'écoute musicale. Nous avons montré un bénéfice de la musique sur les capacités d'attention divisée, de gestion de l'interférence, d'inhibition, de flexibilité mentale et de mise à jour en mémoire de travail. Concernant la relation entre les processus langagiers et musicaux, il est décrit des mécanismes cognitifs communs sur le plan auditif, sémantique et syntaxique, ainsi que des activations cérébrales comparables. Enfin, nous avons vu que l'atteinte principale et inaugurale de la maladie d'Alzheimer était un trouble de mémoire épisodique, spécifiquement un trouble de l'encodage, et que celui-ci était généralement accompagné d'un syndrome dysexécutif de manière précoce.

Problématique :

Dans cette revue de littérature, nous avons vu que la majorité des travaux s'intéressant à l'influence de la musique sur les capacités cognitives étudiait l'effet d'une pratique musicale. Nous n'avons relevé que quelques études s'intéressant à l'influence de l'écoute de musique chez des patients présentant une maladie d'Alzheimer. En premier lieu, la présentation d'extraits musicaux était susceptible d'améliorer de manière significative le rappel de souvenirs autobiographiques (Lord et Garner, 1993 ; Foster et Valentine, 2001 ; Irish et al., 2006 ; El Haj et al., 2012). Par ailleurs, nous avons recensé une étude s'intéressant à l'effet de l'écoute de musique sur les capacités exécutives (Thompson et al., 2005). Les résultats de ce travail ont montré que les patients Alzheimer et les sujets âgés sains obtenaient de meilleures performances en fluence sémantique lorsqu'un extrait de musique leur était présenté. En nous basant sur cette étude, nous avons choisi d'utiliser la musique sous sa forme « passive », en retenant la présentation auditive d'un extrait musical.

En nous intéressant aux études sur la musique et les fonctions exécutives, nous nous sommes aperçus que la seule expérimentation s'intéressant simultanément à plusieurs fonctions exécutives comparait les performances en flexibilité mentale et en mise à jour (Bugos et al., 2007). Dans cette étude, les participants ont suivi des leçons de piano pendant six mois. Nous n'avons recensé aucune étude s'intéressant à l'effet de l'écoute musicale sur différentes fonctions exécutives. Dans une démarche exploratoire, nous choisissons donc de comparer les capacités d'inhibition et de flexibilité mentale. Ainsi, nous tenterons de déterminer dans quelle mesure ces habiletés peuvent être influencées par la musique ; autrement dit, nous tenterons de savoir dans quelle mesure les scores d'inhibition et de flexibilité mentale peuvent être influencés par l'écoute musicale.

D'autre part, nous avons cité plusieurs travaux mettant en évidence une relation d'interdépendance entre les processus langagiers et musicaux, tant sur le plan fonctionnel que cognitif. Nous avons notamment mis en évidence une dissociation entre les scores d'intelligence verbale et spatiale chez des enfants, à la suite d'un entraînement musical, indiquant une amélioration significative de l'intelligence verbale tandis que la performance en intelligence spatiale restait inchangée (Moreno et al., 2011). Une autre étude (Brotons et Koger, 2000) nous a montré qu'une thérapie musicale était en mesure d'améliorer le contenu du discours et la fluence du langage conversationnel chez des patients Alzheimer et chez des sujets âgés sains.

Dans ce travail, nous souhaitons comparer des tâches verbales à des tâches non-verbales. Nous cherchons à savoir si la musique améliore le fonctionnement exécutif de façon globale, ou si les tâches exécutives verbales bénéficient davantage de la musique. Si la musique améliore les fonctions exécutives en général, nous mettrons en évidence une amélioration de la même magnitude

pour les tâches exécutives verbales et non-verbales, en condition musicale. En revanche, si la musique a une influence sur les processus langagiers, alors les performances aux tâches exécutives verbales seront supérieures aux performances non-verbales. De tels résultats plaideraient en faveur de la dépendance des processus langagiers et musicaux. Dans ce cas, la performance exécutive verbale en condition musicale devrait être doublement améliorée : d'une part la musique améliorerait le fonctionnement exécutif, et d'autre part la musique améliorerait les fonctions langagières engagées dans cette tâche exécutive verbale.

Notre population d'étude sera composée de patients présentant une maladie d'Alzheimer et de sujets âgés sains. Dans un premier temps, nous comparerons les performances de nos deux groupes expérimentaux. Ensuite, nous comparerons les tâches réalisées en condition musicale à celles réalisées en condition silencieuse. Enfin, nous comparerons les performances obtenues aux tâches verbales et non-verbales, en condition musicale, afin de déterminer si les tâches verbales sont davantage influencées par la musique que les tâches non-verbales.

Hypothèses :

- 1) Nous supposons que les patients Alzheimer auront de moins bonnes performances que les sujets âgés-sains pour toutes les mesures : en condition musicale et silencieuse, et pour les tâches verbales et non-verbales. En effet, nous avons vu qu'il existait une atteinte précoce des fonctions exécutives dans la maladie d'Alzheimer (Perry et Hodges, 1999).
- 2) Dans les deux groupes, les performances obtenues en condition musicale seront supérieures à celles réalisées en condition silencieuse. La musique permettrait en effet de surpasser les difficultés attentionnelles et exécutives rencontrées dans les démences (Kopelman, 1992 ; Thompson et al., 2001 ; Foster et Valentine, 2001). Elle améliorerait les performances exécutives chez les sujets sains (Bugos et al., 2007 ; Thompson et al., 2005).
- 3) En condition musicale, les performances obtenues aux tâches exécutives verbales seront supérieures à celles obtenues aux tâches exécutives non-verbales, dans les deux groupes. Effectivement, nous avons montré une dissociation entre les habiletés verbales et spatiales à la suite d'un entraînement musical chez des enfants (Moreno et al., 2011). Nous supposons que cette dissociation apparaîtra aussi en condition d'écoute musicale et dans notre population d'étude.

- **Méthodologie :**

I – Population :

La population de cette étude était constituée de patients présentant une maladie d'Alzheimer, répondant aux critères du DSM-IV et du NINCDS-ADRDA, et de sujets âgés sains. Pour le recrutement des patients, nous n'avons pas fixé de seuil minimal de score au MMS. Les patients ne devaient pas présenter de démences mixtes avec des lésions vasculaires importantes. Ils ne devaient pas avoir d'antécédents d'accidents vasculaires cérébraux, de traumatismes crâniens ou de toute autre affection neurologique. Ils ne devaient pas présenter de troubles psychiatriques, notamment des antécédents d'épisodes dépressifs. Enfin, les patients ne devaient pas consommer d'alcool, de drogues, ou de médicaments susceptibles d'avoir une influence sur le fonctionnement cognitif. Tout comme les patients, les sujets âgés sains ne devaient pas présenter d'antécédent neurologique ou de troubles psychiatriques. Après une explication des objectifs de l'étude, les participants devaient nous donner un accord pour y participer.

Les données démographiques relatives à nos groupes d'étude sont résumées dans le tableau 1. Pour l'analyse de genre, nous avons utilisé le test de comparaison de fréquence du Chi2. Il apparaît que, dans notre population les patients et les sujets-contrôles n'étaient pas appariés par le sexe. Le groupe de patients était constitué majoritairement d'hommes tandis que le groupe contrôle était davantage composé de femmes.

Pour l'âge et le niveau socioculturel (évaluation du niveau socioculturel du GRECO, Groupe de Réflexion sur les Evaluations Cognitives), nous les avons comparés au moyen du test U de Mann Whitney. Les résultats indiquent que les deux groupes avaient une moyenne d'âge et un niveau socioculturel équivalents.

Tableau 1. Comparaison des données démographiques de nos deux groupes de sujets.

	Groupe patient (n = 10)	Groupe contrôle (n = 13)	Valeur statistique et valeur de P
Sexe	2 femmes 8 hommes	10 femmes 3 hommes	Chi2 = 7,3 P = ,007
Age	78,4 (5,7)	82,1 (4)	U = 35 ; Z = -1,83 P = ,07
Niveau socioculturel	1,6 (0,5)	1,69 (0,6)	U = 61 ; Z = -0,22 P = ,83

II – Bilan neuropsychologique de base :

Afin d'évaluer le fonctionnement cognitif des participants, nous avons utilisé deux tests : le *Mini Mental State Examination* (MMSE ; Folstein, Folstein et McHugh, 1975) et la BEC 96 (Batterie d'Evaluation Cognitive : évaluation des troubles de la mémoire et des désordres cognitifs associés, Signoret et al., 1996). Le test du MMSE évalue l'orientation temporelle et spatiale, les capacités d'apprentissage et de rappel, l'attention et le calcul, les capacités langagières et les praxies constructives. Sa durée d'administration est de quinze minutes environ. La BEC 96 est un test plus complet et plus long à administrer que le MMSE. Cette batterie contient des subtests de manipulation mentale, d'orientation, de mémoire épisodique visuelle (acquisition, rappel et reconnaissance de six images), de résolution de problèmes, de fluence verbale, de mémoire épisodique verbale (apprentissage et rappel d'une liste de mots), de dénomination et de visuo-construction. Par ailleurs, afin de nous informer sur le niveau de dépression des sujets, nous avons utilisé la *Geriatric Depression Scale 15* (Sheikh et al., 1986). Il s'agit d'une liste de quinze questions, auxquelles les participants doivent répondre par oui ou par non. Les réponses sont cotées un point lorsqu'elles traduisent un symptôme dépressif, et sont cotées 0 point lorsqu'elles ne dénotent pas de tendance dépressive. Au regard de nos critères d'inclusion, les participants ne devaient pas obtenir de scores renvoyant à des profils « très déprimés » (12+/- 2).

Les scores obtenus par nos groupes aux tests neuropsychologiques et à l'échelle de dépression sont présentés dans le tableau 2. Nous les avons comparés à l'aide du test U de Mann Whitney. Il apparaît que les patients Alzheimer ont obtenu des scores significativement inférieurs à ceux des sujets-contrôles, au test du MMS et à la BEC 96. Par ailleurs, leur niveau de dépression était équivalent.

Tableau 2. Comparaison des scores obtenus aux tests neuropsychologiques proposés.

	Groupe patient (n = 10)	Groupe contrôle (n = 13)	Valeur statistique et valeur de P
MMSE	21,7 (4,2)	27 (1,8)	U = 16 ; Z = -3,01 P = .003
BEC 96	68,6 (10,1)	86,5 (6,0)	U = 7 ; Z = -3,57 P = .0004
GDS 15	3 (2,9)	4,38 (2,9)	U = 45,5 ; Z = -1,18 P = .24

Le tableau 3 nous indique les scores obtenus aux différents sous-tests du MMSE et de la BEC. Nous avons comparé ces scores dans les deux groupes à l'aide du test U de Mann Whitney. Il apparaît que les sujets-contrôles ont obtenu de meilleures performances que les patients dans les sous-tests suivants : orientation du MMSE et de la BEC 96, rappel du MMSE et de la BEC 96, apprentissage

(BEC 96), fluence verbale et dénomination. Les différences indiquent que les troubles mnésiques sont dominants chez les patients Alzheimer conformément aux attendus diagnostiques et que s'associent principalement à ces troubles des anomalies de la sphère neurolinguistique.

Tableau 3. Comparaison des scores obtenus aux différents sous-tests du MMSE et de la BEC.96.

		Groupe patient (n = 10)	Groupe contrôle (n = 13)	Valeur statistique et valeur de P
MMSE	Orientation	7,8 (1,8)	9,38 (0,7)	U = 26,5 ; Z = -2,36 P = .02
	Apprentissage	2,7 (0,5)	2,92 (0,3)	U = 50,5 ; Z = -0,87 P = 0,39
	Attention et calcul	3,2 (1,3)	4,31 (1,1)	U = 33 ; Z = -1,95 P = .051
	Rappel	0,6 (1,1)	2,23 (0,9)	U = 16,5 ; Z = -2,98 P = .003
	Langage	6,8 (0,4)	7,31 (0,6)	U = 37 ; Z = -1,71 P = .09
	Praxies constructives	0,7 (0,5)	0,85 (0,4)	U = 55,5 ; Z = -0,56 P = .58
BEC 96	Rappels	6,5 (2,1)	10,85 (1,1)	U = 4 ; Z = -3,75 P = .0002
	Apprentissage	6,5 (2,1)	10,15 (2,5)	U = 18,5 ; Z = -2,85 P = .004
	Orientation	8,6 (2,1)	11,54 (0,9)	U = 9 ; Z = -3,44 P = .0006
	Manipulation mentale	12 (0)	12 (0)	U = 65 ; Z = 0,03 P = .98
	Problèmes	7,4 (2,9)	9,08 (1,2)	U = 38,5 ; Z = -1,61 P = .11
	Fluence verbale	8 (3,1)	11,08 (1,9)	U = 25 ; Z = -2,45 P = .01
	Dénomination	9,4 (1,4)	10,8 (1,1)	U = 28,5 ; Z = -2,23 P = .03
	Visuo-construction	10,1 (2,2)	10,8 (1,4)	U = 55 ; Z = -0,59 P = .56

III – Protocole expérimental :

Afin de tester l'effet de l'écoute musicale sur les performances exécutives, des tâches de flexibilité mentale et d'inhibition ont été déclinées en deux versions similaires. L'une des deux versions de chaque tâche était administrée en condition musicale, tandis que la seconde version était proposée en condition silencieuse.

Tous les participants ont été soumis à l'ensemble des tâches. Nous avons administré les différentes sous-tâches dans un ordre prédéfini (voir Annexe 1). En revanche, nous avons interchangé l'ordre des épreuves de flexibilité et d'inhibition. Cela signifie que certains sujets ont commencé l'évaluation par les tâches de flexibilité tandis que d'autres sujets ont commencé par les tâches d'inhibition, et tous les sujets ont passé les différentes sous-tâches d'inhibition et de flexibilité dans le même ordre. Entre ces deux étapes, nous avons administré le MMS, la BEC 96 et la GDS à tous les sujets.

Comme matériel musical, nous avons utilisé une musique vive, stimulante, en mode majeur. Nous avons fait le choix d'utiliser une musique non connue des patients, afin de ne pas mesurer un effet de familiarité, mais bien l'effet de la musique elle-même. Par ailleurs, si nous avions utilisé une musique familière, cela aurait éventuellement mobilisé les capacités de mémoire des sujets. En effet, nous avons vu que les musiques familières pouvaient faire émerger des souvenirs de manière involontaire (El Haj et al., 2012). Dans notre travail, nous souhaitons étudier l'impact de l'écoute de musique sur les fonctions exécutives exclusivement, en évitant que des processus mnésiques viennent interférer avec le fonctionnement exécutif. La musique que nous avons choisie est une musique symphonique écrite par un compositeur Roumain, Constantin Dimitrescu (Dans Taranesc op. 15).

A – Évaluation des capacités de flexibilité mentale

- **En modalité verbale :**

En nous basant sur l'étude de Thompson et al. (2005), nous avons choisi d'utiliser une tâche de fluence sémantique. Dans cette épreuve, nous avons demandé aux participants de nous donner, pendant deux minutes, le plus de noms qu'ils connaissaient dans les catégories suivantes : villes et articles de supermarché. Nous avons sélectionné des catégories offrant un grand nombre de mots possibles, afin de ne pas pénaliser les participants et pour que nos deux catégories soient d'un même niveau de difficulté. Afin d'attribuer un score aux participants, nous avons comptabilisé le nombre de mots corrects, en accordant un point pour chaque mot. Les répétitions et les mots sur-ordonnés (ex : le mot « légume » si le mot carotte était donné, auparavant ou par la suite) étaient considérés comme des erreurs.

- **En modalité non-verbale :**

Pour évaluer les capacités de flexibilité mentale d'une façon non-verbale, nous avons choisi d'utiliser des tâches de fluence graphique. Nous avons utilisé un matériel similaire à celui du subtest « fluidité de dessins » de la NEPSY (Korkman et al., 1997). Pour les deux versions, une matrice constituée de sept lignes et de cinq colonnes était présentée sur une feuille. Dans chaque case, cinq points étaient représentés. Dans la première version, les points formaient un carré (un point pour chaque angle et un point au centre). Dans la seconde version, les cinq points étaient disposés de manière aléatoire. Les participants devaient produire le plus possible de dessins différents, en reliant au moins deux points, pendant deux minutes. Nous accordions un point aux participants pour chaque tracé correct.

B – Évaluation des capacités d’inhibition

- **En modalité verbale :**

Afin de tester la performance des sujets en inhibition verbale, nous avons utilisé le test de *Stroop Victoria* (Strauss et al., 2007). En comparaison avec le test de Stroop classique, ce test est mieux adapté pour les personnes âgées, car la taille de police est plus grande et le nombre d’items est restreint (Bayard et al., 2009). Nous avons seulement administré la troisième planche du test, en utilisant la ligne d’exemple afin de nous assurer de la bonne compréhension des sujets. Nous avons fait ce choix car en modalité non-verbale, la tâche d’inhibition ne comportait pas de pré-tests. Il fallait que ces deux tâches verbale et non-verbale soient comparables. De plus, nous avons cherché à limiter le temps de passation de ce bilan, qui était déjà suffisamment couteux sur le plan attentionnel pour des sujets âgés. Les participants devaient nommer la couleur de l’encre, en s’empêchant de lire les mots, le plus rapidement possible et sans faire d’erreur. Pour la deuxième version de ce test, nous avons construit une seconde planche, en inversant l’ordre des mots et des couleurs, d’une manière aléatoire. Nous prenions en compte le nombre d’erreurs et le temps mis par les sujets.

- **En modalité non-verbale :**

Pour évaluer les capacités d’inhibition non-verbale, nous avons utilisé une tâche de tapping. Nous nous sommes basés sur l’exercice de « Go/No-Go » de la BREF (Batterie Rapide d’Evaluation Frontale, Dubois et al., 2000). Nous avons créé des séries plus longues que celle de la BREF, contenant trente items au lieu de dix. Pour l’une des deux séries, nous avons conservé la consigne utilisée dans la BREF : les participants devaient taper une fois lorsque nous tapions une fois, et ne pas taper lorsque nous tapions deux fois. Pour la deuxième version de cette tâche de tapping, nous avons utilisé une consigne différente : les participants devaient taper deux fois lorsque nous tapions deux fois, et ne pas taper lorsque nous tapions une fois. Pour chaque série, nous obtenions une note sur 30 et chaque réponse correcte était cotée un point.

• Résultats :

Afin d'analyser nos résultats, nous avons utilisé le logiciel *Statistica 10 – Evaluation*. En raison de la petite taille de nos échantillons, la distribution de nos résultats ne suivait pas systématiquement une loi normale. C'est pourquoi nous avons utilisé deux tests non-paramétriques. Nous avons fixé le seuil de significativité à $p < .05$. Le test U de Mann Whitney nous a permis de comparer les performances des deux groupes aux tâches musicales, aux tâches silencieuses données en modalité verbale et non-verbale.

I - Analyse des résultats au niveau inter-groupe :

Nous avons reporté dans le tableau 4 les moyennes des scores obtenus par l'ensemble des participants à chacune des tâches, ainsi que les écarts-types, les valeurs statistiques et le seuil de significativité.

Tableau 4. Scores obtenus par les deux groupes de sujets aux différentes tâches.

	Groupe patient (n = 10)	Groupe contrôle (n = 13)	Valeur statistique et valeur de P
Stroop temps musique	108,5 (83,1)	53,85 (26,8)	U = 25,5 ; Z = 2,42 P = .02
Stroop temps silence	116,5 (118,3)	44 (16,5)	U = 17,5 ; Z = 2,91 P = .004
Stroop erreurs musique	5,2 (5,8)	4,38 (4,2)	U = 61,5 ; Z = 0,19 P = .85
Stroop erreurs silence	4,9 (5,7)	1,92 (3,1)	U = 47,5 ; Z = 1,05 P = .29
Go/No-go musique	25,6 (5,8)	29,23 (0,7)	U = 37,5 ; Z = -1,67 P = .09
Go/No-go silence	26,7 (5,6)	29,30 (2)	U = 31,5 ; Z = -2,05 P = .04
Fluence graphique musique	8,6 (4)	12 (4,2)	U = 41,5 ; Z = -1,43 P = .15
Fluence graphique silence	9,7 (3,7)	13,62 (4,9)	U = 32,5 ; Z = -1,98 P = .05
Fluence verbale musique	13,9 (8,6)	22,92 (7,1)	U = 27,5 ; Z = -2,29 P = .02
Fluence verbale silence	11,9 (6,1)	25,39 (9,1)	U = 15 ; Z = -3,07 P = .002

Il apparaît que les scores obtenus par les sujets-contrôles sont supérieurs à ceux obtenus par les patients pour les mesures de temps au Stroop (en conditions musicale et silencieuse), la tâche de Go/No-Go en condition silencieuse, l'épreuve de fluence graphique en condition silencieuse, et les tâches de fluence verbale pour les deux conditions.

En revanche (voir aussi tableau 4), les performances des deux groupes sont équivalentes concernant le nombre d'erreurs au test de Stroop Victoria (en conditions musicale et silencieuse), la tâche de Go/No-go en condition musicale et la tâche de fluence graphique en condition musicale.

II - Analyse des résultats au niveau intra-groupe :

A - Comparaison des tâches en conditions musicale et silencieuse :

1) Chez l'ensemble des participants :

Nous souhaitons comparer les résultats obtenus en condition d'écoute musicale à ceux obtenus en condition silencieuse, tous sujets confondus. Comme le montre le tableau 5, il n'y a pas de différence significative entre les scores en condition musicale et en condition silencieuse, pour toutes les mesures, chez l'ensemble des participants. Toutefois, si nous nous intéressons aux moyennes, les performances en condition silencieuse sont toujours légèrement supérieures aux performances en condition musicale.

Tableau 5. Comparaison des scores obtenus en conditions musicale et silencieuse chez l'ensemble des participants.

	Condition musicale	Condition silencieuse	Valeur statistique et valeur de P
Stroop : temps	77,61 (63,1)	75,52 (85)	U = 245 ; Z = 0,42 P = .68
Stroop : erreurs	4,74 (4,8)	3,22 (4,6)	U = 212 ; Z = 1,14 P = .24
Go/No-go	27,65 (4,2)	28,17 (4,1)	U = 206 ; Z = -1,27 P = .17
Fluence verbale	19 (8,9)	20 (10)	U = 263,5 ; Z = -0,01 P = .49
Fluence graphique	11 (4,4)	12 (4,8)	U = 232,5 ; Z = -0,69 P = .99

2) Chez les patients :

Nous avons procédé de la même manière pour comparer les résultats des patients, aux tâches de flexibilité et d'inhibition en conditions musicale et silencieuse. Ici, le test de Mann Whitney ne montre pas de différence significative entre les tâches réalisées en condition musicale et celles réalisées en condition silencieuse (voir tableau 6). En revanche, les moyennes indiquent que la mesure de temps au Stroop est inférieure en condition musicale et que les scores en fluence verbale sont meilleurs en condition musicale (2 mots de plus en moyenne).

Tableau 6. Comparaison des scores obtenus en conditions musicale et silencieuse chez les patients.

	Condition musicale	Condition silencieuse	Valeur statistique et valeur de P
Stroop : temps	108,5 (83,1)	116,5 (118,3)	U = 48 ; Z = -0,11 P = .91
Stroop : erreurs	5,2 (5,8)	4,9 (5,7)	U = 47,5 ; Z = 0,15 P = .88
Go/No-go	25,6 (5,8)	26,7 (5,6)	U = 42 ; Z = -0,57 P = .56
Fluence verbale	14 (8,6)	12 (6,1)	U = 45,5 ; Z = 0,3 P = .57
Fluence graphique	8,6 (4)	9,7 (3,7)	U = 48,5 ; Z = -0,08 P = .94

3) Chez les sujets-contrôles :

De la même manière que dans les analyses précédentes, nous avons comparé les scores obtenus par les sujets-contrôles, aux tâches réalisées en conditions musicale et silencieuse. Nous avons reporté ces résultats dans le tableau 7. Ici encore, le test de Mann Whitney ne révèle pas différence significative entre les deux conditions expérimentales. En s'attachant aux moyennes, on retrouve la même tendance que dans notre première analyse chez tous les sujets confondus : la condition silencieuse offre de meilleurs résultats pour toutes les tâches.

Tableau 7. Comparaison des scores obtenus en conditions musicale et silencieuse chez les sujets-contrôles.

	Condition musicale	Condition silencieuse	Valeur statistique et valeur de P
Stroop : temps	53,85 (26,8)	44 (16,5)	U = 63,5 ; Z = 1,05 P = .29
Stroop : erreurs	4,38 (4,2)	1,92 (3,1)	U = 56 ; Z = 1,44 P = .14
Go/No-go	29,23 (0,7)	29,31 (2)	U = 52,5 ; Z = -1,62 P = .06
Fluence verbale	23 (7,1)	25 (9,1)	U = 71,5 ; Z = -0,64 P = .52
Fluence graphique	12 (4,2)	14 (4,9)	U = 66,5 ; Z = -0,9 P = .37

B - Comparaison des tâches verbales et non-verbales :

Nous avons comparé les tâches verbales aux tâches non-verbales, en condition musicale. Nous avons aussi mesuré cette différence en condition silencieuse, afin de pouvoir comparer ces deux différences, en conditions musicale et silencieuse. Nous avons comparé les résultats obtenus :

- aux tâches d'inhibition : test de Stroop Victoria et tâche de Go/No-go
- aux tâches de flexibilité mentale : fluences verbale et graphique.

1) Chez l'ensemble des participants :

Afin de comparer les scores en inhibition verbale (Stroop) et en inhibition non-verbale (Go/No-go), nous avons transformé les scores bruts des sujets en z-scores. En effet, les notes obtenues n'étaient pas comparables telles quelles. Au test de Stroop, nous obtenions le nombre d'erreurs commises par les sujets, lors de la présentation d'une planche contenant 24 items. A la tâche de Go/No-go, nous obtenions une note sur 30. A partir des scores de chaque participant au test du Stroop Victoria et à la tâche de Go/No-go, nous avons appliqué la formule suivante pour calculer nos z-scores : (score

du participant – moyenne du groupe) / écart-type du groupe. En revanche, ces scores n'apparaissent pas dans le tableau 8. Dans ce tableau, nous avons présenté les résultats bruts obtenus par les sujets.

Afin de comparer les scores en flexibilité verbale et non-verbale, nous avons utilisé les notes brutes recueillies, puisque chaque tâche de fluence avait une même durée de deux minutes.

Comme le montre le tableau 8, chez tous les participants confondus, il n'y a pas de différence significative entre les scores obtenus au Stroop Victoria et à la tâche de Go/No-go, en condition musicale. Par ailleurs, en condition silencieuse, la tâche de Go/No-go est significativement mieux réussie que le test de Stroop Victoria. Concernant les performances en flexibilité (voir aussi tableau 8), il apparaît que la performance en fluence verbale est significativement supérieure à la performance en fluence graphique en situation musicale. Cependant, nous trouvons les mêmes résultats en condition silencieuse : la performance en fluence verbale est également supérieure à la performance en fluence graphique.

Tableau 8. Scores obtenus aux tâches verbales et non-verbales chez l'ensemble des sujets.

		Modalité verbale	Modalité non-verbale	Valeur statistique et valeur de P
Inhibition	Condition musicale	4,74 (4,8)	27,65 (4,2)	U = 236 ; Z = -0,62 P = ,54
	Condition silencieuse	3,22 (4,6)	28,17 (4,1)	U = 165 ; Z = -2,17 P = ,03
Flexibilité	Condition musicale	19 (8,9)	10,52 (4,4)	U = 115,5 ; Z = 3,26 P = ,001
	Condition silencieuse	19,52 (10,4)	11,91 (4,8)	U = 145,5 ; Z = 2,61 P = ,009

2) Chez les patients :

Ici, nous souhaitons comparer les scores des patients aux tâches verbales et non-verbales. De la même manière que précédemment, nous avons transformé les notes obtenues au Stroop et au Go/No-go en z-scores. Les résultats présentés dans le tableau 9 indiquent que chez les patients, il n'y a pas de différence significative entre les modalités verbale et non-verbale, dans les épreuves d'inhibition et de flexibilité et dans les deux conditions.

Tableau 9. Scores obtenus aux tâches verbales et non-verbales chez les patients.

		Modalité verbale	Modalité non-verbale	Valeur statistique et valeur de P
Inhibition	Condition musicale	5,2 (5,8)	25,6 (5,8)	U = 43 ; Z = -0,49 P = ,62
	Condition silencieuse	4,9 (5,7)	26,7 (5,6)	U = 42 ; Z = -0,57 P = ,57
Flexibilité	Condition musicale	13,9 (8,6)	8,6 (4)	U = 35,5 ; Z = 1,06 P = ,29
	Condition silencieuse	11,9 (6,1)	9,7 (3,7)	U = 40,5 ; Z = 0,68 P = ,50

3) Chez les sujets-contrôles :

Les résultats inscrits dans le tableau 10 nous indiquent que chez les sujets-contrôles, il n'y a pas de différence significative entre les résultats au Stroop et au Go/No-go, en conditions musicale et silencieuse. Par ailleurs, nous mettons en évidence une différence entre les épreuves de fluence verbale et de fluence graphique, dans les deux conditions.

Tableau 10. Scores obtenus aux tâches verbales et non-verbales, chez les sujets-contrôles.

		Modalité verbale	Modalité non-verbale	Valeur statistique et valeur de P
Inhibition	Condition musicale	4,38 (4,2)	29,23 (0,7)	U = 78 ; Z = -0,31 P = .76
	Condition silencieuse	1,92 (3,1)	29,31 (2)	U = 48 ; Z = -1,85 P = .06
Flexibilité	Condition musicale	22,92 (7,1)	12 (4,2)	U = 13 ; Z = 3,64 P = .0003
	Condition silencieuse	25,38 (9,1)	13,62 (4,9)	U = 19 ; Z = 3,33 P = .0009

III – Analyse des résultats au niveau individuel :

Afin d'examiner l'effet de la condition musicale sur le plan individuel, nous avons sélectionné les profils des patients et des sujets-contrôles pour lesquels la condition musicale offrait de meilleurs résultats que la condition silencieuse, pour chacune des tâches. Nous avons détaillé les notes obtenues par ces participants, et nous avons calculé les moyennes et les écarts-types pour chaque condition (voir tableau en annexe 12). Le test de Mann Whitney n'a montré aucune différence significative entre les deux conditions.

Nous avons ensuite construit un histogramme (voir annexe 13) représentant les proportions des effectifs pour lesquels la condition musicale a été bénéfique. Nous avons procédé de la même façon pour chacune des tâches, ainsi que pour chacun de nos deux groupes. Il apparaît que les patients bénéficient davantage de la condition musicale que les sujets-contrôles, au regard de la taille des effectifs pour chaque tâche. Nous observons notamment que les résultats des patients sont nettement meilleurs en fluence verbale en condition musicale, puisque 7 patients sur 10 ont vu leurs performances améliorées. Chez les sujets-contrôles, seulement 3 personnes sur 13 ont bénéficié de la condition musicale lors de cette même tâche. Le test de comparaison de fréquences du Chi2 (voir annexe 14) nous indique que la proportion de patients ayant bénéficié de la condition musicale lors de l'épreuve de fluence verbale est significativement supérieure à la proportion de contrôles ayant bénéficié de la musique lors de cette même épreuve de fluence verbale.

• Discussion :

Dans ce travail de recherche, notre objectif était de tester l'effet de l'écoute de musique sur les capacités d'inhibition et de flexibilité mentale, chez des patients présentant une maladie d'Alzheimer et chez des sujets âgés sains. Nous souhaitions par ailleurs comparer les résultats obtenus à des tâches verbales et non-verbales, afin de déterminer si la musique influençait différemment les habiletés exécutives verbales et non-verbales.

Nous supposions, tout d'abord, que les sujets-contrôles obtiendraient de meilleurs résultats que les patients pour toutes les mesures, en raison du déclin précoce des fonctions exécutives observé dans la maladie d'Alzheimer (Perry et Hodges, 1999). Nos résultats ne permettent de valider que partiellement cette hypothèse. En effet, les performances des deux groupes se sont révélées équivalentes concernant le nombre d'erreurs au test de Stroop Victoria (en conditions musicale et silencieuse), la tâche de Go/No-go en condition musicale et la tâche de fluence graphique en condition musicale. D'après ces résultats, nous pouvons dire que nos deux groupes ont un même niveau de performance en inhibition verbale, contrairement aux résultats décrits dans la littérature (Bondi et al., 2002). Concernant les capacités d'inhibition non-verbale, nous ne pouvons pas affirmer que les résultats des sujets-contrôles sont supérieurs à ceux des patients, puisque leurs performances sont équivalentes dans une des deux conditions expérimentales. Il en va de même pour les performances en flexibilité non-verbale, puisque les performances des sujets-contrôles et des patients sont équivalentes en condition musicale. En revanche, nous pouvons affirmer que les performances en fluence verbale sont meilleures chez les sujets-contrôles que chez les patients, comme l'avaient montré Thompson et al. (2005). Par ailleurs, nous avons également mis en évidence une différence significative au sous-test *Fluence verbale* de la BEC 96, indiquant que les sujets-contrôles avaient obtenu de meilleurs résultats que les patients.

Ensuite, nous supposions que les tâches réalisées en condition musicale seraient supérieures à celles réalisées en condition silencieuse, dans les deux groupes. En effet, nous avons pu mettre en évidence dans la revue de littérature que la musique permettait de surpasser les difficultés attentionnelles et exécutives rencontrées dans les démences (Kopelman, 1992 ; Thompson et al., 2001 ; Foster et Valentine, 2001). En effet, selon certains auteurs, la musique serait en mesure d'intensifier l'arousal grâce à l'humeur positive qu'elle dégage, et elle permettrait de diminuer l'anxiété des patients, ce qui pourrait également faciliter la performance (Nantais et Schellenberg, 1999 ; Thompson et al., 2001 ; Foster et Valentine, 2001 ; Schellenberg, 2006). D'autre part, elle améliorerait les performances exécutives chez les sujets sains (Bugos et al., 2007 ; Thompson et al., 2005). Les résultats que nous avons mis en évidence infirment cette hypothèse. En effet, nous

n'avons retrouvé aucune différence significative entre les tâches réalisées en condition musicale et celles réalisées en condition silencieuse. Le seul bénéfice, non significatif, de la musique s'observe dans le groupe des patients. Ils étaient plus rapides au test de Stroop Victoria (huit secondes de moins) et rapportaient en moyenne deux mots de plus dans les épreuves de fluence verbale. Ces données sont en contradiction avec les résultats de l'étude de Thompson et al. (2005), dans laquelle les patients et les sujets-contrôles avaient obtenu de meilleurs résultats aux tâches de fluence verbale en condition musicale, en comparaison avec une condition silencieuse. Les patients avaient énoncé 12,87 mots en situation d'écoute musicale (écart-type : 3,36) et 12 mots (3,86) en condition silencieuse. Dans notre groupe de patients, la différence entre les deux moyennes est plus importante (14 mots en musique contre 12 mots en silence), mais la taille de nos écarts-types est bien plus grande (respectivement 8,6 et 6,1). Ces données nous donnent un aperçu de la grande hétérogénéité de nos résultats. Néanmoins, à partir de l'analyse de profils individuels que nous avons menée, il est apparu que sept patients sur dix avaient obtenu de meilleurs résultats en fluence verbale en condition musicale qu'en condition silencieuse. Par ailleurs, à partir de cette analyse, il nous semble que les patients bénéficient davantage de la musique que les sujets-contrôles. Toutefois, ces résultats sont à prendre avec précaution, car nous rappelons qu'aucune différence significative n'a été établie entre les performances réalisées en condition musicale et en condition silencieuse.

Enfin, nous nous attendions à ce que les tâches verbales soient davantage améliorées que les tâches non-verbales en condition musicale, en référence à des études ayant montré un bénéfice spécifique de la musique sur les capacités langagières. Nous avons notamment cité une étude (Moreno et al., 2011) dans laquelle la performance en intelligence verbale s'était significativement améliorée après un entraînement musical, alors que les scores en intelligence non-verbale restaient inchangés. Ici encore, au vu de nos résultats, nous infirmons cette hypothèse. En effet, puisque les tâches réalisées en condition musicale ne sont pas supérieures aux tâches réalisées en condition silencieuse, nous ne pouvons dire si les tâches verbales et non-verbales sont influencées d'une manière différente par la musique. Nous avons tout de même comparé les scores obtenus aux épreuves verbales et non-verbales. Chez les patients, il est apparu qu'il n'y avait pas de différence significative, pour les capacités d'inhibition et de flexibilité mentale et dans les deux conditions. Chez les sujets-contrôles, il n'y avait pas de différence entre les capacités d'inhibition verbale et non-verbale. En revanche, nous avons mis en évidence une différence significative pour les tâches de flexibilité, indiquant que les épreuves de fluence verbale étaient mieux réussies que les épreuves de fluence graphique. Ici se pose la question de la validité de notre matériel que nous aborderons par la suite.

Les résultats de notre travail semblent très hétérogènes, et ils reflètent la difficulté d'évaluer de manière expérimentale le bénéfice de l'écoute de musique. En effet, l'appréciation de la musique est subjective et il apparaît que chacun répond de manière différente à un stimulus musical. D'un point de vue clinique, certains participants nous ont confié qu'ils s'étaient sentis stimulés, aidés et « poussés » par l'extrait de musique présenté, tandis que d'autres personnes n'ont pas senti de différence entre les deux conditions, et que d'autres participants se sont sentis « déconcentrés » par la musique. C'est pourquoi il serait intéressant de mettre en place des prises en charge « musicales » individualisées, auprès de personnes montrant une sensibilité à la musique. Par ailleurs, nous avons tenté d'analyser cette influence de l'écoute de musique au cas par cas (voir annexe 12). Le bénéfice de la musique semblait plus présent chez les patients, et pour la performance en fluence verbale. Ces résultats sont peut-être à mettre en lien avec ceux de Brotons et Koger (2000), qui ont montré qu'une thérapie musicale de trois mois était en mesure de d'améliorer le contenu du discours et la fluence du langage conversationnel chez des patients Alzheimer.

Par ailleurs, nous pouvons émettre plusieurs critiques à propos de notre travail. En premier lieu, en raison de leur taille restreinte, nos échantillons n'étaient peut-être pas représentatifs de la population que nous souhaitons étudier. Nous pouvons aussi critiquer le fait que nos deux groupes étaient très hétérogènes, au vu de l'étendue des scores au MMSE dans chaque groupe. C'est peut-être pour cette raison que nous n'avons pu mettre en évidence de différence significative entre les groupes, concernant les résultats obtenus à certaines épreuves exécutives. Dans une prochaine étude, il faudrait être plus attentif et contrôler davantage l'homogénéité des groupes sur le plan cognitif.

D'autre part, le matériel que nous avons utilisé n'était peut-être pas adapté. C'est pourquoi notre comparaison entre les tâches verbales et non-verbales est difficilement interprétable. Nous avons notamment remarqué que les fluences graphiques étaient moins bien réussies que les fluences verbales. En effet, nos résultats ont montré qu'il y avait une différence entre les scores obtenus en flexibilité verbale et non-verbale, chez tous les sujets confondus et chez les sujets-contrôles. Au cours des passations, nous avons remarqué que certains participants s'étaient trouvés en difficulté lors de la réalisation des fluences graphiques. Concernant les épreuves d'inhibition, le matériel que nous avons utilisé était semble-t-il mieux adapté, bien que les participants aient déclaré se sentir plus à l'aise dans la tâche de tapping que dans le test de Stroop Victoria.

Ensuite, nos résultats ont peut-être subi un effet d'ordre. Afin d'améliorer la valeur de nos résultats, il faudrait présenter de manière aléatoire les différentes tâches et les différentes conditions expérimentales (musicale et silencieuse). D'autre part, le choix de notre musique n'était peut-être pas adéquat. Nous avons souhaité utilisé une musique vive et entraînante, mais cela a

« déconcentré » certains participants. Dans un prochain travail, il faudrait utiliser un autre extrait musical, au rythme plus lent. Par ailleurs, selon Schellenberg et Halam (2005), le bénéfice positif de l'écoute musicale sur les fonctions cognitives serait plus évident lorsque la musique est appréciée des participants. Dans notre étude, nous avons demandé aux participants s'ils avaient apprécié l'extrait de musique présenté, et certains participants ne se sont pas vraiment prononcés, car ils déclaraient ne pas être « habitués » à entendre ce type de musique.

Par ailleurs, il serait intéressant de comparer l'influence de différents morceaux, de « styles » différents, afin d'examiner leur impact sur la performance exécutive des sujets. De plus, il serait pertinent d'ajouter une nouvelle hypothèse relative à l'expérience musicale des sujets. Il serait judicieux de s'informer sur le niveau de formation musicale des sujets, afin de déterminer si une pratique musicale est susceptible de modifier leurs performances exécutives, en situation d'écoute musicale.

Si le bénéfice d'une pratique musicale sur les fonctions exécutives a été établi dans plusieurs études (Hall et Blasko, 2005 ; Bialystok et Depape, 2009 ; Moreno et al., 2011 ; Thaut et al., 2009 ; Bugos et al., 2007), le bénéfice de l'écoute de musique sur les fonctions exécutives n'a été mis en évidence qu'une seule fois (Thompson et al., 2005). Ce thème de recherche mériterait d'être investigué dans de nouvelles études.

Conclusion :

L'objectif de ce travail était de tester l'influence de l'écoute de musique sur les performances exécutives de patients présentant une maladie d'Alzheimer, et chez des sujets âgés sains. Nous avons aussi cherché à comparer les tâches verbales et non verbales en condition musicale, afin de déterminer si les tâches verbales étaient susceptibles de bénéficier davantage de la musique que les tâches non-verbales. Dans notre revue de littérature, nous avons pu mettre en évidence un bénéfice de la musique sur de nombreuses sphères cognitives, et auprès de différentes populations.

Les résultats de notre étude ne nous ont pas permis de valider nos hypothèses de recherche. Nous n'avons pu mettre en évidence de différence significative entre les tâches réalisées en condition musicale et celles réalisées en condition silencieuse. De ce fait, nous n'avons pu déterminer s'il existait une influence particulière de la musique sur les fonctions langagières. En revanche, lors d'une analyse sur le plan individuel et à partir d'éléments cliniques, nous avons pu remarquer que les patients semblaient davantage bénéficier de la condition musicale que les sujets-contrôles, et que les performances en fluence verbale étaient améliorées chez la grande majorité des patients. Toutefois, ces interprétations restent subjectives, étant donné la non-significativité de nos résultats.

Dans un prochain travail, nous devons être attentif quant à l'homogénéité de nos groupes expérimentaux et proposer notre protocole à un plus grand nombre de sujets, nous devons réétudier la validité de notre matériel et administrer nos tâches dans un ordre aléatoire, et il faudrait revoir notre choix d'extraits musicaux.

En conclusion, l'utilisation de la musique dans le champ médical mériterait d'être approfondie, tout comme il serait intéressant que les recherches en neuropsychologie sur la musique soient plus nombreuses. Ici, nous avons souligné la difficulté d'étudier le bénéfice de la musique d'une manière expérimentale et à l'aide d'une étude de groupe. Les prochaines recherches devront donc prendre en compte cette grande variabilité interindividuelle quant à la sensibilité des participants à la musique. Après de certaines personnes, des prises en charge rééducatives basées sur un matériel musical pourraient être proposées. D'autre part, nous avons vu que la musique procurait généralement une sensation de bien-être. Elle était en mesure d'induire une humeur positive et un état de relaxation chez les patients. Nous pouvons espérer que d'ici quelques années, de telles prises en charge musicales voient le jour et se répandent.

Bibliographie :

- Alexander, G., DeLong, M., & Strick, P. (1986). Parallel organization of functionally segregated circuits linking basal ganglia and cortex. *Annual Review of Neuroscience*, 9, 357-381.
- Amieva, H., Lafont, S., Auriacombe, S., Rainville, C., Orgogozo, J.M., Dartigues, J.F., & Fabrigoule, C. (1998). Analysis of error types in the Trail Making Test evidences an inhibitory deficit in dementia of the Alzheimer type. *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology*, 20, 280-285.
- Anvari, S.H., Trainor, L.J., Woodside, J., & Levy, B.A. (2002). Relations among musical skills, phonological processing, and early reading ability in preschool children. *Journal of Experimental Child Psychology*, 83, 111-130.
- Baddeley, A. (1990). *Human memory. Theory and practice*. Hove : Lawrence Erlbaum Associates.
- Baird, A., & Samson, S. (2009). Memory for music in Alzheimer's disease: Unforgettable? *Neuropsychology Review*, 19, 85-101.
- Bartlett, J.C., Halpern, A.R., & Dowling, W.J. (1995). Recognition of familiar and unfamiliar melodies in normal aging and Alzheimer's disease. *Memory and Cognition*, 23, 531-546.
- Bayard, S., Erkes, J., & Moroni, C. (2009). Test du Stroop Victoria-Adaptation francophone.
- Beatty, W.W., Winn, P., Adams, R.L., Allen, E.W., Wilson, D.A., Prince, J.R., Olson, K.A., Dean, K., & Littleford, D. (1994). Preserved cognitive skills in dementia of the Alzheimer type. *Archives of Neurology*, 51, 1040-1046.
- Belleville, S., Peretz, I., & Malenfant, D. (1996). Examination of the working memory components in normal aging and in dementia of the Alzheimer type. *Neuropsychologia*, 34, 195-207.
- Bialystok, E., & DePape, A.M. (2009). Musical expertise, bilingualism, and executive functioning. *Journal of Experimental Psychology*, 35, 565-574.
- Bondi, M.V., Chan, A.S., Delis, D.C., Serody, A.B., Eberson-Shumate, S.C., Hansen, L.A., & Salmon, D.P. (2002). Cognitive and neuropathologic correlates of Stroop color-word test performance in Alzheimer's disease. *Neuropsychology*, 16, 335-343.
- Brotons, M., & Koger, S.M. (2000). The impact of music therapy on language functioning in dementia. *Journal of Music Therapy*, 37, 183-195.
- Bugos, J.A., Perlstein, W.M., McCrae, C.S., Brophy, T.S., & Bedenbaugh, P.H. (2007). Individualized piano instruction enhances executive functioning and working memory in older adults. *Aging and Mental Health*, 11, 464-471.
- Costa-Giomi, E. (1999). The effects of three years of piano instruction on children's cognitive development. *Journal of Research in Music Education*, 47, 198-212.
- Costa-Giomi, E. (2004). Effects of three years of piano instruction on children's academic achievement, school performance and self-esteem. *Psychology of Music*, 32, 139-152.
- Cowles, A., Beatty, W.W., Nixon, S.J., Lutz, L.J., Paulk, J., Paulk, K., & Ross, E.D. (2003). Musical skill in dementia: a violinist presumed to have Alzheimer's disease learns to play a new song. *Neurocase*, 9, 493-503.

- Crystal, H.A., Grober, E., & Masur, D. (1989). Preservation of musical memory in Alzheimer's disease. *Journal of Neurology, Neurosurgery, and Psychiatry*, 52, 1415-1416.
- Cuddy, L.L., & Duffin, J. (2005). Music, memory, and Alzheimer's disease: is music recognition spared in dementia, and how can it be assessed? *Medical Hypotheses*, 64, 229-235.
- Cummings, J.L. (1993). Frontal-subcortical circuits and human behavior. *Archives of Neurology*, 50, 873-880.
- Dubois, B., Verin, M., Teixeira-Ferreira, C., Sirigu, A., & Pillon, B. (1994). How to study frontal lobes functions in human. In : Thierry, A.M., Glowinski, J., Goldman-Rakik, P.S., & Christen, Y. (Eds.). *Motor and cognitive functions of the prefrontal cortex* (pp. 3-16). Berlin Heidelberg : Springer-Verlag.
- Dubois, B., Slachevsky, A., Litvan, I., & Pillon, B. (2000). The FAB: A frontal assessment battery at bedside. *Neurology*, 55, 1621-1626.
- El Haj, M., Fasotti, L., & Allain, P. (2012). The involuntary nature of music-evoked autobiographical memories in Alzheimer's disease. *Consciousness and Cognition*, 21, 238-246.
- Ettlinger, M., Margulis, E.H., & Wong, P.C. (2011). Implicit memory in music and language. *Frontiers in Psychology*, 2, 1-10.
- Eustache, F., & Desgranges, B. (2010). *Les chemins de la mémoire*. Paris : Le Pommier.
- Folstein, M.F., Folstein, S.E., & McHugh, P.R. (1975). "Mini Mental State": A practical method for grading the cognitive state of patients for the clinician. *Journal of Psychiatric Research*, 12, 189-198.
- Fornazzari, L., Castle, T., Nadkarni, S., Ambrose, M., Miranda, D., Apanasiewicz, N., & Phillips, F. (2006). Preservation of episodic musical memory in a pianist with Alzheimer disease. *Neurology*, 66, 610-611.
- Foster, N.A., & Valentine, E.R. (2001). The effect of auditory stimulation on autobiographical recall in dementia. *Experimental Aging Research*, 27, 215-228.
- Foxton, J.M., Talcott, J.B., Witton, C., Brace, H., McIntyre, F., & Griffiths, T.D. (2003). Reading skills are related to global, but not local, acoustic pattern perception. *Nature Neuroscience*, 6, 343-344.
- Fromholt, P., Mortensen, D., Torpdahl, P., Bender, L., Larsen, P., & Rubin, D. (2003). Life narrative and word-cued autobiographical memories in centenarians: Comparisons with 80-year-old control, depressed, and dementia groups. *Memory*, 11, 81-88.
- Fujioka, T., Ross, B., Kakigi, R., Pantev, C., & Trainor, L.J. (2006). One year of musical training affects development of auditory cortical-evoked fields in young children. *Brain*, 129, 2593-2608.
- Fuster, J.M. (1989). *The prefrontal cortex* (2nd ed). New York : Raven Press.
- Gil, R. (2010). *Neuropsychologie* (5^{ème} édition). Issy-les-Moulineaux : Masson.
- Grober, E., & Buschke, H. (1987). Genuine memory deficits in dementia. *Developmental Neuropsychology*, 3, 13-36.
- Hall, M.D., & Blasko, D.G. (2005). Attentional interference in judgments of musical timbre: individual differences in working memory. *The Journal of General Psychology*, 132, 94-112.

- Halpern, A.R., & O'Connor, M.G. (2000). Implicit memory for music in Alzheimer's disease. *Neuropsychology*, 14, 391-397.
- Hetland, L. (2000). Learning to make music enhances spatial reasoning. *Journal of Aesthetic Education*, 34, 179-238.
- Irish, M., Cunningham, C.J., Walsh, J.B., Coakley, D., Lawlor, B.A., Robertson, I.H., & Coen, R.F. (2006). Investigating the enhancing effect of music on autobiographical memory in mild Alzheimer's disease. *Dementia and Geriatric Cognitive Disorders*, 22, 108-120.
- Jentschke, S., & Koelsch, S. (2009). Musical training modulates the development of syntax processing in children. *NeuroImage*, 47, 735-744.
- Kodaly, Z. (1970). Pentatonicism in Hungarian Folk music. *Journal of the Society for Ethnomusicology*, 14, 228-242.
- Koelsch, S., Gunter, T.C., Cramon, D.Y., Zysset, S., Lohmann, G., & Friederici, A.D. (2002). Bach speaks: A cortical "language-network" serves the processing of music. *NeuroImage*, 17, 956-966.
- Koelsch, S., Kasper, E., Sammler, D., Schulze, K., Gunter, T.C., & Friederici, A.D. (2004). Music, language, and meaning: brain signatures of semantic processing. *Nature Neuroscience*, 7, 302-307.
- 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, 1565-1577.
- Kopelman, M. (1992). Autobiographical memory in clinical research and practice. In : Conway, M.A., Rubin, D.C., Spinnler, H., & Wagenaar, W.A. (Eds.). *Theoretical perspectives on autobiographical memory* (pp. 427-450). Dordrecht : Kluwer.
- Kraus, N., & Chandrasekaran, B. (2010). Music training for the development of auditory skills. *Nature Neuroscience*, 11, 599-605.
- Kumar, A.M., Tims, F., Cruess, D.G., Mintzer, M.J., Ironson, G., Loewenstein, D., Cattan, R., Fernandez, J.B., Eisdorfer, C., & Kumar, M. (1999). Music therapy increases serum melatonin levels in patients with Alzheimer's disease. *Alternative Therapies in Health and Medicine*, 5, 49-57.
- Limb, C.J. (2006). Structural and functional neural correlates of music perception. *The Anatomical Record part A: Discoveries in Molecular, Cellular, and Evolutionary Biology*, 288, 435-446.
- Lord, T.R., & Garner, J.E. (1993). Effects of music on Alzheimer patients. *Perceptual and Motor Skills*, 76, 451-455.
- Luria, A.R. (1973). *The working brain: An introduction to neuropsychology*. London: Allen Lane.
- Maess, B., Koelsch, S., Gunter, T.C., & Friederici, A.D. (2001). Musical syntax is processed in Broca's area: an MEG study. *Nature Neuroscience*, 4, 540-545.
- Magne, C., Schön, D., & Besson, M. (2006). Musician children detect pitch violations in both music and language better than nonmusicians children: behavioral and electrophysiological approaches. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 18, 199-211.

- Marques, C., Moreno, S., Castro, S.L., & Besson, M. (2007). Musicians detect pitch violation in a foreign language better than nonmusicians: behavioral and electrophysiological evidence. *Journal of Cognitive Neuroscience*, *19*, 1453-1463.
- McKelvie, P., & Low, J. (2002). Listening to Mozart does not improve children's spatial ability: Final curtains for the Mozart effect. *British Journal of Developmental Psychology*, *20*, 242-258.
- Ménard, M.C., & Belleville, S. (2009). Musical and verbal memory in Alzheimer's disease: A study of long-term and short-term memory. *Brain and Cognition*, *71*, 38-45.
- Miyake, A., Friedman, N.P., Emerson, M.J., Witzki, A.H., Howerter, A., & Wager, T.D. (2000). The unity and diversity of executive functions and their contributions to complex frontal lobe tasks: A latent variable analysis. *Cognitive Psychology*, *41*, 49-100.
- Moreno, S., & Besson, M. (2006). Musical training and language-related brain electrical activity in children. *Psychophysiology*, *43*, 287-291.
- Moreno, S., Marques, C., Santos, A., Santos, M., Castro, S.L., & Besson, M. (2009). Musical training influences linguistic abilities in 8-year-old children: More evidence for brain plasticity. *Cerebral Cortex*, *19*, 712-723.
- Moreno, S. (2009). Can music influence language and cognition? *Contemporary Music Review*, *28*, 329-345.
- 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. *Psychological Science*, *22*, 1425-1433.
- Moscovitch, M. (1995). Recovered consciousness: A hypothesis concerning modularity and episodic memory. *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology*, *17*, 276-290.
- Nantais, K.M., & Schellenberg, E.G. (1999). The Mozart effect: An artifact of preference. *Psychological Science*, *10*, 370-373.
- Ohnishi, T., Matsuda, H., Asada, T., Aruga, M., Hirakata, M., Nishikawa, M., Katoh, A., & Imabayashi, E. (2001). Functional anatomy of musical perception in musicians. *Cerebral Cortex*, *11*, 754-760.
- Patel, A.D., Gibson, E., Ratner, J., Besson, M., & Holcomb, P.J. (1998a). Processing syntactic relations in language and music: an event-related potential study. *Journal of Cognitive Neuroscience*, *10*, 717-733.
- Patel, A.D. (2003). Language, music, syntax and the brain. *Nature neuroscience*, *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 the New York Academy of Sciences*, *1060*, 59-70.
- Peretz, I. (1996). Can we lose memory for music? A case of music agnosia in a non musician. *Journal of Cognitive Neuroscience*, *8*, 481-496.
- Peretz, I., & Coltheart, M. (2003). Modularity of music processing. *Nature Neuroscience*, *6*, 688-691.
- Perry, R.J., & Hodges, J.R. (1999). Attention and executive deficits in Alzheimer's disease. *Brain*, *122*, 383-404.

- Piolino, P. (2005). Mémoire autobiographique dans la maladie d'Alzheimer. In : Ergis, A.M., Gely-Nargeot, M.C., & Van der Linden, M. (Eds.). *Les troubles de la mémoire dans la maladie d'Alzheimer* (pp. 119-145). Marseille: Solal.
- Poulin-Charronnat, B., Bigand, E., Madurell, F., & Peereman, R. (2005). Musical structure modulates semantic priming in vocal music. *Cognition*, 94, 67-78.
- Rauscher, F.H., Shaw, G.L., & Ky, K.N. (1993). Music and spatial task performance. *Nature*, 365, 611.
- Rauscher, F.H., Shaw, G.L., & Ky, K.N. (1995). Listening to Mozart enhances spatial temporal reasoning: Towards a neurophysiological basis. *Neuroscience Letters*, 185, 44-47.
- Rauscher, F.H., Shaw, G.L., Levine, L.J., Wright, E.L., Dennis, W.R., & Newcomb, R.L. (1997). Music training causes long-term enhancement of preschool children's spatial-temporal reasoning. *Neurological Research*, 19, 2-8.
- Ribot, T. (1881). *Les maladies de la mémoire*. Paris : Baillière.
- Samson, S., Delacherie, D., & Platel, H. (2009). Emotional power of music in patients with memory disorders. Clinical implications of cognitive neuroscience. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1169, 245-255.
- Schellenberg, E.G. (2004). Music lessons enhance IQ. *Psychological Science*, 15, 511-514.
- Schellenberg, E.G., & Hallam, S. (2005). Music listening and cognitive abilities in 10- and 11-year-olds: The Blur Effect. *Annals of New York Academy of Sciences*, 1060, 202-209.
- Schellenberg, E.G. (2006). Long-term positive associations between music lessons and IQ. *Journal of Educational Psychology*, 98, 457-468.
- Schmahmann, J.D., & Sherman, J.C. (1998). The cerebellar cognitive affective syndrome. *Brain*, 121, 561-579.
- 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.
- Schön, D., Boyer, M., Moreno, S., Besson, M., Peretz, I., & Kolinsky, R. (2008). Songs as an aid for language acquisition. *Cognition*, 106, 975-983.
- Schulze, K., Mueller, K., & Koelsch, S. (2011). Neural correlates of strategy use during auditory working memory in musicians and non-musicians. *European Journal of Neuroscience*, 33, 189-196.
- Shallice, T. (1988). *From neuropsychology to mental structure*. Cambridge : Cambridge University Press.
- Sheikh, J.A., & Yesavage, J.A. (1986). Geriatric Depression Scale (GDS): recent findings and development of a shorter version. In : Brink, T.L. (Ed.). *Clinical Gerontology: A guide to assessment and Intervention*. New York : Howarth Press.
- Signoret, J.L., Allard, M., & Benoit, N. (1996). *BEC 96: évaluation des troubles de mémoire et des désordres cognitifs associés*. Paris : Ipsen.
- Simmons-Stern, N.R., Budson, A.E., & Ally, B.A. (2010). Music as a memory enhancer in patients with Alzheimer's disease. *Neuropsychologia*, 48, 3164-3167.

- Slevc, L.R., & Miyake, A. (2006). Individual differences in second-language proficiency. Does musical ability matter ? *Psychological Science*, 17, 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, 374-381.
- Standley, J., & Hugues, J. (1990). Evaluation of an early intervention music curriculum for enhancing prereading/writing skills. *Music Therapy Perspectives*, 8, 79-85.
- Strauss, E., Sherman, E., & Spreen, O. (2007). *A compendium of neuropsychological tests: Administration, norms and commentary. Third edition*. New York : Oxford University Press.
- Stroop, J. (1935). Studies of interference in serial verbal reactions. *Journal of Experimental Psychology*, 18, 643-661.
- Thaut, M.H., Gardiner, J.C., Holmberg, D., Horwitz, J., Kent, L., Andrews, G., Donelan, B., & McIntosh, G.R. (2009). Neurologic music therapy improves executive function and emotional adjustment in traumatic brain injury rehabilitation. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1169, 406-416.
- Thompson, W.F., Schellenberg, E.G., & Husain, G. (2001). Arousal, mood, and the Mozart effect. *Psychological Science*, 12, 248-251.
- Thompson, W.F., Schellenberg, E.G., & Husain, G. (2004). Decoding speech prosody: Do music lessons help? *Emotion*, 4, 46-64.
- Thompson, R.G., Moulin, C.J.A., Hayre, S., & Jones, R.W. (2005). Music enhances category fluency in healthy older adults and Alzheimer's disease patients. *Experimental Aging Research*, 31, 91-99.
- Vanstone, A.D., Cuddy, L.L., Duffin, J.M., & Alexander, E. (2009). Exceptional preservation of memory for tunes and lyrics. Case studies of Amusia, profound deafness, and Alzheimer's disease. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1169, 291-294.
- Vaughn, K. (2000). Music and Mathematics: Modest support for the oft-claimed relationship. *Journal of Aesthetic Education*, 34, 149-166.
- Weill-Chounlamountry, A., Soyez-Gayout, L., Tessier, C., & Pradat-Diehl, P. (2008). Vers une rééducation cognitive de l'amusie. *Annales de Réadaptation et de Médecine Physique*, 51, 332-341.
- White, D.A., & Murphy, C.F. (1998). Working memory for nonverbal auditory information in dementia of the Alzheimer type. *Archives of Clinical Neuropsychology*, 13, 339-347.
- Wong, P.C., Skoe, E., Russo, N.M., Dees, T., & Kraus, N. (2007). Musical experience shapes human brainstem encoding of linguistic pitch patterns. *Nature Neuroscience*, 10, 420-422.

Annexes :

Annexe 1 : Ordre de passation des épreuves :

- **1) Inhibition :**
 - Stroop (classique) en musique
 - Go/No-Go (BREF) sans musique
 - Stroop (variation) sans musique
 - Go/No-Go (variation) en musique

- **2) MMS, BEC 96, GDS (15 items)**

- **3) Flexibilité :**
 - Fluence graphique (carré) en musique
 - Fluence verbale (supermarché) sans musique
 - Fluence graphique (aléatoire) sans musique
 - Fluence verbale (villes) en musique

Annexe 2 : Données démographiques et tests cognitifs :

variable	Test U de Mann-Whitney (Feuille initiale) Par var. Gpe Tests significatifs marqués à p < ,05000									
	SommeRgs Patient	SommeRgs Controle	U	Z	valeur p	Z ajusté	valeur p	N Actif Patient	N Actif Controle	2*(1-p) p exact
NSC	116,0000	160,0000	61,00000	-0,21706	0,828161	-0,24884	0,803482	10	13	0,831546
Age	90,0000	186,0000	35,00000	-1,82951	0,067324	-1,85867	0,063075	10	13	0,066596
MMS	71,0000	205,0000	16,00000	-3,00784	0,002631	-3,04108	0,002358	10	13	0,001509
BEC	62,0000	214,0000	7,00000	-3,56600	0,000363	-3,57307	0,000353	10	13	0,000079
GDS	100,5000	175,5000	45,50000	-1,17833	0,238666	-1,18686	0,235282	10	13	0,231578

Annexe 3 : Comparaison du sexe des deux groupes :

Statistique	Stats : Gpe(2) x Sexe(2) (STAT)			
	Chi²	dl	p	
Chi² de Pearson	7,339627	dl=1	p=,00675	
Chi² Max-Vr.	7,787922	dl=1	p=,00526	

Annexe 4 : Comparaison des scores obtenus aux sous-test du MMSE et de la BEC 96 :

variable	Test U de Mann-Whitney (Feuille de données1) Par var. Gpe Tests significatifs marqués à p < ,05000									
	SommeRgs patient	SommeRgs controle	U	Z	valeur p	Z ajusté	valeur p	N Actif patient	N Actif controle	2*(1-p) p exact
orientation MMS	81.5000	194.5000	26.50000	-2.35666	0.018441	-2.49900	0.012455	10	13	0.014711
apprentissage MMS	105.5000	170.5000	50.50000	-0.86824	0.385262	-1.32127	0.186413	10	13	0.375819
attention et calcul	88.0000	188.0000	33.00000	-1.95355	0.050756	-2.05730	0.039658	10	13	0.049329
Rappel MMS	71.5000	204.5000	16.50000	-2.97683	0.002913	-3.10530	0.001901	10	13	0.001509
Langage	92.0000	184.0000	37.00000	-1.70548	0.088106	-2.02195	0.043183	10	13	0.088294
Praxies constructives	110.5000	165.5000	55.50000	-0.55816	0.576738	-0.78053	0.435078	10	13	0.562933
Manip mentale	120.0000	156.0000	65.00000	0.03101	0.975263			10	13	
Orientation BEC	64.0000	212.0000	9.00000	-3.44196	0.000578	-3.71438	0.000204	10	13	0.000170
Problemes	93.5000	182.5000	38.50000	-1.61245	0.106865	-1.67396	0.094140	10	13	0.101012
fluence verbale	80.0000	196.0000	25.00000	-2.44969	0.014299	-2.65428	0.007948	10	13	0.012095
rappels	59.0000	217.0000	4.00000	-3.75205	0.000175	-3.81184	0.000138	10	13	0.000021
apprentissage	73.5000	202.5000	18.50000	-2.85280	0.004334	-2.89974	0.003735	10	13	0.002537
denomination	83.5000	192.5000	28.50000	-2.23263	0.025574	-2.34542	0.019006	10	13	0.021362
visuo-construction	110.0000	166.0000	55.00000	-0.58916	0.555751	-0.65472	0.512651	10	13	0.562933

Annexe 5 : Comparaison inter-groupe :

variable	Test U de Mann-Whitney (Feuille initiale) Par var. Gpe Tests significatifs marqués à p <,05000									
	SommeRgs Patient	SommeRgs Controle	U	Z	valeur p	Z ajusté	valeur p	N Actif Patient	N Actif Controle	2*(1-p) p exact
Stroop mus tps	159,5000	116,5000	25,50000	2,41868	0,015578	2,42167	0,015450	10	13	0,012095
Stroop mus erreurs	123,5000	152,5000	61,50000	0,18605	0,852404	0,18892	0,850155	10	13	0,831546
Stroop sil tps	167,5000	108,5000	17,50000	2,91482	0,003559	2,91915	0,003510	10	13	0,001963
Stroop sil erreurs	137,5000	138,5000	47,50000	1,05430	0,291749	1,10366	0,269743	10	13	0,283929
Go-No-Go mus	92,5000	183,5000	37,50000	-1,67447	0,094039	-1,73788	0,082233	10	13	0,088294
Go-No-Go sil	86,5000	189,5000	31,50000	-2,04657	0,040701	-2,32891	0,019864	10	13	0,035844
F G mus	96,5000	179,5000	41,50000	-1,42640	0,153754	-1,43386	0,151614	10	13	0,147519
F G sil	87,5000	188,5000	32,50000	-1,98456	0,047195	-1,99344	0,046214	10	13	0,042158
F V mus	82,5000	193,5000	27,50000	-2,29464	0,021754	-2,29635	0,021657	10	13	0,017775
F V sil	70,0000	206,0000	15,00000	-3,06986	0,002142	-3,07290	0,002120	10	13	0,001145

Annexe 6 : Comparaison des tâches en conditions musicale et silencieuse chez l'ensemble des participants :

variable	Test U de Mann-Whitney (Feuille 1) Par var. Condition Tests significatifs marqués à p <,05000									
	SommeRgs mus	SommeRgs sil	U	Z	valeur p	Z ajusté	valeur p	N Actif mus	N Actif sil	2*(1-p) p exact
Stroop temps	560,0000	521,0000	245,0000	0,41741	0,676376	0,41766	0,676197	23	23	0,679225
Stroop erreurs	593,0000	488,0000	212,0000	1,14240	0,253290	1,17411	0,240353	23	23	0,255990
Go/No-go	482,0000	599,0000	206,0000	-1,27421	0,202589	-1,35933	0,174045	23	23	0,204683
FG	508,5000	572,5000	232,5000	-0,69203	0,488920	-0,69458	0,487317	23	23	0,485692
FV	539,5000	541,5000	263,5000	-0,01098	0,991236	-0,01099	0,991230	23	23	0,982646

Annexe 7 : Comparaison des tâches en conditions musicale et silencieuse chez les patients :

variable	Test U de Mann-Whitney (Feuille 2) Par var. Condition Tests significatifs marqués à p <,05000									
	SommeRgs mus	SommeRgs sil	U	Z	valeur p	Z ajusté	valeur p	N Actif mus	N Actif sil	2*(1-p) p exact
Stroop temps	103,0000	107,0000	48,00000	-0,113389	0,909722	-0,113560	0,909586	10	10	0,911797
Stroop erreurs	107,5000	102,5000	47,50000	0,151186	0,879829	0,154594	0,877141	10	10	0,853428
Go/No-go	97,0000	113,0000	42,00000	-0,566947	0,570751	-0,578140	0,563170	10	10	0,578742
FG	103,5000	106,5000	48,50000	-0,075593	0,939743	-0,076343	0,939146	10	10	0,911797
FV	109,5000	100,5000	45,50000	0,302372	0,762369	0,303285	0,761673	10	10	0,739364

Annexe 8 : Comparaison des tâches en conditions musicale et silencieuse chez les sujets-contrôles :

variable	Test U de Mann-Whitney (Feuille 3) Par var. Condition Tests significatifs marqués à p < .05000									
	SommeRgs mus	SommeRgs sil	U	Z	valeur p	Z ajusté	valeur p	N Actif mus	N Actif sil	2*(1-p) p exact
Stroop temps	196,5000	154,5000	63,50000	1,05128	0,293130	1,05290	0,292386	13	13	0,286858
Stroop erreurs	204,0000	147,0000	56,00000	1,43590	0,151033	1,48142	0,138496	13	13	0,153383
Go/No-go	143,5000	207,5000	52,50000	-1,61538	0,106228	-1,86010	0,062872	13	13	0,101431
FG	157,5000	193,5000	66,50000	-0,89744	0,369487	-0,90067	0,367762	13	13	0,362158
FV	162,5000	188,5000	71,50000	-0,64103	0,521506	-0,64179	0,521007	13	13	0,511438

Annexe 9 : Comparaison des tâches verbales et non-verbales chez l'ensemble des participants

- En condition musicale :

variable	Test U de Mann-Whitney (Comparaison taches verbales et non-verbales, chez tous les participants, en condition r Par var. condition Tests significatifs marqués à p < .05000									
	SommeRgs verbale	SommeRgs non-verb	U	Z	valeur p	Z ajusté	valeur p	N Actif verbale	N Actif non-verb	2*(1-p) p exact
Inhibition	512.0000	569.0000	236.0000	-0.615137	0.538465	-0.619082	0.535863	23	23	0.541993
flexibilite	689.5000	391.5000	115.5000	3.262423	0.001105	3.267364	0.001086	23	23	0.000752

- En condition silencieuse :

variable	Test U de Mann-Whitney (comparaison verb vs non-verb chez ts participants condition sil) Par var. condition Tests significatifs marqués à p < .05000									
	SommeRgs verbal	SommeRgs non-verb	U	Z	valeur p	Z ajusté	valeur p	N Actif verbal	N Actif non-verb	2*(1-p) p exact
inhib	441.0000	640.0000	165.0000	-2.17495	0.029635	-2.21883	0.026499	23	23	0.028660
flex	659.5000	421.5000	145.5000	2.60335	0.009232	2.60673	0.009142	23	23	0.008038

Annexe 10 : Comparaison des tâches verbales et non-verbales chez les patients

- **En condition musicale :**

variable	Test U de Mann-Whitney (Comparaison taches verbales vs non-verbales chez patients, condition mus) Par var. condition Tests significatifs marqués à p < .05000									
	SommeRgs verbale	SommeRgs non-verb	U	Z	valeur p	Z ajusté	valeur p	N Actif verbale	N Actif non-verb	2*(1-p) p exact
inhibition	98.0000	112.0000	43.00000	-0.491354	0.623177	-0.493025	0.621995	10	10	0.630529
flexibilite	119.5000	90.5000	35.50000	1.058301	0.289919	1.063107	0.287734	10	10	0.279861

- **En condition silencieuse :**

variable	Test U de Mann-Whitney (Comparaison taches verbales vs non-verbales chez patients, condition mus) Par var. condition Tests significatifs marqués à p < .05000									
	SommeRgs verbale	SommeRgs non-verb	U	Z	valeur p	Z ajusté	valeur p	N Actif verbale	N Actif non-verb	2*(1-p) p exact
inhibition	97.0000	113.0000	42.00000	-0.566947	0.570751	-0.571040	0.567973	10	10	0.578742
flexibilite	114.5000	95.5000	40.50000	0.680336	0.496292	0.686822	0.492196	10	10	0.481251

Annexe 11 : Comparaison des tâches verbales et non-verbales chez les sujets-contrôles

- **En condition musicale :**

variable	Test U de Mann-Whitney (comparaison verbal non verbal chez controles, condition mus) Par var. condition Tests significatifs marqués à p < .05000									
	SommeRgs verbale	SommeRgs non-verb	U	Z	valeur p	Z ajusté	valeur p	N Actif verbale	N Actif non-verb	2*(1-p) p exact
inhibition	169.0000	182.0000	78.00000	-0.307692	0.758317	-0.314093	0.753451	13	13	0.762311
flexibilite	247.0000	104.0000	13.00000	3.641026	0.000272	3.644142	0.000268	13	13	0.000072

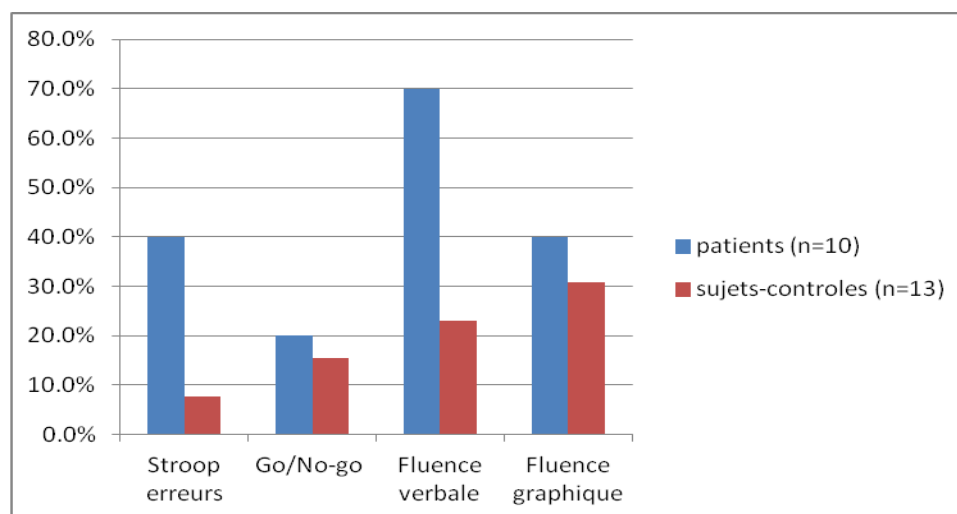
- **En condition silencieuse :**

variable	Test U de Mann-Whitney (comparaison verbal non verbal chez controles, condition mus) Par var. condition Tests significatifs marqués à p < .05000									
	SommeRgs verbale	SommeRgs non-verb	U	Z	valeur p	Z ajusté	valeur p	N Actif verbale	N Actif non-verb	2*(1-p) p exact
inhibition	139.0000	212.0000	48.00000	-1.84615	0.064871	-1.93411	0.053100	13	13	0.064166
flexibilite	241.0000	110.0000	19.00000	3.33333	0.000858	3.33790	0.000844	13	13	0.000384

Annexe 12 : Analyse des résultats au niveau individuel :

		Condition musicale (détail des scores obtenus, moyennes et écarts-types)	Condition silencieuse (détail des notes obtenues, moyennes et écarts-types)	Valeur statistique et valeur de P
Patients (n = 10)	Stroop erreurs (n = 4)	1 ; 7 ; 2 ; 10 5 (4,2)	2 ; 8 ; 8 ; 13 7,75 (4,5)	U = 4,5 ; Z = -0,87 P = .39
	Go/No-go (n = 2)	28 ; 30 29 (1,4)	27 ; 29 28 (1,4)	U = 1 ; Z = 1,16 P = .25
	Fluence verbale (n = 7)	29 ; 9 ; 9 ; 20 ; 25 ; 12 ; 18 17,43 (7,9)	23 ; 6 ; 8 ; 12 ; 21 ; 7 ; 16 13,29 (6,9)	U = 15,5 ; Z = 1,09 P = .28
	Fluence graphique (n = 4)	13 ; 11 ; 13 ; 7 11 (2,9)	10 ; 10 ; 10 ; 6 9 (2)	U = 3 ; Z = 1,3 P = .19
Sujets-contrôles (n = 13)	Stroop erreurs (n = 1)	3 3 (0)	2 2 (0)	U = 0 ; Z = 0 P = 1.0
	Go/No-go (n = 2)	29 ; 30 29,5 (0,7)	23 ; 28 25,5 (3,5)	U = 0 ; Z = 1,16 P = .25
	Fluence verbale (n = 3)	17 ; 31 ; 18 22 (7,8)	15 ; 21 ; 16 17,3 (3,2)	U = 2 ; Z = 0,87 P = .38
	Fluence graphique (n = 4)	6 ; 12 ; 10 ; 11 9,8 (2,6)	5 ; 11 ; 9 ; 9 8,5 (2,5)	U = 4,5 ; Z = 0,87 P = .39

Annexe 13 : Participants pour lesquels la condition musicale a offert de meilleurs résultats :



Annexe 14 : Comparaison des proportions de réussite en musique dans les deux groupes :

	Groupe patient (n = 10)	Groupe contrôle (n = 13)	Valeur statistique et valeur de P
Stroop	4	1	Chi2 = 3,47 P = .06
Go/No-go	2	2	Chi2 = 0.08 P = .77
Fluence verbale	7	3	Chi2 = 5,06 P = .02
Fluence graphique	4	4	Chi2 = 0,21 P = .64

Résumé :

Dans ce travail, nous avons voulu tester l'influence de l'écoute de musique sur les performances exécutives de patients présentant une maladie d'Alzheimer, en comparaison avec des sujets âgés-sains. Nous nous sommes intéressés aux capacités de flexibilité mentale et d'inhibition des participants, en modalité verbale et non-verbale. Afin d'évaluer ces habiletés, nous avons utilisé des tâches de fluence verbale et de fluence graphique, une tâche de Go/No-go et un test de Stroop Victoria. Nous nous attendions à ce que les performances réalisées en condition musicale soient meilleures que celles réalisées en condition silencieuse. Par ailleurs, nous souhaitions déterminer si le bénéfice de la musique était plus évident pour les tâches verbales. Cependant, l'analyse de nos résultats n'a montré aucune différence significative entre les scores obtenus en condition musicale et ceux obtenus en condition silencieuse, chez nos deux groupes de sujets. De ce fait, nous n'avons pu déterminer s'il existait une influence particulière de la musique sur les fonctions langagières. Cependant, d'un point de vue clinique et à partir de l'observation de certains profils, la musique semble être mesure d'améliorer les capacités attentionnelles de certains participants montrant une sensibilité à la musique.

Mots-clés : musique, maladie d'Alzheimer, inhibition, flexibilité mentale, langage.

Abstract :

In this study, we wanted to test the influence of listening to music on the executive performance of patients with Alzheimer's disease, compared with older healthy subjects. We are interested in the capacity of mental flexibility and inhibition of the participants, in verbal and non-verbal modality. To assess these skills, we use verbal fluency and graphic fluency tasks, a task of Go/No-go and the Stroop Victoria test. We expected that the performances in musical condition are better than those made in silent condition. In addition, we wanted to determine whether the benefit of the music was more evident for verbal tasks. However, analysis of our results showed no significant difference between the scores provided in music and those obtained in silent condition, in our two groups of participants. Therefore, we could not determine if there is a particular influence of music on language functions. However, from a clinical point of view and from the observation of certain profiles, the music seems to be able to improve the attentional abilities of some participants showing a sensitivity to music.

Key words : music, Alzheimer's disease, inhibition, mental flexibility, language.