

Université de Montréal

**Imagerie Musicale Involontaire**  
**Caractéristiques phénoménologiques et mnésiques**

par

Andréane McNally-Gagnon

Département de psychologie  
Faculté des arts et des sciences

Thèse présentée à la Faculté des études supérieures et postdoctorales  
en vue de l'obtention du grade de Philosophiae Doctor  
en psychologie recherche et intervention  
option neuropsychologie clinique

Décembre 2015

© Andréane McNally-Gagnon, 2015

## Résumé

L'imagerie musicale involontaire (IMIN) est un phénomène mental extrêmement commun. Il peut être défini en tant que type d'imagerie mentale musicale qui devient consciente sans effort ou intentionnalité et qui n'est pas pathologique. La forme la plus connue d'IMIN est le « ver d'oreille », qui se présente généralement comme un court extrait musical tournant en boucle en tête et dont on se débarrasse difficilement. L'objectif principal de la présente thèse est d'investiguer les mécanismes cognitifs sous-tendant le phénomène puisque, malgré l'intérêt répandu dans les médias populaires, son étude expérimentale est récente et un modèle intégré n'a pas encore été proposé.

Dans la première étude, l'induction expérimentale a été tentée et les caractéristiques des images mentales d'épisodes d'IMIN ont été investiguées. Dans le laboratoire, des chansons accrocheuses (versus des proverbes) ont été présentées répétitivement aux participants qui devaient ensuite les chanter le plus fidèlement possible. Ils ont par après quitté le laboratoire, une enregistreuse numérique en mains, avec la consigne d'enregistrer une reproduction vocale la plus fidèle possible de ce qu'ils avaient en tête lors de tous leurs épisodes d'IMIN sur une période de quatre jours, ainsi que de décrire leur timbre. L'expérience a été répétée deux semaines plus tard. Douze des dix-huit participants du groupe expérimental ont rapporté des pièces induites comme épisodes d'IMIN, ce qui confirme l'efficacité de la procédure d'induction. La tonalité et le tempo des productions ont ensuite été analysés et comparés à ceux des pièces originales. Similairement pour les épisodes d'IMIN induits et les autres, les tempi produits et, dans une moindre mesure pour les non-musiciens, les tonalités étaient proches des originaux. Le timbre décrit était généralement une version simplifiée de l'original (un instrument et/ou une voix).

Trois études se sont ensuite intéressées au lien entre le potentiel d'IMIN et la mémorabilité. Dans une étude préliminaire, 150 chansons du palmarès francophone radiophonique ont été évaluées en ligne par 164 participants, sur leur niveau de familiarité, d'appréciation et de potentiel d'IMIN. Les pièces ont ensuite été divisées en groupes de stimuli à faible et à fort potentiel d'IMIN, qui ont été utilisés dans une tâche typique de rappel libre/reconnaissance, premièrement avec des francophones (pour qui les pièces étaient

familiales) et ensuite avec des non-francophones (pour qui les pièces étaient non-familiales). Globalement, les pièces à fort potentiel d'IMIN étaient mieux rappelées et reconnues que les pièces à faible potentiel. Une dernière étude a investigué l'impact de la variabilité inter-stimulus du timbre sur les résultats précédents, en demandant à une chanteuse d'enregistrer les lignes vocales des pièces et en répétant l'expérience avec ces nouveaux stimuli. La différence précédemment observée entre les stimuli à fort et à faible potentiel d'IMIN dans la tâche de reconnaissance a ainsi disparu, ce qui suggère que le timbre est une caractéristique importante pour le potentiel d'IMIN.

En guise de conclusion, nous suggérons que les phénomènes mentaux et les mécanismes cognitifs jouant un rôle dans les autres types de souvenirs involontaires peuvent aussi s'appliquer à l'IMIN. Dépendamment du contexte, la récupération mnésique des pièces peut résulter de la répétition en mémoire à court terme, de l'amorçage à court et long terme ou de l'indigage provenant de stimuli dans l'environnement ou les pensées. Une des plus importantes différences observables entre l'IMIN et les autres souvenirs involontaires est la répétition. Nous proposons que la nature même de la musique, qui est définie par la répétition à un niveau micro- et macro-structurel en est responsable.

**Mots-clés :** Imagerie mentale, mémoire, souvenir involontaire, musique, ver d'oreille, induction.

## **Abstract**

Involuntary Musical Imagery (INMI) is a widely prevalent musical phenomenon. It can be defined as a type of musical mental imagery that becomes accessible to consciousness without any effort or intent and that is not pathological. The best known form of INMI is the “earworm”, which usually presents as a short excerpt of music running repetitively through one’s mind and which is difficult to get rid of. The goal of the present thesis is to build a better understanding of the cognitive mechanisms at play, because, although the phenomenon is discussed abundantly in the popular literature and media, the scientific inquiries are recent and an integrated model has yet to be proposed.

In the first study, experimental induction was attempted and the characteristics of INMI episodes’ mental images were assessed. In the laboratory, catchy songs (versus proverbs) were presented repeatedly to participants who had to sing them back (or reproduce the proverbs’ prosody) as accurately as possible. Participants then left for four days with a recording device, singing their INMI episodes as similarly as possible to their mental imagery and describing their timbre. The experiment was repeated two weeks later. Twelve out of the eighteen participants in the experimental group reported INMI episodes of the induced songs, which confirms the effectiveness of the induction procedure. The sung productions were then analyzed for key and tempo and were compared to the original versions. Produced tempi and, to a smaller extent in the case of non-musicians, keys were close to the originals, for both the induced and other INMI episodes. Described timbre was generally a simplified version of the original (one instrument and/or voice).

Three studies then addressed the link between INMI potential and memorability. In a preliminary study, 150 francophone hit songs were evaluated online by 164 participants, as to their familiarity, liking and INMI potential. They were then divided into high and low INMI potential song groups and were used as stimuli in a typical free recall/recognition task, first with Francophones (for whom the songs were familiar) and then with non-Francophones (for whom the songs were unfamiliar). Globally, high INMI potential songs were better recalled and recognized than low INMI potential songs. A final study investigated the impact on the previous results of the timbre variability between songs, by asking a single female singer to make vocal recordings of the stimuli and repeating the experiment. The previously observed

difference between high and low INMI potential songs on the recognition task disappeared, suggesting that timbre plays an important role in INMI potential.

In conclusion, we suggest that mental phenomena and cognitive mechanisms applying to other involuntary thoughts and memories can also apply to INMI. Depending on the context, memory retrieval of the songs can happen as the result of short-term memory rehearsal, short and long-term priming or cuing from stimuli in the environment or thoughts. The biggest difference between INMI and other types of involuntary memories is repetition. We suggest that the nature of music, which is defined by repetition at a micro- and macro-structural level, explains this discrepancy.

**Keywords:** Mental imagery, memory, involuntary memory, music, earworm, induction.

# Table des matières

<b>LISTE DES TABLEAUX.....</b>	<b>VII</b>
<b>LISTE DES FIGURES.....</b>	<b>VIII</b>
<b>LISTE DES ANNEXES .....</b>	<b>IX</b>
<b>LISTE DES ABRÉVIATIONS .....</b>	<b>X</b>
<b>REMERCIEMENTS.....</b>	<b>XII</b>
<b>INTRODUCTION .....</b>	<b>1</b>
<b>CHAPITRE 1 : CONTEXTE THÉORIQUE.....</b>	<b>3</b>
1. IMAGERIE MENTALE.....	4
2. IMAGERIE MUSICALE INVOLONTAIRE .....	6
2.1 Obsessions et hallucinations musicales.....	6
2.2 Ver d’oreille .....	8
2.3 Phénoménologie de l’IMIN .....	9
2.4 Induction de l’IMIN .....	13
2.5 Représentation mentale .....	16
3. CARACTÉRISTIQUES MUSICALES IMAGEABLES ET MÉMORISABLES.....	17
3.1 Éléments mélodiques .....	18
3.2 Éléments rythmiques.....	20
3.3 Éléments timbraux.....	21
4. OBJECTIFS .....	23
<b>CHAPITRE 2: INVESTIGATING THE NATURE OF INVOLUNTARY MUSICAL IMAGERY THROUGH INDUCTION AND VOCAL REPRODUCTION .....</b>	<b>24</b>
ABSTRACT .....	26
1. INTRODUCTION .....	27
2. METHOD.....	30
2.1 Participants .....	30
2.2 Materials and procedure .....	30
2.3 Data analyses .....	33
3. RESULTS.....	35
3.1 Induced INMI .....	35
3.2 Non-induced INMI .....	39

4. DISCUSSION.....	43
5. CONCLUSION .....	46
REFERENCES .....	48
<b>CHAPITRE 3 : MÉMORABILITÉ ET POTENTIEL D'IMIN .....</b>	<b>51</b>
1. ÉTUDE PRÉLIMINAIRE.....	53
1.1 Méthodologie .....	53
1.2 Résultats .....	54
2. ÉTUDE 1: RELATION ENTRE LE POTENTIEL D'IMIN ET LA MÉMORABILITÉ CHEZ DES SUJETS FRANCOPHONES.....	58
2.1 Méthodologie .....	58
2.2 Résultats et discussion.....	59
3. ÉTUDE 2: RELATION ENTRE LE POTENTIEL D'IMIN ET LA MÉMORABILITÉ CHEZ DES SUJETS NON-FRANCOPHONES .....	62
3.1 Méthodologie .....	62
3.2 Résultats et discussion.....	64
4. ÉTUDE 3: IMPACT DU TIMBRE SUR LA RELATION ENTRE LE POTENTIEL D'IMIN ET LA MÉMORABILITÉ .....	65
4.1 Méthodologie .....	65
4.2 Résultats et discussion.....	67
5. DISCUSSION GÉNÉRALE .....	68
<b>CHAPITRE 4 : DISCUSSION.....</b>	<b>71</b>
1. PRINCIPAUX RÉSULTATS.....	72
1.1 Contenu de l'image mentale.....	72
1.2 Induction.....	74
1.3 Mémorabilité .....	76
2. LIMITES DES ÉTUDES.....	78
2.1 Méthodologie .....	78
2.2 Analyse des données .....	80
2.3 Sélection des participants.....	81
<b>CONCLUSION .....</b>	<b>82</b>
<b>BIBLIOGRAPHIE .....</b>	<b>87</b>

## Liste des tableaux

**Tableau 1.** Caractéristiques des stimuli utilisés dans les conditions expérimentale et contrôle.

**Tableau 2.** Chansons rapportées en tant qu'épisodes d'IMIN qu'on pouvait retrouver dans les 100 premières positions des palmarès radiophoniques francophone et anglophone de la province de Québec au moment de l'expérimentation, avec leur position au palmarès.

**Tableau 3.** Résultats de la régression linéaire sur le potentiel d'IMIN, avec le niveau de familiarité et d'appréciation comme prédicteurs.

**Tableau 4.** Valeurs de familiarité, de rappel libre et de reconnaissance des items à faible (Fa) et fort (Fo) potentiel d'IMIN et résultats des analyses statistiques dans les études 1, 2 et 3. La covariable correspond au niveau de familiarité.

**Tableau 5.** Caractéristiques des participants des études 2 et 3. Les degrés de liberté sont corrigés pour variances inégales lorsqu'approprié.

**Tableau 6.** Résultats et analyses pour les différentes variables caractérisant les extraits à faible, modéré et fort potentiel d'IMIN dans l'étude 3.



## Liste des figures

**Figure 1.** Distribution des distances (intervalles de confiance de 95%) entre les productions, des musiciens (gris pâle) et des non-musiciens (noir), et les pièces originales (en demi-tons), pour les épisodes d'IMIN induits (panneau du haut) ainsi que pour les autres épisodes (panneau du bas).

**Figure 2.** Tempi produits à comparer aux tempi originaux (en bpms) pour les musiciens (gris pâle) et les non-musiciens (noir), pour les épisodes d'IMIN induits (panneau du haut) ainsi que pour les autres épisodes (panneau du bas).

**Figure 3.** Familiarité, appréciation et potentiel d'IMIN moyen pour chacun des 150 items évalués ainsi que les corrélations entre ces variables.

## Liste des annexes

**Annexe 1.** Questionnaire à propos des chansons obsédantes utilisé dans le Chapitre 2.

**Annexe 2.** Résultats détaillés des cotations de familiarité, d'appréciation et de potentiel d'IMIN pour les 150 items évalués dans l'étude préliminaire du Chapitre 3.

# Liste des abréviations

**ANOVA**: Analyse de variance

**ANCOVA**: Analyse de covariance

**Bpm** : Battements par minute

**BR**: Bonne réponse

**c.-à-d. (ou i.e. en anglais)**: C'est-à-dire

**É-T**: Écart-type

**FA**: Fausses alertes

**IMIN (ou INMI en anglais)**: Imagerie musicale involontaire

**Maj**: Majeur

**Méd**: Médiane

**Min**: Mineur

**Moy**: Moyenne

**N ou Nb**: Nombre

**Nb sem**: Nombre de semaines

**PAS**: Pitch accuracy score

**p. ex (ou e.g. en anglais)**: Par exemple

**Pos max**: Position maximale

**PTSD**: Syndrome de stress post-traumatique

**SAI**: Souvenirs autobiographiques involontaires

**Secs**: Secondes

**TAS**: Tempo accuracy score

*À mes amours*

## Remerciements

Aucun mot n'est assez éloquent pour exprimer toute ma gratitude à tous ceux qui m'ont encouragée, supportée et aimée tout au long de cette odyssée. Je vais m'y risquer malgré tout.

Un gros merci à mes directrices, Sylvie et Isabelle. Merci de m'avoir fait confiance et de ne pas m'avoir lâchée malgré les écueils. Merci de m'avoir permis d'apprendre énormément et de développer ma pensée critique, ma force et ma persévérance.

Merci Olivier, Nathanaël et Bernard, qui m'avez aidée à gérer programmation, ordinateurs et autres équipements techniques qui semblaient toujours avoir la mauvaise idée de rendre l'âme juste au mauvais moment. Un merci tout particulier à Bernard d'avoir enduré les tâches désagréables que j'ai eu le bonheur de semer sur son passage! Merci à tous les étudiants qui m'ont aidée en cours de route, surtout toi Émelie. Garde toujours ton cœur d'enfant!

Merci à mes superviseuses cliniques, Nadia, Hélène R., Pascale et Hélène P. qui avez su me transmettre votre passion du métier et soutenir ma motivation dans les moments les plus sombres. Merci mille fois Nadia d'être allée bien au-delà de ton rôle et d'être toujours là pour moi. Tu es ma source d'inspiration!

Merci à tous mes amis qui ont su remplir ma vie de bonheur, de plaisir et d'espoir durant ces sept dernières années. Plus particulièrement, merci aux filles de la cohorte UdeM 2008. Votre support, votre empathie et vos grands cœurs m'ont permis de me sentir moins seule dans ce long tunnel au bout duquel il est parfois difficile de voir la lumière.

Merci à mes amis BRAMSiens. Merci pour tous les 5@7 arrosés, tous les congrès tout aussi arrosés et toutes les autres sorties, et oui, toujours aussi bien arrosées, qui m'ont permis de m'amuser follement et de décrocher pendant un instant. Philippe, merci de m'avoir fait profiter de ton génie! Ton amitié m'a été précieuse tout au long de ce processus. Marie-Andrée, merci d'exister. Tu es une amie en or!

Merci à mes deux meilleures, Marie et Véro. Merci de m'avoir endurée dans mes bons, mais surtout dans mes moins bons moments. Je vais finalement arrêter de vous parler de ma maudite thèse! Sans blague, vous avez été des piliers pour moi, merci pour votre amour.

Merci à l'Ensemble Vocal Épiphanie. Merci d'avoir été et d'être toujours ma deuxième famille et de m'avoir permis de conserver ma passion pour la musique, même lorsque j'étais complètement tannée d'en parler et d'y penser. Ives et Jackie, merci de m'avoir accueillie dans votre famille et de m'avoir permis de voyager, au sens propre, mais aussi au sens figuré. Vous avez été un îlot de fraîcheur dans ce périple.

Un merci gigantesque et sans borne à toute ma famille. C'est en grande partie grâce à vous que j'ai réussi à atteindre mon objectif! Merci Alex, Kevin et Jérémy pour votre implication, votre intérêt et les discussions qui m'ont parfois fait beaucoup avancer. Merci Rachel et Jo pour votre présence, votre aide et votre support. Merci papa d'avoir cru en moi, de m'avoir longuement supportée et de m'avoir poussée à aller plus loin. Mille et un mercis à toi maman, pour tout ce que tu as fait et fais toujours pour moi, pour ton amour inconditionnel, pour ta passion contagieuse, pour ta présence constante, pour ton attitude de combattante.

Un merci infini à mes deux amours, Marc-Olivier et Liam. Mon mari, tu as su croire en moi, même quand moi je n'y croyais plus. Tu m'as supportée beaucoup plus que ce qui serait considéré raisonnable. Tu m'as poussée et tu m'as empêchée d'abandonner. C'est toi qui m'as permis de garder ma vie balancée et de relativiser beaucoup de choses. Je t'aime à l'infini! Mon fils, merci de toujours me ramener à ce qui est important et de me faire vivre les plus beaux moments de ma vie. Je t'aime plus que tout!

# Introduction

La musique est une source importante de plaisir et de rapprochement social depuis les premières civilisations humaines. À travers les siècles, le contexte dans lequel nous y avons accès a beaucoup changé, mais ses fonctions sont restées sensiblement les mêmes. Au cours du vingtième siècle, la technologie a évolué à une vitesse fulgurante et la musique est devenue omniprésente dans nos vies, que ce soit dans le cadre de prestations publiques, d'enregistrements entendus solitairement ou en groupes dans différents contextes (par exemple, dans les magasins, lors de sorties, lors de rassemblements entre amis). Oliver Sacks propose dans son livre *Musicophilia* (Sacks, 2007) que c'est cette omniprésence de la musique dans nos vies qui a rendu aussi fréquent le phénomène du ver d'oreille, ce type d'imagerie musicale involontaire (ou IMIN) répétitive et incontrôlable. En effet, parmi un échantillon de 11 910 participants finlandais, 90% ont rapporté avoir une chanson en tête au moins une fois par semaine (Liikkanen, 2012b). Malgré cette énorme prévalence ainsi que l'intérêt évident que suscite le phénomène dans les médias populaires, la communauté scientifique n'a commencé à s'y intéresser qu'au cours de la dernière décennie. En effet, un total de dix-sept articles a été publié sur le sujet depuis 2007, dont treize dans les trois dernières années. La littérature n'en n'est donc qu'à ses débuts et beaucoup de questions demeurent sans réponse.

Étant donné qu'aucun modèle explicatif intégré n'a encore été proposé quant aux mécanismes cognitifs sous-jacents et aux fonctions du phénomène, les objectifs de la présente thèse sont d'explorer la nature du phénomène en s'intéressant à sa représentation mentale (qu'imaginons-nous exactement?) et aux caractéristiques des pièces musicales, notamment à la facilité avec laquelle elles sont encodées en mémoire et récupérées. De plus, pour pouvoir étudier le phénomène de manière contrôlée, une technique d'induction efficace ainsi que des critères pour sélectionner les participants les plus enclins à l'induction sont primordiaux. L'induction du phénomène en laboratoire a donc aussi été investiguée. L'état des connaissances actuelles sur le phénomène ainsi que sur les sujets connexes ayant guidés nos hypothèses, c'est-à-dire, l'imagerie mentale musicale volontaire et la mémoire musicale, est abordé dans le Chapitre 1. Dans le Chapitre 2, un article scientifique s'intéressant à la représentation mentale du phénomène et à l'induction est présenté. Quatre études s'intéressant

au lien entre le potentiel d'IMIN et la mémoire sont décrites et discutées dans le Chapitre 3. Dans le quatrième et dernier chapitre consistant en une discussion générale, les principaux résultats des études précédentes sont soulignés et intégrés, puis des pistes d'investigation futures intéressantes sont proposées.



## **Chapitre 1 : Contexte théorique**

# 1. Imagerie mentale

Une des stratégies utilisées abondamment par l'être humain pour résoudre des problèmes dans son quotidien est de créer et manipuler des images mentales. Par exemple, pour répondre à une question d'examen, certains étudiants auront tendance à visualiser leurs notes de cours et d'autres à se remémorer la voix de leur professeur. Le terme « imagerie mentale » est utilisé lorsqu'une « représentation telle que celle créée durant la phase initiale de perception est présente à l'esprit mais que le stimulus n'est pas véritablement perçu » [Traduction libre] (Kosslyn, Thompson, & Ganis, 2006, p. 1). En d'autres mots, l'individu a l'impression subjective de voir, entendre, sentir, goûter, ressentir ou faire quelque chose dans son esprit sans que ce ne soit le cas dans la réalité partagée, tel qu'habilement traduit par les expressions « *to see in the mind's eye* » et « *to hear in the mind's ear* » (c.-à-d. littéralement, « voir avec l'œil de l'esprit » et « entendre avec l'oreille de l'esprit »).

Au-delà de cette évocation volontaire et contrôlée qui demande beaucoup de ressources attentionnelles et exécutives, l'imagerie mentale est aussi fréquemment provoquée de manière involontaire, lorsque des idées font intrusion dans notre conscience ou lorsque nous rêvassons pendant l'exécution d'une tâche, par exemple. Les souvenirs involontaires, qui sont généralement sous-tendus par des images mentales dans une ou toutes les modalités, en sont aussi une manifestation très fréquente (Voir Berntsen, 2009). La récupération en mémoire de souvenirs peut se faire de manière consciente (c.-à-d. explicite) ou inconsciente (c.-à-d. implicite), volontairement ou involontairement, tel que décrit par Ebbinghaus, déjà au début du vingtième siècle (Ebbinghaus, 1913). Plus spécifiquement, la mémoire implicite réfère aux effets d'amorçage (c.-à-d. de facilitation du traitement de l'information, d'anticipation) provoqués par une information perçue préalablement, mais non récupérée consciemment. En effet, lorsqu'un stimulus spécifique rencontré préalablement nous est présenté à nouveau, et ce même si on ne se rappelle pas l'avoir perçu auparavant, le traitement de l'information se fait plus rapidement et on aura tendance à le préférer à un autre stimulus semblable jamais perçu. La mémoire dite procédurale (c.-à-d. la mémoire de l'enchaînement des mouvements ou des étapes d'un processus automatisé; p. ex. comment faire de la bicyclette ou jouer d'un instrument de musique) s'inscrit aussi dans cette catégorie. En effet, quoique les étapes

puissent parfois être explicitées, lorsque la tâche est automatisée, elles ne sont pas récupérées consciemment durant son accomplissement. De par sa définition, la mémoire implicite est donc un phénomène involontaire.

La mémoire explicite, elle, réfère à l’emmagasinement et à la récupération d’informations en mémoire à long terme, de manière consciente. Ce type de mémoire peut être volontaire ou involontaire, que l’on fasse référence à du matériel sémantique (c.-à-d. des faits, des concepts) ou épisodique (c.-à-d. des événements vécus). Répondre à des questions du type : « Quelle est la capitale du Cameroun? » ou « Peux-tu me décrire ton plus beau voyage? » sont des exemples de récupération volontaire. Les informations sont recherchées en mémoire de manière contrôlée, ce qui engage fortement les fonctions attentionnelles et exécutives. Se souvenir d’un événement de son enfance après avoir perçu une odeur ou penser tout-à-coup au jour de son mariage en entendant une chanson sont des exemples de récupération involontaire. Ces souvenirs sont réactivés sans qu’il y ait intentionnalité de la part du sujet, mais plutôt en réaction à la perception d’informations qui leur sont reliées en mémoire. L’activation des réseaux neuronaux sous-tendant les informations perçues (c.-à-d. l’odeur ou la chanson dans les exemples ci-dessus) s’étend alors à d’autres réseaux inter-reliés (phénomène de *spreading activation* en anglais) et une partie des informations ainsi activée peut devenir consciente. Dans les exemples décrits ci-dessus, la saillance émotionnelle pourrait expliquer que ces souvenirs ont traversé le seuil de la conscience, plutôt que d’autres informations reliées, mais moins saillantes. La musique est justement un des types de matériels sémantiques les plus fréquemment rapportés comme étant récupérés involontairement, devant les images visuelles et verbales (Kvavilashvili & Mandler, 2004; Liikkanen, 2012b), souvent sous la forme d’un ver d’oreille. L’ubiquité de la réactivation involontaire d’images et de souvenirs musicaux chez l’être humain et la méconnaissance des mécanismes la sous-tendant nous a poussés à y dédier la présente thèse.

## **2. Imagerie Musicale Involontaire**

La définition que nous utiliserons pour parler de l'imagerie musicale involontaire (IMIN) est celle d'un type d'imagerie mentale musicale qui devient accessible à la perception consciente sans effort ou intention de la part du sujet et qui n'est pas pathologique (Liikkanen, 2012b). Dans le but de bien différencier l'IMIN des phénomènes pathologiques tels que les obsessions et les hallucinations musicales, il importe, en un premier temps, d'en faire la description. Ensuite, la littérature sur le sujet de l'IMIN sera abordée.

### **2.1 Obsessions et hallucinations musicales**

Les obsessions musicales ont été décrites en un premier temps par Kraepelin (1913), comme étant un symptôme léger du trouble obsessionnel-compulsif. Il existe très peu de littérature sur le sujet, outre des études de cas (Andrade & Rao, 1997; Cameron & Wasielewski, 1990; Chauhan, Shah, & Grover, 2010; Matsui et al., 2003; Mendhekar & Andrade, 2009; Nath, Bhattacharya, Hazarika, Roy, & Praharaj, 2013; Pfizer & Andrade, 1999; Praharaj et al., 2009; Zungu-Dirwayi, Hugo, van Heerden, & Stein, 1999). Les patients atteints rapportent entendre constamment des musiques familières dans leur tête tout en demeurant conscients de leur source interne (c.-à-d. que la musique joue dans leur tête et non dans leur environnement). Le phénomène est vu comme étant très intrusif et désagréable et il les pousse souvent à s'isoler et à abandonner leurs activités quotidiennes. Il s'agit d'un symptôme rare du trouble obsessionnel-compulsif, mais un cas de traumatisme crânien (Zungu-Dirwayi et al., 1999) et un cas d'obsessions musicales isolées (Pfizer & Andrade, 1999) ont aussi été décrits. La technique de l'arrêt de la pensée et l'utilisation d'une médication telle qu'un inhibiteur de la recapture de la sérotonine (p. ex.: clomipramine) sont souvent efficaces pour réduire la fréquence et la durée de ces épisodes obsessionnels (Cameron & Wasielewski, 1990; Chauhan et al., 2010; Matsui et al., 2003; Mendhekar & Andrade, 2009; Nath et al., 2013; Praharaj et al., 2009).

Les hallucinations musicales se rapprochent beaucoup des obsessions musicales à la différence près qu'une victime d'hallucinations musicales attribue à une source extérieure la provenance de la musique entendue, du moins au départ. La prévalence de ce trouble est

extrêmement faible dans la population générale. Une étude menée dans un grand hôpital général retient notamment une prévalence de 0,16% (Fukunishi, Horikawa, & Onai, 1998). On les retrouve cependant beaucoup plus fréquemment chez les personnes ayant subi une perte auditive totale ou partielle, dont c'est l'étiologie dans 39% des cas. Elles peuvent aussi être causées par un dommage cérébral (maladie neurodégénérative ou lésions; 27% des cas), une psychopathologie (dont la principale est la dépression, souvent en conjonction avec la surdité; 24% des cas) ou un état toxique (10% des cas) (Evers & Ellger, 2004; Hébert & Peretz, 2004). Aucun traitement ne s'avère efficace, sauf dans le cas d'hallucinations provoquées par un état toxique. Dans ce cas, lorsque l'état toxique se résorbe, les hallucinations disparaissent aussi généralement.

Un phénomène surnommé *imagerie musicale perpétuelle* a aussi été abordé par Brown (2006). D'emblée, le phénomène n'est pas considéré comme étant pathologique, notamment puisqu'il n'interfère généralement pas avec les activités quotidiennes. Cependant, ce qui est décrit se rapproche beaucoup phénoménologiquement d'obsessions musicales, c'est-à-dire une imagerie musicale endogène constante durant les heures d'éveil, incontrôlable, pas nécessairement agréable et parfois tellement prenante qu'elle provoque un détachement de l'environnement social. L'imagerie consisterait souvent en de petits segments d'une pièce qui tournent en boucle et s'alternent. Ceux-ci seraient un amalgame de pièces récemment entendues et de pièces provenant de souvenirs distants. Wammes et Baruss (2009), inspirés par cette première description, ont développé un questionnaire d'imagerie musicale. Ils ont mis en évidence une forte corrélation entre le fait d'avoir une imagerie mentale musicale constante, incontrôlable, souvent indésirable, spontanée, de volume élevé, continue, souvent opposée aux goûts musicaux du participant et qui rend sa concentration difficile (ce qui se rapproche de la description de Brown) et le concept de transliminalité. La transliminalité est un concept psychodynamique référant à la pénétrabilité de la membrane séparant le conscient et l'inconscient, représentée par la tendance à croire et à rapporter avoir vécu des expériences paranormales, magiques ou mystiques et qui est corrélé à la susceptibilité à être hypnotisé et à halluciner (Lange, Thalbourne, Houran, & Storm, 2000). La limite entre le pathologique et le sain est ainsi plutôt floue et mériterait d'être investiguée plus en profondeur.

La description des phénomènes d'imagerie musicale pathologique nous permet de comprendre ce que l'IMIN n'est pas. Nous décrivons maintenant l'état des connaissances actuelles sur les phénomènes d'IMIN dits non-pathologiques, qui nous intéressent plus particulièrement dans le cadre de la présente thèse.

## 2.2 Ver d'oreille

Le ver d'oreille (ou *earworm* en anglais) est le phénomène d'IMIN le plus fréquemment abordé dans les médias populaires ainsi que dans la littérature scientifique naissante. Il s'agit d'un type d'IMIN qui se répète en boucle et sur lequel le sujet a peu de contrôle. Quoique les termes IMIN et ver d'oreille sont parfois utilisés de manière interchangeable, il existe d'autres types d'IMIN. Notamment, lorsque de courts silences sont insérés dans des pièces musicales familières, les parties manquantes sont automatiquement imagées par les participants, dans un effet similaire à la Gestalt visuelle (Kraemer, Macrae, Green, & Kelley, 2005). De plus, dans plusieurs contextes, on peut observer une imagerie mentale anticipative; lors du silence entre deux pièces d'un même album familier qui sont toujours entendues successivement (Leaver, Van Lare, Zielinski, Halpern, & Rauschecker, 2009) ou suite à une cadence (c.-à-d. un patron mélodique qu'on retrouve à la fin d'une phrase ou d'une pièce musicale et qui fournit une impression de finalité) interrompue (Otsuka, Tamaki, & Kuriki, 2008), par exemple. On observe aussi que lorsqu'une pièce se termine en fondu (ou *fade-out* en anglais), l'entraînement moteur (c.-à-d. la tendance à bouger induite par la musique) se poursuit après la fin de la pièce (Kopiez, Platz, Muller, & Wolf, 2013), suggérant que l'imagerie mentale auditive de la pièce se poursuit aussi. Certains auteurs commencent ainsi à distinguer le fait de continuer à imaginer une pièce immédiatement suite à son écoute, d'un ver d'oreille en tant que tel (Byron & Fowles, 2013; Hyman et al., 2013; Liikkanen, 2012a).

Cependant, les caractéristiques définissant le ver d'oreille et le différenciant des autres phénomènes similaires ne sont pas clairement identifiées. Par exemple, combien de répétitions sont nécessaires pour qu'un épisode d'IMIN soit considéré comme se répétant en boucle? Comment opérationnalise-t-on le critère d'absence ou de pauvreté du contrôle du participant

sur le phénomène? Et plus important encore, existe-t-il des différences phénoménologiques, cognitives ou neuronales entre un épisode d'IMIN non-répétitif et manipulable et un ver d'oreille? Étant donné qu'aucune de ses questions n'a présentement de réponse, nous nous en tiendrons au terme IMIN dans la présente thèse et nous aborderons dans la discussion certains éléments à considérer dans le développement d'une définition opérationnelle du ver d'oreille.

### **2.3 Phénoménologie de l'IMIN**

La littérature s'intéressant spécifiquement au phénomène de l'IMIN en est à ses débuts. La majorité des études sur le sujet ont employé des méthodologies basées sur les questionnaires, les sondages ou les entrevues, dans lesquelles on a demandé aux participants de décrire rétrospectivement des épisodes spécifiques ou prototypiques (Beaman & Williams, 2010; Beaty et al., 2013; Floridou, Williamson, & Müllensiefen, 2012; Hyman et al., 2013; Liikkanen, 2012b; Mullensiefen et al., 2014; Williamson & Jilka, 2014; Williamson et al., 2012; Williamson, Liikkanen, Jakubowski, & Stewart, 2014). Un tel type d'investigation est utile dans le cas d'un phénomène qui n'est pas directement observable et qui n'a encore été que très peu étudié. Cependant, il faut toujours garder en tête que de nombreux biais peuvent teinter les résultats de ce type d'études, tels que des biais mnésiques ou ayant trait aux attentes, par exemple. Récemment, d'autres méthodologies ont été utilisées, notamment le journal de bord (Beaman & Williams, 2010; Halpern & Bartlett, 2011) et la technique d'échantillonnage d'expérience (ou *experience sampling* en anglais) qui consiste à appeler ou à envoyer un texto aux participants une fois par bloc d'une durée prédéterminée pour leur demander de remplir un questionnaire (Bailes, 2007a; Beaty et al., 2013), ainsi que des techniques d'induction d'IMIN en ligne (Liikkanen, 2012a) et en laboratoire (Byron & Fowles, 2013; Floridou et al., 2012; Hyman et al., 2013). Les résultats qui découlent de ces études seront maintenant décrits en les regroupant sous quatre thèmes, soit la prévalence, les caractéristiques des pièces musicales, le contexte entourant les épisodes et les personnes étant plus susceptibles au phénomène. Les procédures d'induction et leur efficacité seront discutées par la suite.

### **2.3.1 La prévalence.**

Presque tout le monde, du moins dans les cultures occidentales, a déjà fait face à au moins un épisode d'IMIN. Liikkanen (2012b) a notamment obtenu une prévalence de 99.8% parmi un échantillon de 11 910 participants finlandais. Plus précisément, 33% en rapportaient tous les jours et 90% toutes les semaines. Les études utilisant les journaux de bord et l'échantillonnage d'expérience ont obtenu des résultats comparables, soit une fréquence moyenne allant d'une fois par semaine à deux fois par jour (Bailes, 2007a; Beaman & Williams, 2010; Beaty et al., 2013; Halpern & Bartlett, 2011). La durée des épisodes est généralement de quelques minutes (8-36 minutes en moyenne; Beaman & Williams, 2010; Halpern & Bartlett, 2011; malgré que les valeurs rapportées dans les sondages soient plus élevées, autour de quelques heures; Beaman & Williams, 2010; Hyman et al., 2013). Curieusement, 15% des participants dans l'étude de Hyman et collaborateurs (2013) rapportaient avoir une imagerie musicale constante. Ce résultat nous laisse supposer que l'imagerie musicale perpétuelle de Brown (2006) est un phénomène plus commun que ne le laisse sous-entendre l'absence de littérature sur le sujet. De plus, à l'encontre de la croyance populaire, la majorité des épisodes d'IMIN est perçue comme étant agréable ou neutre (63% - 87%; Beaman & Williams, 2010; Halpern & Bartlett, 2011; Hyman et al., 2013; Liikkanen, 2012b). Lorsque les épisodes sont décrits comme étant désagréables, ils sont néanmoins rarement considérés comme étant réellement dérangeants ou comme interférant avec les activités de tous les jours (14% des cas; Beaman & Williams, 2010), ce qui différencie l'IMIN des autres phénomènes pathologiques tels que les obsessions ou les hallucinations musicales.

### **2.3.2 Le contexte.**

Une question importante quant au phénomène de l'IMIN est celle de sa fonction. Pourquoi le phénomène existe-t-il? Occupe-t-il une fonction spécifique ou n'est-il qu'épiphénomène? Pour y répondre, il importe de s'intéresser au contexte entourant la genèse des épisodes et leur interruption. Lorsqu'on demande à des participants leurs hypothèses quant au fait d'avoir une chanson spécifique en tête, ils sont généralement capables de donner une réponse (82 - 94%; Bailes, 2007a; Hyman et al., 2013), démontrant une certaine méta-mémoire du phénomène. La raison la plus fréquemment évoquée est de loin celle de l'exposition récente et/ou fréquente à la chanson (74% - 77%; Bailes, 2007a; Hyman et al.,



2013). La plupart des autres raisons invoquées pourraient être regroupées sous le thème des associations sémantiques ou épisodiques (i.e. avoir entendu, vu ou ressenti un mot, un son, une personne, une émotion ou une situation qui est associée à la chanson; Bailes, 2007a; Halpern & Bartlett, 2011; Hyman et al., 2013; Williamson et al., 2012). Ensuite, plusieurs des activités rapportées comme précédant le début d'un épisode d'IMIN demandent peu de ressources attentionnelles ou de traitement auditif (p. ex. se déplacer, faire de l'exercice; Bailes, 2007a; Liikkanen, 2012b), possiblement étant donné que ces activités produisent moins d'interférence (c.-à-d. de compétition pour les ressources attentionnelles) avec l'IMIN. D'autre part, la façon dont les épisodes se concluent en révèle un peu plus sur les mécanismes cognitifs en jeu. Étant donné que la majorité du temps, les épisodes ne sont pas vus comme étant désagréables, le comportement le plus souvent adopté est celui de laisser la chanson tourner jusqu'à ce qu'elle s'éteigne d'elle-même (56% - 57%; Beaman & Williams, 2010; Halpern & Bartlett, 2011), ce qui équivaut à n'exercer aucun contrôle volontaire sur l'épisode. Dans les cas où une action est entreprise et qu'elle est efficace, il s'agit généralement d'un comportement de distraction (p. ex. écouter de la musique ou la télévision, converser), d'engagement actif avec l'IMIN (p. ex. chanter ou écouter la chanson) ou une combinaison des deux (Williamson et al., 2014). Les deux processus contribuant au succès de ces tactiques seraient 1) une interférence dans la même modalité que l'IMIN qui induirait une compétition entre les deux stimuli pour les ressources attentionnelles et 2) la possibilité de compléter le fragment de chanson qui tourne en boucle et d'induire une sensation de complétude.

### **2.3.3 Les pièces.**

Un des aspects de l'IMIN les plus fréquemment abordés dans les médias populaires est l'identité des chansons les plus susceptibles de devenir un ver d'oreille. Des émissions spéciales radiophoniques et des blogs consacrés au sujet se plaisent à présenter des palmarès de vers d'oreille et à tenter d'identifier les caractéristiques qui leur seraient communes (p. ex. Leclerc, 2014; Rajotte, 2014). Kellaris (2001) parle notamment de l'importance de la simplicité, de la répétition et de l'incongruité (c.-à-d. la présence d'un élément surprenant dans la pièce) pour le potentiel d'IMIN, mais sans réelle élaboration ou support empirique. Qu'en est-il des études scientifiques? Toutes les études ayant échantillonné les épisodes d'IMIN de leurs participants ont rapporté une très grande variabilité inter- et même intra-sujet (Beaman &

Williams, 2010; Halpern & Bartlett, 2011; Hyman et al., 2013). En effet, une même pièce se répète peu d'un moment à l'autre (22% - 30%; Beaman & Williams, 2010; Halpern & Bartlett, 2011) et encore moins d'une personne à l'autre (75% - 95% des pièces rapportées par une seule personne; Beaman & Williams, 2010; Hyman et al., 2013). Aucune chanson spécifique n'a encore été identifiée comme ayant un plus grand potentiel d'IMIN. Cependant, la plupart des épisodes rapportés consistent en des refrains (33% - 55%; Beaman & Williams, 2010; Hyman et al., 2013) de chansons familières (83% - 99%; Bailes, 2007a; Beaman & Williams, 2010; Halpern & Bartlett, 2011; Hyman et al., 2013) avec des paroles (74% - 83%; Halpern & Bartlett, 2011; Hyman et al., 2013; Liikkanen, 2012b). Ces résultats sont plutôt intuitifs, étant donné que le refrain est la partie qui se répète le plus dans une pièce musicale et est, vraisemblablement, la mieux encodée en mémoire. De plus, les paroles sont omniprésentes dans la musique populaire à laquelle la majorité des gens est exposée dans sa vie quotidienne et elles permettent un meilleur encodage et une meilleure récupération de la mélodie (Crowder, Serafine, & Repp, 1990; Weber & Brown, 1986).

### **2.3.4 Les personnes.**

Certaines personnes sont-elles plus susceptibles au phénomène que d'autres? Plusieurs caractéristiques ont été explorées, en lien avec la fréquence et la durée des épisodes notamment. Liikkanen (2012b) a rapporté que les femmes avaient des épisodes plus fréquents que les hommes et les jeunes plus que les vieux. Ces résultats n'ont cependant pas été reproduits dans d'autres études (Beaman & Williams, 2010, 2013; Beaty et al., 2013). L'effet de l'expertise musicale et des activités musicales quotidiennes est aussi plutôt controversé. Dépendamment de l'étude, il est rapporté que les musiciens ont des épisodes plus fréquents (Beaty et al., 2013; Hyman et al., 2013), moins fréquents mais plus longs (Liikkanen, 2012b) ou de la même fréquence et de la même longueur (Beaman & Williams, 2010, 2013; Floridou et al., 2012; Mullensiefen et al., 2014) que les non-musiciens. Certains auteurs rapportent que ceux qui écoutent plus fréquemment de la musique ont des épisodes plus fréquents (Beaty et al., 2013; Hyman et al., 2013; Liikkanen, 2012b; Mullensiefen et al., 2014), d'autres que ceux pour qui la musique est évaluée comme ayant une plus grande importance dans leur vie ont des épisodes plus longs et dérangeants (Beaman & Williams, 2010) ou plus fréquents (Beaty et al., 2013; Floridou et al., 2012). Müllensiefen et ses collaborateurs (2014) rapportent plutôt

que ceux qui ont plus tendance à chanter spontanément ou ont de meilleures habiletés de chant en ont de plus longs et Floridou et ses collaborateurs (2012) que ceux qui ont plus tendance à bouger sur la musique en ont plus fréquemment. Les différentes définitions et critères utilisés pour évaluer la musicalité et l'expertise des individus peuvent notamment expliquer ce brouhaha d'effets parfois contradictoires. Il semble cependant assez clair que les activités musicales au quotidien ont un effet important sur la manière dont se présente le phénomène.

Certains traits de personnalité ont aussi été investigués similairement. Le trait « Ouverture à l'expérience » aurait un effet sur la fréquence (Beaty et al., 2013) ou la longueur et le niveau d'interférence des épisodes dans la vie quotidienne (Floridou et al., 2012). Le trait « Névrose » serait relié à des épisodes plus fréquents ou longs et plus déplaisants, interférents et préoccupants (Beaty et al., 2013; Floridou et al., 2012). Étant donné la ressemblance apparente entre le ver d'oreille et d'autres types de pensées intrusives, des questionnaires sur le contrôle mental (i.e. White Bear Suppression Inventory; Wegner & Zanakos, 1994), la schizotypie et les caractéristiques obsessionnelles-compulsives ont été utilisés. Ces derniers traits de personnalité sont corrélés avec des épisodes plus longs ou plus fréquents et des niveaux d'interférence, de préoccupation et d'utilisation de stratégies de suppression active plus élevés (Beaman & Williams, 2013; Mullensiefen et al., 2014). Ces résultats sont interprétés dans le contexte de la théorie du contrôle mental paradoxal (Wegner, 1989), qui suggère que de tenter activement de supprimer une pensée intrusive est contre-productif puisque pour s'assurer que le but est atteint, il faut réactiver la pensée. Ces tentatives auraient un effet de rebond immédiat (ce qui correspondrait à des épisodes plus longs) et différé (ce qui correspondrait à des épisodes plus fréquents).

## **2.4 Induction de l'IMIN**

Nous nous intéresserons maintenant aux techniques utilisées pour induire un épisode d'IMIN en laboratoire et aux caractéristiques affectant leur efficacité. Dans une première étude complétée en ligne, Liikkanen (2012a) présentait des paroles trouées de chansons familières et demandait aux participants de les compléter. Des chansons contemporaines populaires finlandaises ont été comparées à d'autres chansons très connues, mais un peu plus anciennes.

Suite à la tâche d'induction, les participants devaient compléter des questionnaires (à propos de leur personnalité et de leurs souvenirs involontaires) pour environ quatre minutes, puis rapporter s'ils avaient eu un épisode d'IMIN durant l'expérience. Malgré que les chansons plus vieilles aient été évaluées comme étant plus familières, les chansons contemporaines étaient plus efficaces en tant qu'inducteurs (68% vs 50% de participants ainsi induits). L'auteur propose que, étant donné que les participants ont fort probablement été exposés aux chansons contemporaines plus récemment, celles-ci seraient plus accessibles en mémoire, par effet d'amorçage à long terme.

Hyman et ses collaborateurs (2013) ont aussi évalué la différence entre des chansons populaires contemporaines et des chansons plus vieilles (c.-à-d. des Beatles), mais n'ont pas reproduit l'effet de Liikkanen. La tâche et les conditions étaient cependant différentes. En laboratoire, les participants devaient écouter trois chansons et les évaluer sur différentes caractéristiques (p. ex., leur familiarité, leur appréciation). La dernière chanson présentée était soit jouée en entier, soit interrompue avant la fin. Le but de cette manipulation était de vérifier si l'effet Zeigarnik (1938), qui stipule que les tâches qui sont interrompues sont plus facilement récupérables en mémoire que celles qui ont été complétées, pouvait jouer un rôle dans le phénomène de l'IMIN. Malgré qu'il n'y ait pas eu de différence entre les chansons interrompues et jouées entièrement, un autre indice compatible avec l'effet a été observé. Ainsi, il était demandé aux participants s'ils avaient eu un épisode d'IMIN durant la tâche interférente, et ils étaient réinterrogés 24 heures plus tard. Il a été mis en évidence que lorsqu'une chanson faisait l'objet d'un épisode d'IMIN immédiatement après l'avoir entendu, elle était plus susceptible de revenir durant les 24 heures suivantes (76% des participants versus 29% de ceux qui ne rapportaient pas d'épisode d'IMIN immédiatement après l'écoute). Dans cette étude, différents types de tâches interférentes (c.-à-d. matériel verbal versus non-verbal, difficulté faible versus élevée) ont aussi été comparés. Les meilleurs résultats ont été obtenus avec la tâche non-verbale difficile. Les auteurs expliquent ce résultat paradoxal en proposant que la difficulté trop grande de la tâche, qui a limité la performance des participants, ait eu pour effet de les rendre peu attentifs et engagés cognitivement par rapport à une tâche plus facile. Plus de ressources cognitives auraient donc été disponibles pour l'IMIN.

Les effets de la familiarité des stimuli et de la profondeur du traitement (ou *level of processing* en anglais) sur l'efficacité de la tâche d'induction ont été abordés par Byron et Fowles (2013). Des pièces non-familières, mais populaires dans un autre pays, ont été présentées à deux ou six reprises consécutives à des participants, qui devaient analyser la pièce en répondant à des questions à contenu sémantique (p. ex., à quel style musical pourrait appartenir cette chanson?) ou autobiographique (p. ex., à quelle personne dans votre vie pourriez-vous relier cette chanson?). Le type de question n'a pas eu d'effet sur la fréquence des épisodes d'IMIN. Les participants ayant entendu la pièce six fois ont cependant rapportés plus d'épisodes d'IMIN que ceux l'ayant entendue deux fois. La question demeure à savoir si la familiarité ou la répétition sont responsables de cet effet. La technique d'échantillonnage d'expérience a ensuite été utilisée pour évaluer l'effet de la tâche d'induction à plus long terme, soit durant les 72 heures suivantes. L'effet de récence a été substantiel. En effet, 82% des participants ont rapporté un épisode d'IMIN d'une pièce induite immédiatement après la tâche, en comparaison à 20% durant les deux heures suivantes. Cette proportion a ensuite varié entre 0 et 15% pour chaque bloc de deux heures. Les auteurs posent l'hypothèse que les épisodes suivant immédiatement l'écoute de la pièce constituent un phénomène différent des autres épisodes.

Finalement, Floridou et ses collaborateurs (2012) ont comparé l'efficacité de deux tâches d'induction; entendre un extrait et donner le titre ou lire les paroles trouées et les compléter. Des pièces populaires à faible et à fort potentiel d'IMIN, dont la sélection était basée sur un sondage préalable, ont été utilisées. Après la tâche d'induction, une tâche interférente de recherche visuelle a été insérée, durant laquelle les participants devaient rapporter la présence d'un épisode d'IMIN. Similairement pour les deux tâches d'induction ainsi que pour les deux types de stimuli (c.-à-d. à fort et à faible potentiel d'IMIN), 75% des participants ont rapporté un épisode d'IMIN. Il n'y avait pas d'association entre l'efficacité de l'induction et les mesures de musicalité (par ex. la formation, les activités et les habiletés musicales), sauf pour la tendance à bouger sur la musique (c.-à-d. que ceux qui rapportaient avoir plus tendance à bouger sur la musique ont eu plus d'épisodes d'IMIN).

En résumé, l'induction expérimentale se fait relativement aisément lorsqu'elle est mesurée immédiatement après la tâche d'induction, la plupart des participants rapportant un

épisode d'IMIN, peu importe la tâche utilisée. De la plus grande familiarité (ou de la répétition) du stimulus, de la nature visuelle et du plus haut niveau de difficulté de la tâche interférente et de la récence de la présentation de la pièce, semble découler une meilleure efficacité. Lorsque celle-ci est évaluée sur une plus longue période de temps (c.-à-d. quelques jours), des épisodes d'IMIN des pièces induites sont aussi rapportées, mais dans une moindre proportion. Il est proposé que l'induction immédiate et différée constitue deux phénomènes différents.

## **2.5 Représentation mentale**

Une question centrale n'ayant pas encore été abordée dans la littérature actuelle est celle de la représentation mentale, c'est-à-dire ce qui est imagé spécifiquement lors d'un épisode d'IMIN. Seuls des descriptifs généraux, référant surtout à la nature (c.-à-d. le style musical) et à la structure des pièces (c.-à-d. la ou les parties des pièces imagées) ont été abordés. Qu'en est-il des caractéristiques mélodiques, rythmiques et timbrales? Leur imagerie en est-elle précise et similaire à la pièce originale? Ward, dans une étude d'auto-observation, a enregistré une production vocale de tous ses épisodes d'IMIN sur une période d'un an (Ward & Burns, 1999). Il a ensuite pu déterminer dans quelle tonalité la pièce était chantée, sifflée ou fredonnée. Il a donc comparé les tonalités de différentes productions d'une même pièce et a constaté qu'elles variaient sur une étendue de quatre demi-tons seulement (sur un maximum de 12 demi-tons). Il a aussi comparé certaines de ces chansons avec les pièces originales. Dans la plupart des cas, la tonalité médiane des productions se trouvait à moins d'un demi-ton de la tonalité originale. Brown (2006) décrit aussi son phénomène d'imagerie musicale perpétuelle comme étant très fidèle à l'original concernant la hauteur, le rythme, le volume, le tempo, le timbre et la tonalité. Ces descriptions suggèrent que, du moins dans certains cas, l'IMIN peut être précise et ressembler aux pièces originales. L'étude de ces caractéristiques devra cependant être faite de manière systématique et constituera un des objectifs premiers de la présente thèse. Pour poser des hypothèses appuyées, l'étude des caractéristiques imageables et de leur précision, ainsi que celles constituant la trace mnésique d'une pièce familière devront être adressées.

### 3. Caractéristiques musicales imageables et mémorisables

*La totalité [de la nouvelle composition], aussi longue soit-elle, résonne presque complète et terminée dans mon esprit, me permettant de la sonder, telle une fine image ou une magnifique statue, en un coup d'œil. Non plus n'entends-je dans mon imagination les parties successivement, mais les entends-je, pour ainsi dire, toutes en même temps [Traduction libre] (écrits de Mozart rapportés par Agnew, 1922).*

L'utilisation de l'imagerie mentale musicale au sein du processus créatif est décrite depuis longtemps par différents compositeurs (Voir Agnew, 1922 par exemple). La description de Mozart ci-dessus, d'une imagerie extrêmement claire, riche et vive est-elle représentative de l'expérience du commun des mortels lors de ses activités quotidiennes ou est-il le propre du génie musical? Les années 1980-90 ont connu une explosion d'études s'intéressant aux capacités et aux limites de notre système cognitif à imaginer et à se rappeler de caractéristiques musicales spécifiques. Plusieurs auteurs ont entre autre noté que l'imagerie musicale semble être utilisée naturellement dans les tâches musicales, et ce pas seulement par les musiciens, même lorsque les participants ne reçoivent aucune directive les incitant à le faire (Halpern, 1989; Hubbard & Stoeckig, 1988; Kraemer et al., 2005).

Inspirée par la littérature ciblant l'imagerie visuelle, celle s'intéressant à l'imagerie auditive et musicale s'est attelée à tracer le parallèle entre l'imagerie mentale et la perception. Il est maintenant établi que l'imagerie repose sur des processus cognitifs et neuronaux similaires à la perception (voir Hubbard, 2010). Dans certains types de tâches, on retrouve des effets d'interférence de l'imagerie mentale sur les performances (i.e. dans les tâches de détection de sons parmi du bruit blanc; Okada & Matsuoka, 1992; Segal & Fusella, 1970), mais dans la plupart, on retrouve des effets facilitateurs, à l'image de ce qui est observé en imagerie visuelle (voir Finke, 1986). Par exemple, le fait d'imaginer un son d'une fréquence spécifique permet de discriminer à un volume plus faible, lequel de deux extraits contient un son de la même fréquence (Farah & Smith, 1983). De plus, lorsque des images de notes ou d'accords doivent être générées et comparées à des percepts qui sont soit identiques, différents

et proches harmoniquement ou différents et éloignés harmoniquement, ceux qui sont proches sont mieux et plus rapidement reconnus que ceux qui sont éloignés (Hubbard & Stoeckig, 1988). Dans les prochaines sections, les caractéristiques musicales qui sont imageables et mémorisables seront abordées plus spécifiquement en s'intéressant tour à tour aux éléments mélodiques, rythmiques et timbraux.

### 3.1 Éléments mélodiques

« Un regroupement mélodique consiste en plusieurs événements tonaux qui sont perçus comme étant regroupés étant donné la similarité des intervalles et la direction du mouvement mélodique » [Traduction libre] (Cebrian & Janata, 2010, p. 135). Une *mélodie* est donc constituée de plusieurs *notes* ayant une hauteur spécifique, généralement décrite en référant à leur étiquette (p. ex. do, ré, mi) et/ou à leur fréquence en hertz, et étant séparées par des *intervalles*. Ces derniers sont exprimés en termes de nombre de demi-tons (c.-à-d. la distance entre deux notes consécutives du piano), du moins, dans le contexte de la musique tonale occidentale. Ces intervalles ont une direction (vers le haut, vers le bas, égal) et l'enchaînement de celles-ci correspond au *contour* d'une pièce musicale. La *tonalité* et le *mode* (p. ex. Do majeur) dictent les règles gouvernant l'utilisation des différents intervalles (c.-à-d. leur importance, leur fréquence) dans une mélodie (sauf lorsque le contexte est atonal et qu'il n'y a pas de telles restrictions). La tonalité indique aussi le centre tonal d'une pièce (la note la plus « importante » qui fournit une impression de finalité) et peut être utilisée pour décrire la hauteur globale ou absolue d'une interprétation. Le mode indique aussi la « couleur » émotionnelle d'une mélodie. En effet, le mode majeur est généralement associé à une valence émotionnelle positive (c.-à-d. joie, relaxation; p. ex. le Canon de Pachelbel) et le mode mineur à une valence négative (c.-à-d. tristesse, peur, colère; p. ex. La Marche impériale – thème de Star Wars). De plus, certains degrés de la tonalité paraissent plus reliés que d'autres et sont plus aisément traités (p. ex. la tierce majeure et la tonique). Il s'agit de *l'harmonie*.

Plusieurs des études en imagerie mentale se sont concentrées sur l'imagerie de stimuli simples (c.-à-d. une note) qui sont en soi, peu représentatifs d'une réelle expérience musicale. Quelques études ont cependant aussi ciblé des mélodies. Par exemple, Halpern (1988) a



présenté à ses participants deux mots provenant des paroles d'une chanson très familière et leur a demandé de juger si la note reliée à la deuxième parole était plus aiguë ou plus grave que la première, et ce, sans les chanter. Le seul moyen d'accomplir cette tâche est d'imaginer la pièce et de comparer, dans sa tête, la hauteur des deux notes. Ici, les performances étaient supérieures au hasard, mais elles étaient beaucoup plus faibles dans la condition d'imagerie que dans la condition de perception. Certains participants ont même dû être éliminés puisque leur taux d'erreurs était de plus de 40%. On peut donc déduire de ces résultats que la structure des intervalles et le contour de la pièce sont bien représentés dans l'image mentale, mais qu'ils sont plus difficiles à accéder que l'information statique concernant les notes individuelles et qu'il existe une certaine variabilité inter-sujet en ce qui a trait à la précision de cette image, qui est reliée, entre autre, à l'expertise musicale (i.e. les musiciens font moins d'erreurs que les non-musiciens, voir Aleman, Nieuwenstein, Bocker, & de Haan, 2000 aussi).

Les caractéristiques musicales sont souvent classifiées comme étant abstraites ou de surface. Les caractéristiques abstraites sont celles qui sont directement liées à l'identité d'une pièce. Il s'agit des relations mélodiques et rythmiques entre chacune des notes consécutives (c.-à-d. contour, intervalles, rythmes, durées). Les caractéristiques de surface n'affectent pas l'identité de la pièce et sont relativement aisément manipulables. Il s'agit de la tonalité, du tempo et du timbre (Voir Schellenberg, Stalinski, & Marks, 2014 par exemple). Les résultats ci-dessus avaient surtout trait aux caractéristiques abstraites. Étant donné que la tonalité n'affecte pas l'identité des pièces, on a longtemps cru qu'elle n'était pas encodée en mémoire. Cependant, plusieurs études confirment maintenant qu'elle l'est, tout comme le tempo et le timbre qui seront abordés plus loin. Levitin (1994) a notamment demandé à ses participants de chanter des pièces populaires qui leur étaient très familières, le plus fidèlement possible à l'originale. Dans 54% des cas, la pièce était chantée à un demi-ton ou moins de la tonalité originale, ce qui est environ deux fois plus fréquent que ce qui est attendu par hasard. Ces résultats ont été répliqués plus récemment par Frieler et ses collaborateurs (2013) ainsi que Jakubowski et Müllensiefen (2013), mais avec une moindre ampleur. De plus, les participants de Halpern (1989), ainsi que de Bergeson et Trehub (2002), à qui on demandait de chanter des pièces folkloriques ou des berceuses (qui ont donc probablement été entendues dans différentes tonalités, tempi et timbres), les reproduisait dans des tonalités qui variaient peu à travers le temps. Les auteurs en ont déduit que la tonalité faisait bien partie de la

représentation mentale d'une pièce encodée en mémoire. Néanmoins, dans tous ces cas, les habiletés de chant des participants auraient pu constituer un facteur confondant. En effet, on aurait pu poser l'hypothèse que les participants sans formation vocale ont tendance à chanter toujours dans la même tonalité (celle qui est la plus confortable). Ce n'était cependant pas le cas, les tonalités variant d'une pièce à l'autre chez un même participant. Qui plus est, dans une autre étude, les participants étaient capables de reconnaître qu'une pièce qui leur était très familière était jouée dans la mauvaise tonalité (Schellenberg & Trehub, 2003), excluant ainsi les contraintes vocales complètement.

### 3.2 Éléments rythmiques

Une autre manière de décrire une pièce musicale est de s'intéresser à la durée des différents événements la constituant. Un rythme est perçu lorsqu'au moins deux événements se produisent dans un délai perceptible (i.e. ni trop court ni trop long; Cebrian & Janata, 2010). De la répétition de ces événements rythmiques est inféré un *battement* (ou *pulse* en anglais) sur lequel un auditeur aura envie de bouger ou de battre des mains (entraînement moteur). Le *tempo* réfère à la vitesse de ce battement (en nombre de battements par minute, bpm). Beaucoup moins d'études se sont intéressés aux éléments rythmiques (versus mélodiques) de l'imagerie mentale. Néanmoins, Janata et Paroo (2006) ont présenté à leurs participants des gammes majeures et leur ont demandé de juger si la dernière note arrivait au bon moment. Dans un cas, ils entendaient toute la gamme et dans l'autre, ils devaient imaginer entre trois et cinq notes. Contrairement à la tâche de jugement de hauteur (c.-à-d. juger si la dernière note est juste) pour laquelle les performances étaient similaires entre les conditions d'imagerie et de perception, les performances dans la tâche rythmique étaient beaucoup plus faibles et variables lorsqu'une partie des notes devait être imagée. Elles étaient aussi corrélées au niveau de formation musicale. Cependant, d'autres résultats provenant du paradigme de Halpern (1988) décrit plus haut suggèrent que la structure temporelle des mélodies est bien représentée en imagerie mentale. En effet, les temps de réponses étaient corrélés à la distance entre les deux paroles ainsi qu'à la distance entre le début de la pièce et le début de la partie à imaginer. Il serait donc possible d'imaginer le rythme, mais avec une précision moindre que la hauteur.

Dans une seconde analyse des extraits produits dans l'étude de Levitin (1994), mais cette fois-ci centrée sur le tempo, Levitin et Cook (1996) ont obtenu des corrélations très élevées entre le tempo produit et celui de la pièce originale ( $r = .95$ ). De plus, dans l'étude de Bergeson et Trehub (2002) dont il a été question plus haut, les tempi étaient très stables à travers le temps, ne variant que de 3% en moyenne. Ce résultat est d'autant plus impressionnant lorsqu'on prend en compte le fait que la différence minimale requise pour percevoir un changement de tempo a été estimée à 2.5 – 3% (Drake & Botte, 1993; Friberg & Sundberg, 1995). Ces résultats suggèrent fortement que le tempo fait partie de la représentation mentale de pièces encodées en mémoire à long terme et ce, de manière précise.

### **3.3 Éléments timbraux**

Le timbre réfère à « la qualité caractéristique d'un son – autre que la hauteur, le volume ou la durée – qui l'identifie de manière unique » (Pitt & Crowder, 1992). Il s'agit, entre autre, des caractéristiques qui nous permettent de reconnaître le son produit par un violon, une guitare ou une trompette, ainsi que l'orchestration unique d'une pièce enregistrée. Le timbre est composé de caractéristiques spectrales (c.-à-d. qui ont trait à la structure harmonique du son) et dynamiques (c.-à-d. qui ont trait au type et à la vitesse des changements dans cette structure à travers le temps).

Comme les caractéristiques mélodiques et rythmiques, le timbre est reconnu comme faisant partie intégrante de l'expérience d'imagerie mentale musicale. En effet, lorsqu'on demande à des participants de classer les timbres de différents instruments de musique dans un système à deux axes (brillance et nasalité) dans des conditions de perception et d'imagerie, chaque instrument est presque toujours classé dans la même catégorie dans les deux conditions (Halpern, Zatorre, Bouffard, & Johnson, 2004). Ceci suggère que le timbre de différents instruments peut être imagé de manière comparable à sa perception. De plus, dans les tâches de jugement de hauteur pour différents instruments, il y a toujours un effet d'interaction entre la hauteur et le timbre, autant dans une condition d'imagerie que de perception. En effet, lorsque le timbre est le même pour les deux notes à juger, les participants prennent moins de temps à répondre pour deux notes pareilles que pour deux notes différentes et lorsque les timbres sont différents, ils prennent moins de temps à affirmer que les deux notes sont

différentes que pareilles. Le même effet d'interaction est présent lorsqu'on fait varier seulement les caractéristiques spectrales ou seulement les caractéristiques dynamiques (Crowder, 1989; Pitt & Crowder, 1992).

L'imagerie de timbres complexes, tels que ceux constituant la majorité des pièces entendues dans la vie de tous les jours, a été très peu étudiée. Dans une des seules études répertoriées, Bailes (2007b) familiarisait ses participants avec deux pièces populaires et leur demandait ensuite de juger le timbre qui leur était présenté (c.-à-d. filtré *versus* original). Dans une condition, ils entendaient l'extrait au complet (avant et pendant le moment ciblé pour le jugement du timbre) et dans une autre condition, ils devaient imaginer le début de la pièce (avant le moment ciblé, suite à quelques notes de mise en contexte). Il y avait aussi une condition contrôle incluant des chansons non-familières. Les temps de réponse étaient les plus lents dans la condition contrôle et les plus rapides dans la condition perception. L'imagerie d'un timbre complexe ne serait donc pas aussi complète que sa perception, mais elle offre tout de même un avantage sur l'absence de référent. Celui-ci serait néanmoins encodé précisément en mémoire et permettrait la reconnaissance d'une pièce très rapidement. En effet, Schellenberg, Iverson et McKinnon (1999) ont démontré que des participants étaient capables d'associer un extrait musical extrêmement court (c.-à-d. de l'ordre de 100 ms) au titre et à l'artiste correspondant lorsqu'ils avaient un choix de réponse et que les pièces leur étaient très familières. Dans un laps de temps aussi court, seules les informations timbrales sont disponibles à l'auditeur.

En résumé, toutes les caractéristiques musicales qu'elles soient abstraites ou de surface, sont imageables et mémorisables, avec différents degrés de précision qui dépendent entre autre de l'expertise musicale. Ces caractéristiques sont-elles toutes récupérées lors d'un épisode d'IMIN? Cette question sera adressée dans le corps de la présente thèse.

## 4. Objectifs

Les deux études présentées dans les prochains chapitres ont pour but d'approfondir les connaissances que nous avons actuellement à propos du phénomène de l'IMIN. Les objectifs de la première étude peuvent être regroupés sous deux thèmes: l'induction et le contenu de l'image mentale. Dans un premier temps, l'efficacité d'une nouvelle technique d'induction d'IMIN a été évaluée et les profils des participants facilement et difficilement induits ont été comparés. Dans un second temps, les caractéristiques de ce qui est imagé lors d'un épisode d'IMIN ont été investiguées. Plus spécifiquement, les participants ont enregistré des reproductions vocales de leurs épisodes au moment où ils se produisaient dans leur vie de tous les jours et ont rempli des questionnaires concernant le contenu de leur image mentale. Les informations ainsi récoltées étaient ensuite comparées aux chansons originales. Notre hypothèse centrale était que la représentation mentale, à l'image de ce qui a été décrit en imagerie volontaire, serait similaire à la version originale des pièces.

La deuxième étude, présentée au Chapitre 3, avait pour objectif général d'investiguer les caractéristiques propres aux chansons qui pourraient plus aisément devenir des épisodes d'IMIN. Un paradigme typique de rappel libre / reconnaissance a été utilisé avec des pièces à faible et fort potentiel d'IMIN dans trois expérimentations différentes. L'hypothèse centrale était que des pièces rapportées comme ayant un potentiel d'IMIN élevé seraient plus facilement rappelées et reconnues que des pièces ayant un potentiel faible.

## **Chapitre 2: Investigating the nature of Involuntary Musical Imagery through induction and vocal reproduction**

Andréane McNally-Gagnon, Sylvie Hébert et Isabelle Peretz.

Article en préparation.

Original research article

**Corresponding author:**

Sylvie Hébert, École d'orthophonie et d'audiologie, Université de Montréal, C.P. 6128, succ. Centre-ville, Montréal, Qc, Canada, H3C 3J7

**Investigating the nature of Involuntary Musical Imagery through induction and vocal reproduction**

Andréane McNally-Gagnon, Sylvie Hébert and Isabelle Peretz

Université de Montréal, Canada

**Abstract**

Involuntary musical imagery (INMI), often called earworm, is defined as imaged music that “pops” into consciousness without intent. The present study: 1) assessed a new induction technique and 2) investigated INMI’s mental image through sung reproductions. In the laboratory, catchy songs (versus proverbs) were presented repeatedly to participants who had to sing them back (or reproduce the proverbs’ prosody) as accurately as possible. Participants then left for 3.5 days with a recording device, singing their INMI episodes as similarly as possible to their mental imagery and describing their timbre. Cue songs were reported as INMI by 12 out of the 18 participants in the induction group, in delays ranging from 15 minutes to three days, as opposed to one instance of a cue song in the proverb group. Sung productions were analyzed for key and tempo and were compared to the original versions. Produced tempi and, to a smaller extent in the case of non-musicians, keys were close to the originals, for both the induced and other INMI episodes. Described timbre was generally a simplified version of the original (one instrument and/or voice). Musical memory and imagery abilities as well as the impact of musical expertise and familiarity are discussed.

**Keywords**

Earworm, musical memory, singing, key, tempo



# 1. Introduction

In his early writings, Ebbinghaus (1913) identified three types of basic remembering modes: a voluntary mode, which entails searching for and retrieving a specific memory, an unconscious mode that corresponds to implicit learning and priming, and a conscious but involuntary mode. Involuntary memories are conscious memories of life events or semantic knowledge that “pop into mind” without any voluntary attempt at recalling them. Research on this topic has mainly focused on its pathological counterpart, especially cases of post-traumatic stress disorder (PTSD) for which repetitive unsolicited memories of the traumatic event are a key feature (American Psychiatric Association, 2013). Yet, diary and survey studies conducted in the past report that involuntary semantic and episodic memories are experienced by a vast majority of people every day, suggesting that involuntary memory is “an indispensable manifestation of the episodic memory system as are memories that are recalled voluntarily” (Berntsen, 2009, 2010; Mace, 2007).

One specific type of material that is often remembered involuntarily is music. Involuntary musical imagery (hereafter INMI) refers to “the introspective occurrence of a musical experience in the absence of direct (i.e. musical) sensory instigation of that experience and the absence of choosing to recall that musical experience” (Williams, 2015). The term *earworm* (from the German *Öhrwurm*) refers to a type of INMI which repeats a number of times. The terms INMI and earworm have often been used interchangeably in the literature, as well as other designations, like *stuck song syndrome* (Levitin, 2006), *brainworms* or *sticky music* (Sacks, 2010). According to previous large-scale survey studies (Bennett, 2002; Kellaris, 2001; Liikkanen, 2012b), INMI is widespread and frequent, with more than 90% of participants reporting experiences of INMI at least once a week and 33% everyday (Liikkanen, 2012b).

Typically, episodes last a few minutes or hours and, contrary to the popular view, are mostly rated as pleasant (Beaman & Williams, 2010; Halpern & Bartlett, 2011; Hyman et al., 2013; Liikkanen, 2012b). When described as unpleasant, they are rarely disturbing or interfering (Halpern & Bartlett, 2011), which differentiates them from other pathological musical phenomena such as musical obsessions (See Praharaj et al., 2009; Zungu-Dirwayi et al., 1999) or hallucinations (See Evers & Ellger, 2004; Hermesh et al., 2004). Furthermore,

authors report that INMI episodes usually consist of choruses of familiar musical pieces with lyrics (Beaman & Williams, 2010; Halpern & Bartlett, 2011; Hyman et al., 2013; Liikkanen, 2012b) and that, like involuntary semantic memories (See Kvavilashvili & Mandler, 2004), are more likely to occur when the individual is not intellectually active or engaged in an auditory activity (Liikkanen, 2012b).

But what is the nature of INMI or what happens precisely in the mind when a song is involuntarily imaged? In the present study, we will begin answering this question in two ways: by trying to induce it experimentally and by assessing its mental representation. Firstly, developing an effective induction procedure as well as differentiating criteria for identifying easily inducible participants is important so as to be able to study the phenomenon in a controlled environment, for instance, in a functional neuroimaging setting. In prior studies, induction was attempted by having participants listen to songs or see their lyrics, while executing a related task (i.e. naming the song, completing the lyrics, rating the song, answering questions about the song in writing). They were then asked to report if they had had an INMI episode while completing a 4 to 10 minute interfering task, like completing a questionnaire or doing a visual search or maze task. Between 50% and 82% of participants were successfully induced (Byron & Fowles, 2013; Floridou et al., 2012; Hyman et al., 2013; Liikkanen, 2012a). The most effective of these tasks presented the cue songs several times (Byron & Fowles, 2013). Otherwise, it is still unclear if some procedures are more effective than others or if some people are more easily induced than others.

Here, we assessed the effectiveness of a new in-laboratory induction procedure with an ecological at-home INMI sampling technique, so as to be able to study the impact of the procedure on a longer time period than previously attempted. It has been reported that people who engage actively with the music they are listening to or imagining by singing, humming or tapping, have more frequent INMI (Floridou et al., 2012). The participants in the present study were thus asked, in the laboratory, to listen repetitively to parts of familiar songs previously judged as catchy and to reproduce them vocally as accurately as possible. They then returned home with recording devices in which they sang each of their INMI episodes for a period of several days, as well as questionnaires assessing different phenomenological characteristics (e.g.: length of the episode, pleasantness). The frequency with which the induced songs would appear in the experimental group's INMI song pool was predicted to be higher than that of a

control group who did not take part in the induction procedure (who rather listened to and reproduced proverbs). The profiles of successfully induced and non-induced participants, in the experimental group, were also compared in order to identify potential criteria for selecting easily inducible participants.

Secondly, we addressed INMI's mental representation (i.e. what is precisely imaged) through sung reproduction. In order to access the contents of non-musicians' memory for songs, Levitin (1994) and Levitin & Cook (1996) asked their participants to sing very familiar popular songs as closely as possible to what they were remembering. The key and tempo of these renditions were very close to the original songs' (See also Frieler et al., 2013; Jakubowski & Mullensiefen, 2013 for similar findings, but of a smaller magnitude), suggesting, as opposed to previous beliefs, that musical information of an absolute nature is encoded in memory, but also that singing can be used to access this information, even in untrained candidates (See also Dalla Bella, Giguère, & Peretz, 2007). In the case of involuntary imagery and retrieval from memory, only Brown (2006) and Ward and Burns (1999) have brushed the subject with self-observations. They both described accurate pitch, loudness, rhythm, tempo and timbre information, when comparing their images to the original versions of the songs. A systematic investigation is necessary to confirm and generalize these results.

Hence, in the present study, the participants' sung INMI productions were compared to the original versions of the songs in terms of key, tempo and timbre (i.e. timbre was described by the participants in the questionnaires), for both the experimentally cued songs and all other INMI songs. Also, the procedure was repeated a second time after a two-week delay and repeating songs were compared to see if the characteristics were stable through time. Our hypotheses were that key, tempo and timbre would be close to the original pieces' as well as stable over time, as is the case for voluntary musical imagery (Bergeson & Trehub, 2002; Frieler et al., 2013; Halpern, 1989; Jakubowski & Mullensiefen, 2013; Levitin, 1994; Levitin & Cook, 1996; Peretz, Gaudreau, & Bonnel, 1998; Schellenberg et al., 1999; Schellenberg & Trehub, 2003).

Finally, we also addressed the role of musicianship. In the voluntary imagery literature, no association has been found between musical training and the ability to reproduce key or tempo of familiar songs from memory (Frieler et al., 2013; Jakubowski & Mullensiefen, 2013;

Levitin, 1994; Levitin & Cook, 1996), except for a small advantage in favor of musicians with a university-level musical education (Frierler et al., 2013). However, musicians tend to image more aspects (e.g. lyrics, melody, instrumentation, voice) of the songs experienced as INMI, which they also judge as more familiar than the non-musicians (Hyman et al., 2013), such that they might experience richer musical representations. We thus expected that musicians' key, tempo and timbre representations would be closer to the originals than the non-musicians'.

## **2. Method**

### **2.1 Participants**

Thirty-six participants (18 women) were recruited through ads and word of mouth. Inclusion criteria were 1) experiencing INMI daily and 2) not being shy to sing in a microphone. Participants were 26.6 years old on average (range: 16 – 68; SD = 10.1) and had 15.6 years of education (SD = 2.2). There were 18 musicians, selected for having had formal musical training and having played an instrument for at least 10 years (mean = 17.8), while the 18 non-musicians had little experience with a musical instrument (mean = 2.2 years). The study protocol was approved by the Université de Montréal ethics committee and all participants gave their informed and written consent to participate.

### **2.2 Materials and procedure**

On their first visit, participants filled a general in-house demographic questionnaire (i.e. age, gender, education, musical training, mental health history). They were then assigned quasi-randomly to either the experimental (hereafter induction condition) or control condition, controlling for age, gender, musicianship and education. In the induction condition, each participant was instructed to listen as often as needed to excerpts of five well-known songs judged as catchy in a pilot study (see Table 1). After each excerpt, they were asked to sing the song as accurately as possible, that is with the same melody and lyrics and at the same height and speed. A sheet with the lyrics was provided and a metronome software (GiveMe Tac) was used to synchronize participants' production at the song's original tempo. Each participant

also rated the songs' familiarity on a 4-point Likert scale (0 = not at all familiar, 3 = very familiar). This task had two purposes: induction of INMI and evaluation of the participants' singing abilities.

In the control condition, participants were instructed to listen as often as needed to five proverbs recorded by a female speaker, using Adobe Audition software (See Table 1). A sheet with the words was provided. After having heard each proverb, they were asked to reproduce it with the same prosody as the recording. Songs and proverbs were played back by an Apple Computer and the participants' productions were recorded with the Adobe Audition (v1.0) software for subsequent analyses. Participants were tested individually in a soundproof booth.

**Table 1:** Characteristics of the stimuli used in the induction and control conditions.

Con- dition	Order	Stimulus	Translation	Words (N)	Length (secs)	Tempo (bpm)	Key	Mode
I N D U C T I O N	1	Do-ré-mi (Altéry, 2001)	Do-re-mi by Julie Andrews	53	33	120	Bb4	Maj
	2	L'amour brille sous les étoiles (Roth, Puymartin, Felinie, Elias, & Curtil, 2003)	Can you feel the love tonight by Elton John	21	25	77	F4	Maj
	3	My heart will go on (Dion, 1997)	-	34	48	50	E4	Maj
	4	Promenade en traîneau (Reno, 2006)	Sleigh Ride (Christmas song)	46	20	105	C#4	Maj
	5	Chante la la la (Simard, 1996)	Live is life by Opus	33	21	94	F4	Min
C O N T R O L	1	Les passions sont les vents qui enflent les voiles du navire; elles le submergent quelquefois, mais sans elles il ne pourrait voguer (Voltaire)	The passions are the winds that fill the sails of the vessel; they sink it at times, but without them it would be impossible to make way.	22	9			
	2	La vie ressemble à un conte; ce qui importe, ce n'est pas sa longueur, mais sa valeur (Sénèque)	Life is like a fairy tale; what matters, it is not its length, but its value.	18	7			
	3	Vieillir est ennuyeux, mais c'est le seul moyen que l'on ait trouvé de vivre longtemps (Sainte-Beuve)	To age is still the only means which one found to live a long time.	17	6			
	4	Une journée bien employée donne un bon sommeil, une vie bien employée procure une mort tranquille (Léonard De Vinci)	As a well-spent day brings happy sleep, so life well used brings happy death.	16	5			
	5	La raison peut nous avertir de ce qu'il faut éviter, le cœur seul nous dit ce qu'il faut faire (Joseph Joubert)	Reason can warn us of what to avoid, the heart alone can tell us what to do.	21	6			

At the end of the session, participants were provided with a Nextar MA566 Digital mp3 recorder (2GB) with the instructions of singing as accurately as possible any song that would “pop” into their head for the next three and a half days. They also had to provide information regarding date and time, title and name of performer or composer in the case of a known song or clues to identify the song. If one song reappeared later during the recording period, they were instructed to sing it again. They were also provided with four copies of an in-house questionnaire (see annex) that they had to fill once a day, for an INMI episode they found representative. After this 3.5-day recording phase, participants brought back their devices and filled questionnaires. The exact same protocol was repeated after a delay of two to three weeks. At the end of the study, control participants’ singing abilities were also evaluated with the induction task.

## **2.3 Data analyses**

All statistical analyses are described alongside the results. The procedures used to analyze the INMI productions’ key, tempo and timbre as well as the participants’ singing abilities were as follows.

### **2.3.1 Key and tempo.**

Induced and other INMI excerpts were analyzed separately. Keys and tempi of all sung excerpts were determined by the first author. More specifically, key was inferred from the dominant-tonic relationship and the productions’ key signatures (from which mode was inferred) were determined with the help of a keyboard. When modulations occurred within an excerpt, the first identifiable key was selected. Key was preferred (as Bergeson & Trehub, 2002) over the first or first few notes (e.g. Halpern, 1989; Levitin, 1994) because participants, who were not necessarily trained singers and were not in a controlled environment, needed some time to place their voice and stabilize their production around a specific tonic. Tempo (in bpm) was determined independently from key. As for key, tempo was often variable over the first few beats. The first stable tempo was thus selected and measured, using a metronome software. Original versions of the songs (obtained from youtube.com, iTunes or CD recordings) were also analyzed for key and tempo. The part of the song corresponding to the participant’s production was selected, and key and tempo were analyzed the same way as were

the participants' productions. Differences in semitones for key and in percent deviations for tempo (i.e.  $(\text{Original tempo} - \text{Sung tempo}) \times 100 / \text{Original tempo}$ ) were compiled between produced and original versions. Distances between keys were adjusted to fall between -5 and 6 semitones of the correct pitch, so as to ignore octave errors. Inter-rater agreement was calculated by comparing the first authors' tempo and key analyses' results with those obtained by a professional musician on 100 randomly selected excerpts. Agreements were  $r = .89$  for tempo ( $p < .001$ , Pearson correlation) and  $\alpha = 0.73$  for key (Cronbach's alpha).

### **2.3.2 Timbre.**

Timbres, as described in the questionnaires, were classified as including zero, one or many instruments as well as zero, one or many voices. Original songs were classified similarly. Timbre descriptions for the induced songs were excluded because of a small N (6 excerpts for musicians and 6 for non-musicians).

### **2.3.3 Singing abilities.**

Participants' productions of the five songs in the laboratory were analyzed for pitch with the PRAAT software and an in-house script developed for another study (Hébert et al., 2008). Briefly, any given produced song was converted into a series of numbers representing the number of semitones separating two consecutive notes (i.e. intervals), as determined by the fundamental frequency of the sung notes. This series of numbers was compared to the one prescribed by the musical notation. An error was compiled every time the difference was greater than one semitone. The average % of accurate intervals sung was compiled for each participant, at the beginning of phase 1 (P1) for the induction group and at the end of phase 2 (P2) for the control group, and constituted the pitch accuracy score (PAS). Tempo was determined by dividing the length of the sung excerpts by the number of beats. These tempi were compared to the original songs' tempi and percent deviations (i.e.  $(\text{Original tempo} - \text{Sung tempo}) \times 100 / \text{Original tempo}$ ) were averaged across songs for each participant and constituted the tempo accuracy score (TAS).



## 3. Results

### 3.1 Induced INMI

#### 3.1.1 Induction technique.

Induction was considered successful when at least one of the cue songs was reported at least once as an INMI episode during the three and a half days following the induction procedure. Induction was successful in 12 participants out of 18; four on P1 only, three on P2 only and five on both phases. Only one participant in the control group produced one of the cue songs once (0.2% of the productions), which suggests that the induced songs were part of the experimental group's INMI pool in response to the induction procedure and not due to other environmental factors. On average, induced participants produced 1.5 cue songs per testing phase (SD = 1.7; range: 0 - 6). The last song presented in the induction procedure was produced at least once by 11 out of the 12 successfully induced participants, suggesting a recency effect. The first induced song on each recording phase was produced after 52 minutes (median value) following the experimental procedure (range: 15 minutes – 3.1 days); 58.8% within the first hour and all others except one, on the same day. Cue songs were not always the first songs produced after the experimental procedure (only in 37.8% of the cases). In order to ensure that the induction procedure did not have an indirect impact on the global characteristics of the phenomenon (i.e. total INMI frequency and episode length) the induction and control groups were compared with t-tests. There were no significant differences ( $p = .995$  for INMI frequency and  $p = .366$  for episode duration).

For the twelve successfully induced participants (5 musicians and 7 non-musicians), the level of familiarity for the successfully induced cue songs (23 ratings) was not significantly different from that of the other cue songs (37 ratings),  $p = .327$  (Mann-Whitney U test). The profiles of participants who reported at least one cue song as an INMI episode ( $n = 12$ ) were not different from those who did not report any ( $n = 6$ ) in age, number of years of education and of musical practice, PAS, TAS, mean INMI frequency and duration (all  $ps > .2$ ), but were different in number of hours of weekly musical practice,  $F(1, 16) = 5.85$ ;  $p = .028$ , the induced participants practicing *less* each week than the non-induced participants (means = 3.8 *versus* 12.3 hours).

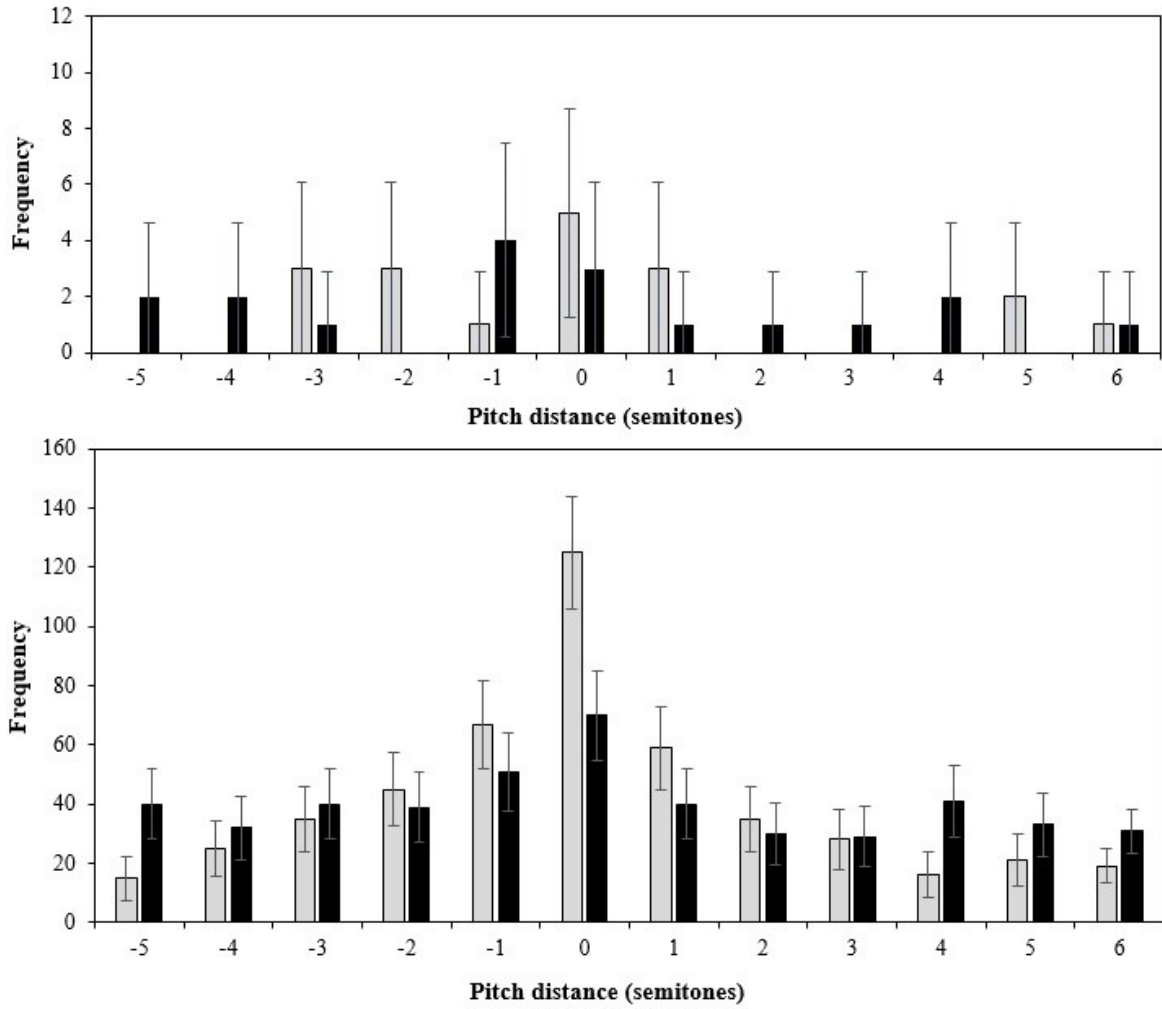
### 3.1.2 Musical characteristics.

Of the thirty-seven induced excerpts reported as INMI episodes, only one production could not be analyzed for key and tempo, because it was only named and not sung.

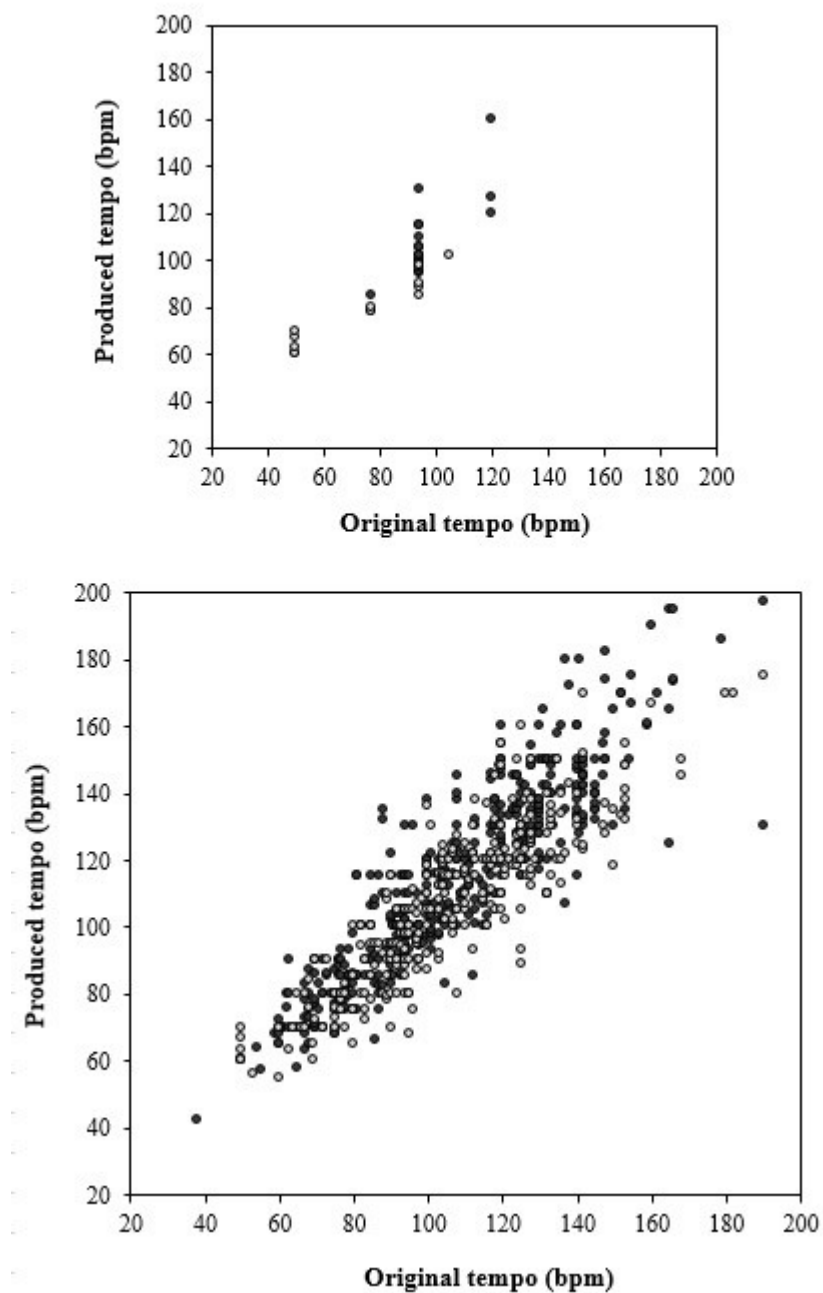
**Key.** As can be seen in Figure 1, 50% of the musicians' and 44.4% of the non-musicians' productions fell within one semitone of the original songs. The average pitch distance was 1.9 (SD = 1.9) and 2.5 (SD = 1.9) semitones for musicians and non-musicians respectively,  $t < 1$ .

**Tempo.** As can be seen in Figure 2, correlations between the cued songs' original and sung tempi were very high for the eighteen cue songs produced by musicians ( $r(16) = .90$ ;  $p < .001$ ), as well as the eighteen cue songs produced by the non-musicians ( $r(16) = .80$ ;  $p < .001$ ). The mean tempo deviation was 12.8% (SD = 12.3%) for musicians and 11.5% (SD = 11.2%) for non-musicians,  $t < 1$ .

**Figure 1.** Distribution of pitch distances (95% confidence intervals) between musicians' (light grey) and non-musicians' (black) productions and the original songs (in semitones), for the induced (top panel) and other (bottom panel) INMI songs.



**Figure 2.** Produced versus original tempo (in bpm) for musicians (light grey) and non-musicians (black), for the induced (top panel) and other (bottom panel) INMI songs.



### **3.2 Non-induced INMI**

Participants recorded a total of 1,184 other (that is, non-induced) INMI episodes, 640 for musicians and 544 for non-musicians. Twenty-nine of these were new songs, invented by the participants, and 52 could not be identified. Of the 1,103 remaining excerpts, 775 songs from 495 artists were identified, of which only 6.1% were reported by more than one participant. The identity of the songs were compared to those of the Quebec top 100 Francophone and top 100 Anglophone radio charts for the period during which the experiment took place (ADISQ, 2008). As can be seen in Table 2, only 3.5% of the reported songs had received a substantial amount of radio air-time.

**Table 2:** Reported INMI songs that were found in the radio Francophone and Anglophone Top 100s in the province of Quebec at the time of testing, with their position on the charts.

Position	Language	Title	Artist	Nb of Participants	Frequency
73	French	Ella elle l'a	Kate Ryan	3	4
2	French	Pousse Pousse	Jonathan Painchaud	2	13
10	English	I kissed a girl	Katy Perry	2	10
76	French	Entre Matane et Bâton-Rouge	Isabelle Boulay	2	2
88	English	Womanizer	Britney Spears	2	2
7	French	Je veux tout	Ariane Moffatt	1	11
28	English	Love Song	Sara Bareilles	1	3
36	English	Violet Hill	Coldplay	1	3
1	French	Pleine Lune	Marie-Luce Béland	1	2
15	English	Never too late	Hedley	1	2
33	English	Big girl (you are beautiful)	Mika	1	2
68	English	Piece of me	Britney Spears	1	2
6	English	No one	Alicia Keys	1	1
14	French	Lucifer	Anik Jean	1	1
23	French	Emmène-moi	Marie-Mai	1	1
24	English	Pump up the jam	The Lost Fingers	1	1
25	French	Lever l'ancre	Alfa Rococo	1	1
41	English	Gate 22	Pascale Picard	1	1
58	English	Relax, take it easy	Mika	1	1
66	English	The way I are	Timbaland & Keri Hilson & D.O.E.	1	1
67	English	American Boy	Estelle & Kanye West	1	1
70	French	Laisser l'été avoir quinze ans	Claude Dubois & Natasha St-Pier	1	1
72	English	Feedback	Janet Jackson	1	1
81	English	Me love	Sean Kingstion	1	1
81	French	Comme un million de gens	Claude Dubois & Lynda Lemay	1	1
91	English	Call me (I'll be around medley)	Bran Van 3000	1	1
99	English	Calabria	Enur & Natasja	1	1

### 3.2.1 Phenomenological characteristics.

Musicians had 20.2 (SD = 16.3) non-induced INMI episodes on P1 and 15.3 (SD = 11.4) on P2, while non-musicians had 16.2 (SD = 10.1) and 14.1 (SD = 9.5) on P1 and P2, respectively. P1 episodes were more frequent than P2,  $F(1, 35) = 5.78$ ;  $p = .022$ , and the frequencies on each phase were correlated,  $r(34) = .76$ ,  $p < .001$ , suggesting that some participants have more INMI episodes than others, reliably across time. There was no difference in frequency between musicians and non-musicians ( $F < 1$ ), although the former had longer episodes ( $M = 115.5$  minutes;  $SD = 117.3$ ) than the latter ( $M = 40.7$  minutes;  $SD = 52.2$ ),  $F(1,34) = 5.81$ ;  $p = .022$ , similarly across phases,  $F < 1$ . Correlations were run between INMI frequency and duration and years of musical practice, number of hours of weekly musical practice, PAS and TAS. Only duration, not frequency, entailed significant correlations with number of years of musical practice ( $r(33) = .43$ ;  $p = .010$ ) and PAS ( $r(33) = .44$ ;  $p = .009$ ), all other  $ps > .1$ . As was assessed in the daily INMI questionnaires, musicians rated their episodes less often as pleasant (77.4% of rated excerpts *versus* 10.5% neutral and 12.3% unpleasant) than non-musicians (96.0% *versus* 1.6% neutral and 2.4% unpleasant),  $\chi^2(2) = 17.47$ ;  $p < .001$ . Pleasantness ratings and duration were not correlated,  $p = .126$  by Spearman rank order correlation.

### 3.2.2 Musical characteristics.

Key analyses were performed on 966 of the excerpts (87.6%) and tempo analyses on 728 (66.0%). The remainder of the excerpts were excluded because: they were classical pieces and tempo varied from one recorded version to the other (57.2%), they were recorded by many artists with none being specified by the participant (26.3%), there were too many key or tempo variations in the participant's recording or in the original version (7.7%), they were named and not sung (4.3%), a recorded versions could not be found (4.3%) or there was no pitch variation in the productions (0.3%).

**Key.** Results were similar to that of the induced INMI episodes (compare Figure 1's bottom panel to its top panel), with 51.2% of the keys produced by the musicians and 33.8% of those produced by the non-musicians falling within a semitone of the original songs. The average pitch distance was 1.9 (SD = 0.8; range = 0.3 – 3.3) and 2.7 (SD = 0.6; range = 1.2 – 3.7) semitones for musicians and non-musicians respectively,  $F(1,34) = 9.19$ ,  $p = .005$ . Pitch singing abilities (i.e. PAS) were correlated with the average pitch distance between

productions and original songs,  $r(34) = -.39, p = .018$ , and both these variables were correlated with the number of years of musical practice ( $r(34) = .48, p = .003$  for PAS and  $r(34) = -.36, p = .032$  for pitch distance).

**Tempo.** Here also, results were similar to that of the induced excerpts (compare Figure 2's bottom panel to its top panel), with very high correlations between the individual excerpts' tempo and their original counterpart's, for both the 276 excerpts produced by musicians ( $r(274) = .87, p < .001$ ), and the 452 produced by non-musicians ( $r(450) = .90, p < .001$ ). The mean tempo deviation was similar for musicians and non-musicians ( $M = 9.0\%$ ;  $SD = 2.7\%$  and  $M = 9.2\%$ ;  $SD = 3.4\%$  respectively),  $F < 1$ . The minimal difference required to discriminate between two tempi being around 2.5% - 3% (Drake & Botte, 1993; Friberg & Sundberg, 1995), 19% to 22.9% of all excerpts were here sung on tempo. Tempo singing abilities (i.e. TAS) were not correlated with the average tempo distance between the participants' productions and the original songs ( $p = .802$ ), but was correlated with the number of years of musical practice ( $r(34) = -.39, p = .020$ ). Accordingly, the average tempo distance between productions and original songs was not correlated with musical practice ( $p = .514$ ). PAS and TAS were also correlated ( $r(34) = -.67, p < .001$ ).

**Stability over time.** Songs recorded more than once by a participant were compared to assess the stability over time of key and tempo. When songs repeated more than once, the first and last renditions were selected for comparison; there were 62 pairs of excerpts amongst 13 of the musicians and 68 amongst the 18 non-musicians. The average time delay between the pairs of productions was 5.9 days (range = 2 minutes – 29.9 days). Surprisingly, non-musicians were more stable over time in their tempo productions ( $M = 5.5\%$ ;  $SD = 1.9\%$ ) than musicians ( $M = 8.4\%$ ;  $SD = 3.6\%$ ),  $F(1, 29) = 7.3; p = .012$ . Groups did not differ on pitch distance, with means of 1.3 semitones ( $SD = 0.9$ ) for musicians and 1.9 ( $SD = 1.1$ ) for non-musicians ( $p = .154$ ). The length of the delay between the first and last renditions did not correlate with tempo or pitch distance ( $ps > .25$ ).

**Timbre.** Most of the non-musicians' timbre descriptions – 60.6% – were limited to one voice and/or instrument as compared to 40.0% for the musicians. Musicians' descriptions were also more similar to the original songs than non-musicians', in terms of number of voices (71.4% and 53.3% accurate for musicians and non-musicians respectively;  $\chi^2(1) = 9.53; p = .002$ ) and of instruments (62.4% versus 32.8% accurate respectively;  $\chi^2(1) = 24.12; p < .001$ ).



For vocal songs, musicians (62 excerpts) reported hearing the original singer's voice 58.1% of the time and their own voice 40.3% of the time, while non-musicians (63 excerpts) reported hearing the original singer's voice 96.8% of the time and their own voice only 9.5% of the time ( $\chi^2(1) = 23.43, p < .001$ )<sup>1</sup>.

## 4. Discussion

The present study investigated a novel INMI induction technique and the characteristics of its mental representation with an innovative and ecological procedure. These two categories of results will be discussed in turn. Firstly, the induction technique used was effective (i.e. at least one cue song produced) in the majority of our participants (67%). Since most induction studies have only evaluated the procedure's effectiveness immediately after the task, we extend the findings by showing that induction can still occur as long as three days after the procedure, although a strong recency effect is also present, most induced songs being produced during the first hour (as Byron & Fowles, 2013). When we compare our results to those of Byron & Fowles (2013), who used experience sampling over a 72-hour period to monitor induction success, our procedure seems more effective; 33% of participants induced within the two hours following the experimental session in our study versus 19% in Byron & Fowles', although the sampling techniques used are not necessarily equivalent (continuous in our study versus once in every two-hour block in Byron & Fowles'). If our task, as we speculate, is indeed more effective, this could result from the fact that the participants engaged actively with the song by singing and that the musical memory networks were heavily solicited.

Additionally, participants who practiced an instrument less often reported more cue songs as INMI episodes, although they did not report more INMI episodes globally. Since there were not significantly more musicians than non-musicians that were induced and that there was no difference between induced and non-induced participants on the number of years of musical practice, present active musical participation seems to be the variable of interest. While other measures of musicality, like the Gold-MSI questionnaire (Müllensiefen, Gingras, Stewart, & Musil, 2011), have been shown to have no significant association with the success

of induction (Floridou et al., 2012), weekly musical practice has not been addressed before. This finding could be explained by the fact that very active musicians are exposed to more musical material everyday than the others. Since INMI is most often triggered by recent or repeated musical exposure (Halpern & Bartlett, 2011; Hyman et al., 2013; Liikkanen, 2012b), these musicians would be exposed to more possible INMI triggers, which would create more interference for specific induced songs to resurface as INMI. Moreover, induced and other INMI episodes were very similar in terms of imaged musical characteristics, which suggests that induced episodes are indeed genuine INMI episodes. This last finding is important for future experimental studies addressing the phenomenon in the laboratory, in order to be able to generalize findings to the everyday experience of INMI.

In another vein, the present results suggest, as was predicted, that INMI is generally a very accurate representation of the original song, at least in terms of key and tempo. Indeed, a quarter of the excerpts could be considered as being sung at the original tempo and the correlation between produced and original tempi (i.e.  $r = .89$ ) was very similar to Levitin & Cook's (1996)  $r = .95$ . Furthermore, a quarter of the musicians' productions were sung in key and half within one semitone of the original piece, which is also very similar to Levitin's (1994) findings (i.e. 25% and 54% of productions sung in key and within one semitone respectively). Non-musicians' productions were a little further away from the original songs, although 15% were sung on key and 34% within one semitone, which is higher than what would be expected if the produced keys had been chosen randomly (i.e. 8% on key and 25% within one semitone, if the distribution was flat). These findings are similar to Frieler and collaborators' (2013), as well as Jakubowski & Müllensiefen's (2013; i.e., 14-16% on key and 35% within one semitone). However, as opposed to what was found here, none of the mentioned studies observed a significant effect of musical expertise on the results (Frieler et al., 2013; Jakubowski & Müllensiefen, 2013; Levitin, 1994). In Hyman and collaborators' (2013) study, musicians reported being more familiar with the songs they experienced as INMI than the non-musicians, which led us to expect this discrepancy. Although we did not assess familiarity directly, musicians in our study often experienced songs they were rehearsing or studying as INMI. In this case, all musical characteristics (i.e. the precise intervals and pitches, key, tempo, rhythm, and so on) would have been consciously addressed which would never or rarely be the case for non-musicians. If musicians' INMI songs are

indeed more familiar, the lack of a difference between musicians and non-musicians in the tempo analyses is surprising.

One possibility would be that our non-musicians were less accurate than our musicians in their pitch and duration reproduction abilities. Indeed, the ability to reproduce pitch was correlated with the average distance between produced and original keys for INMI excerpts. Moreover, musicians had better pitch singing abilities and were better than the non-musicians at reproducing the pitch they were imaging. However, this was not the case for tempo. The ability to reproduce a tempo was not correlated with the average tempo distance for INMI episodes. This could have been explained if musicians and non-musicians had equivalent tempo singing abilities, as opposed to the pitch singing abilities. However, pitch and tempo singing abilities were correlated and musicians were better at reproducing a tempo than non-musicians. This is very counter-intuitive and it is possible that another variable comes into play, affecting musicians and non-musicians differentially. For instance, it is possible that familiarity has a greater impact on memory for key than for tempo. Tempo and key are encoded very early on, even after one (Halpern & Mullensiefen, 2008) or two (Schellenberg et al., 2014) presentations of a melody. However, only large key and tempo distances have been studied in this context (i.e. 6 semitones and 64 bpm or 15-20% tempo distance). We do not know how precise the encoding is when a song is first heard, how it evolves through the familiarization phase and if there are discrepancies between key and tempo. Moreover, musical characteristics relating to time and pitch are processed and encoded separately (Hebert & Peretz, 1997; Hyde & Peretz, 2004; Schellenberg et al., 2014). Different strategies and speeds of encoding would thus not be surprising. However, this unexpected result would first need to be replicated in future studies.

In terms of timbre, that is, number of voices and instruments, musicians' descriptions were accurate half of the time whereas non-musicians' were only in 16% of the cases. For both groups, discrepancies between described and original timbres were mostly attributable to excerpts described with only one voice (one of the rarest categories in the original song pool) and a lack of descriptions encompassing many instruments and voices (the most frequent type in the original song pool). In other words, INMI excerpts were most often described as simplified versions of the originals. Although previous studies have demonstrated that the timbre of very familiar songs is encoded in memory and can be very rapidly recognized

(Schellenberg et al., 1999), it has also been reported that it is not an easy characteristic to encode when a song is first heard, at least when learning is incidental. Indeed, Peretz and collaborators (1998) found that performance, although above chance, was very low when participants were asked to remember in which of two timbres a melody had been previously heard (i.e. 54% correct). It has also been reported that it is difficult, even for musicians, to hold a rich and stable timbre image in mind (Bailes, 2007b). Since encoding is usually incidental in everyday musical activities, it is possible that the present findings reflect memory and/or imagery ability constraints. An additional restriction could also be that the task at hand (i.e. to sing the INMI song) removed attention from a veridical timbre representation or transformed it since one can only sing a melody in their own voice, making timbre a useless characteristic.

## 5. Conclusion

In conclusion, findings from the present study as well as previous literature concerning INMI induction suggest that factors like repetition of the cue songs, stimulation of the musical memory system, as well as active engagement with the songs, by singing in this case, all have an impact on the success of the procedure. Future studies could compare different tasks to try to isolate the impact of each factor with the objective of creating the most efficient procedure. Another avenue of future inquiry could be to try to control the triggering of INMI, separately from the induction task itself. Indeed, the cue songs produced by the induced participants in this study were reported after delays ranging from a couple of minutes to more than three days, most often after other INMI episodes had interfered with the recent activation of the cue songs in the musical memory system. This suggests that cues from the environment or thoughts other than exposure to the song itself could trigger an INMI episode of an induced song. Future studies could examine how the triggering of these induced episodes can be achieved in a controlled manner and after what delay it remains effective.

The findings concerning INMI's mental representation were partially in line with our hypotheses. Tempo and key from the participants' production were similar to the original songs', which parallels findings stemming from studies interested in the voluntary

recuperation of these characteristics. However, timbre descriptions were generally much further off. Also, musicians performed better than non-musicians in the key and timbre analyses, but not in the tempo analyses. Factors such as the familiarity of the stimuli, as well as the impact of musical expertise on musical mental imagery and memory abilities have been suggested to explain these discrepancies. Future studies could assess the impact of each of these factors more specifically.

## **Notes**

1. Three participants reported imaging a friend's voice and six reported imaging both their voice and the singer's voice at the same time, which explains why the totals are not 100%.

## **Ethical approval**

Ethical approval for this project was given by Le comité d'éthique de la recherche de la faculté des arts et des sciences, Université de Montréal [CÉRFAS-2010-11-058-A].

## **Acknowledgments**

We would like to thank Bernard Bouchard for his invaluable work, as well as Francine Giroux for her helpful advice. Many thanks also to Marie-Andrée Lebrun and Philippe Fournier for their insightful comments.

## **Funding**

This work was funded by a grant from the Natural Sciences and Engineering Research Council of Canada (NSERC). The first author was supported by studentships from NSERC and the Fonds Québécois de Recherche en Nature et Technologies (FQRNT).

## References

- ADISQ. (2008). Rétrospective 2008 - Top 100 BDS Francophone, Top 100 BDS Anglophone. *Le Palmarès*, 14(45), 4-5.
- Altéry, M. (2001). Do-ré-mi. On *La Mélodie du Bonheur*. Sony Music Canada.
- American Psychiatric Association. (2013). *Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders (DSM-5®)*: American Psychiatric Pub.
- Bailes, F. (2007). Timbre as an elusive component of imagery for music. *Empirical Musicology Review*, 2(1), 21-34.
- Beaman, C. P., & Williams, T. I. (2010). Earworms ('song stuck syndrome'): Towards a natural history of intrusive thoughts. *British Journal of Psychology*, 101(4), 637-653. doi: <http://dx.doi.org/10.1348/000712609X479636>
- Bennett, S. (2002). Musical imagery repetition (MIR). *Cambridge: Cambridge*.
- Bergeson, T. R., & Trehub, S. E. (2002). Absolute pitch and tempo in mothers' songs to infants. *Psychological Science*, 13(1), 72-75. doi: <http://dx.doi.org/10.1111/1467-9280.00413>
- Berntsen, D. (2009). *Involuntary autobiographical memories: An introduction to the unbidden past*: Cambridge University Press.
- Berntsen, D. (2010). The Unbidden Past Involuntary Autobiographical Memories as a Basic Mode of Remembering. *Current Directions in Psychological Science*, 19(3), 138-142.
- Brown, S. (2006). The perpetual music track: The phenomenon of constant musical imagery. *Journal of Consciousness Studies*, 13(6), 43-62.
- Byron, T. P., & Fowles, L. C. (2013). Repetition and recency increases involuntary musical imagery of previously unfamiliar songs. *Psychology of Music*. doi: 10.1177/0305735613511506
- Dalla Bella, S., Giguère, J.-F., & Peretz, I. (2007). Singing proficiency in the general population. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 121(2), 1182-1189.
- Dion, C. (1997). My heart will go on. On *Titanic: Music from the Motion Picture*. Sony Classical / Sony Music Soundtrax.
- Drake, C., & Botte, M.-C. (1993). Tempo sensitivity in auditory sequences: Evidence for a multiple-look model. *Perception & Psychophysics*, 54(3), 277-286.
- Ebbinghaus, H. (1913). *Memory: A contribution to experimental psychology*: Teachers college, Columbia university.
- Evers, S., & Ellger, T. (2004). The clinical spectrum of musical hallucinations. *Journal of the neurological sciences*, 227(1), 55-65.
- Floridou, G. A., Williamson, V. J., & Müllensiefen, D. (2012). Contracting earworms: The roles of personality and musicality. *Proceedings of ICMPC-ESCOM*, 12, 302-310.
- Friberg, A., & Sundberg, J. (1995). Time discrimination in a monotonic, isochronous sequence. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 98(5), 2524-2531.
- Frieler, K., Fischinger, T., Schlemmer, K., Lothwesen, K., Jakubowski, K., & Müllensiefen, D. (2013). Absolute memory for pitch: A comparative replication of Levitin's 1994 study in six European labs. *Musicae Scientiae*, 17(3), 334-349. doi: <http://dx.doi.org/10.1177/1029864913493802>
- Halpern, A. R. (1989). Memory for the absolute pitch of familiar songs. *Mem Cognit*, 17(5), 572-581. doi: <http://dx.doi.org/10.3758/BF03197080>

- Halpern, A. R., & Bartlett, J. C. (2011). The persistence of musical memories: A descriptive study of earworms. *Music Perception*, 28(4), 425-431. doi: <http://dx.doi.org/10.1525/mp.2011.28.4.425>
- Halpern, A. R., & Mullensiefen, D. (2008). Effects of timbre and tempo change on memory for music. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 61(9), 1371-1384. doi: <http://dx.doi.org/10.1080/17470210701508038>
- Hébert, S., Béland, R., Beckett, C., Cuddy, L. L., Peretz, I., & Wolforth, J. (2008). A case study of music and text dyslexia. *Music Perception*, 25(4), 369-381.
- Hebert, S., & Peretz, I. (1997). Recognition of music in long-term memory: Are melodic and temporal patterns equal partners? *Mem Cognit*, 25(4), 518-533. doi: <http://dx.doi.org/10.3758/BF03201127>
- Hermesh, H., Konas, S., Shiloh, R., Reuven, D., Marom, S., Weizman, A., & Gross-Isseroff, R. (2004). Musical hallucinations: prevalence in psychotic and nonpsychotic outpatients. *Journal of Clinical Psychiatry*, 65(2), 191-197.
- Hyde, K. L., & Peretz, I. (2004). Brains that are out of tune but in time. *Psychological Science*, 15(5), 356-360.
- Hyman, I. E., Burland, N. K., Duskin, H. M., Cook, M. C., Roy, C. M., McGrath, J. C., & Roundhill, R. F. (2013). Going gaga: Investigating, creating, and manipulating the song stuck in my head. *Applied Cognitive Psychology*, 27(2), 204-215. doi: <http://dx.doi.org/10.1002/acp.2897>
- Jakubowski, K., & Mullensiefen, D. (2013). The influence of music-elicited emotions and relative pitch on absolute pitch memory for familiar melodies. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 66(7), 1259-1267. doi: <http://dx.doi.org/10.1080/17470218.2013.803136>
- Kellaris, J. J. (2001). *Identifying properties of tunes that get stuck in your head: toward a theory of cognitive itch*. Paper presented at the Proceedings of the Society for Consumer Psychology Winter 2001 Conference, 66-67. Scottsdale, AZ: American Psychological Society.
- Kvavilashvili, L., & Mandler, G. (2004). Out of one's mind: A study of involuntary semantic memories. *Cognitive Psychology*, 48(1), 47-94. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/S0010-0285%2803%2900115-4>
- Levitin, D. J. (1994). Absolute memory for musical pitch: Evidence from the production of learned melodies. *Perception & Psychophysics*, 56(4), 414-423. doi: <http://dx.doi.org/10.3758/BF03206733>
- Levitin, D. J. (2006). *This is your brain on music: The science of a human obsession*. New York, NY: Dutton/Penguin Books; US.
- Levitin, D. J., & Cook, P. R. (1996). Memory for musical tempo: Additional evidence that auditory memory is absolute. *Perception & Psychophysics*, 58(6), 927-935. doi: <http://dx.doi.org/10.3758/BF03205494>
- Liikkanen, L. A. (2012a). Inducing involuntary musical imagery: An experimental study. *Musicae Scientiae*, 16(2), 217-234. doi: <http://dx.doi.org/10.1177/1029864912440770>
- Liikkanen, L. A. (2012b). Musical activities predispose to involuntary musical imagery. *Psychology of Music*, 40(2), 236-256. doi: <http://dx.doi.org/10.1177/0305735611406578>
- Mace, J. H. (2007). *Involuntary memory*. Malden: Blackwell Publishing.

- Müllensiefen, D., Gingras, B., Stewart, L., & Musil, J. (2011). The Goldsmiths Musical Sophistication Index (Gold-MSI): Technical Report and Documentation v0. 9. *London: Goldsmiths, University of London*. URL: [http://www. gold. ac. uk/music-mind-brain/gold-msi](http://www.gold.ac.uk/music-mind-brain/gold-msi).
- Peretz, I., Gaudreau, D., & Bonnel, A.-M. (1998). Exposure effects on music preference and recognition. *Mem Cognit*, 26(5), 884-902. doi: <http://dx.doi.org/10.3758/BF03201171>
- Praharaj, S. K., Goyal, N., Sarkar, S., Bagati, D., Sinha, P., & Sinha, V. K. (2009). Musical obsession or pseudohallucination: Electrophysiological standpoint. *Psychiatry and Clinical Neurosciences*, 63(2), 230-234.
- Reno, G. (2006). Promenade en traîneau. On *Joyeux Noël*. Mérite.
- Roth, M., Puymartin, J.-P., Felinie, M., Elias, M., & Curtil, E. (2003). L'amour brille sous les étoiles. On *Le Roi Lion*. Disney Records.
- Sacks, O. (2010). *Musicophilia: Tales of music and the brain*: Vintage Canada.
- Schellenberg, E., Iverson, P., & McKinnon, M. C. (1999). Name that tune: Identifying popular recordings from brief excerpts. *Psychonomic Bulletin & Review*, 6(4), 641-646. doi: <http://dx.doi.org/10.3758/BF03212973>
- Schellenberg, E., Stalinski, S. M., & Marks, B. M. (2014). Memory for surface features of unfamiliar melodies: Independent effects of changes in pitch and tempo. *Psychological Research*, 78(1), 84-95. doi: <http://dx.doi.org/10.1007/s00426-013-0483-y>
- Schellenberg, E., & Trehub, S. E. (2003). Good pitch memory is widespread. *Psychological Science*, 14(3), 262-266. doi: <http://dx.doi.org/10.1111/1467-9280.03432>
- Simard, R. (1996). Chante la la la. On *1971-1996: 25 ans de carrière*. Pub Tele.
- Ward, W. D., & Burns, E. M. (1999). Absolute pitch. *The psychology of music*, 2, 265-298.
- Williams, T. I. (2015). The classification of involuntary musical imagery: The case for earworms. *Psychomusicology: Music, Mind, and Brain*, 25(1), 5.
- Zungu-Dirwayi, N., Hugo, F., van Heerden, B. B., & Stein, D. J. (1999). Are musical obsessions a temporal lobe phenomenon? *The Journal of neuropsychiatry and clinical neurosciences*, 11(3), 398-400.



## **Chapitre 3 : Mémorabilité et potentiel d'IMIN**

Dans l'étude présentée au Chapitre 2, ainsi que dans le reste de la littérature, les pièces rapportées comme épisodes d'IMIN sont très variables (Beaman & Williams, 2010; Halpern & Bartlett, 2011; Hyman et al., 2013) et semblent plutôt refléter les habitudes d'écoute et les goûts individuels des participants que des caractéristiques musicales spécifiques. C'est pourquoi, dans le présent chapitre, nous adressons la question des caractéristiques reliées au potentiel d'IMIN dans un environnement plus contrôlé. Au-delà de la familiarité et de l'appréciation d'une pièce, existe-t-il d'autres caractéristiques pouvant prédire le potentiel d'induction? Dans les études d'induction expérimentale, aucune caractéristique musicale n'a été adressée à ce jour. Cependant, certains phénomènes mnésiques ont été mis en évidence (c.-à-d. effet de récence, effet de familiarité, effet Zeigarnik; voir la section traitant de l'induction dans le premier chapitre). Il est donc légitime de poser l'hypothèse qu'une pièce plus mémorable aurait un meilleur potentiel d'IMIN. Si tel est le cas, la littérature concernant la mémoire musicale volontaire pourra guider notre quête d'un inducteur d'IMIN efficace.

L'objectif du présent projet était de vérifier la concordance entre le potentiel d'IMIN et la mémorabilité d'une pièce, tout en contrôlant les variables pouvant affecter l'encodage. En effet, ces variables sont multiples dans un contexte écologique: l'expérience de l'individu avec le genre musical de la pièce ainsi qu'avec la pièce elle-même, le contenu et la réponse émotionnels, le contexte d'écoute et les associations mnésiques faites avec d'autres stimuli de l'environnement, l'attention portée à la pièce, les caractéristiques de la pièce (p. ex. le contexte tonal, la présence de paroles, la répétition), etc (Voir Halpern & Bartlett, 2010 pour un résumé). Ainsi, dans un premier temps, nous avons demandé à des Québécois francophones d'évaluer des pièces populaires des palmarès radiophoniques francophones quant à leur niveau de familiarité, d'appréciation et de potentiel d'IMIN. Nous avons ensuite utilisé les résultats pour sélectionner des stimuli à faible et fort potentiel d'IMIN, que nous avons présentés à d'autres participants francophones nés au Québec. Nous avons vérifié la différence de mémorabilité entre ces deux types de stimuli avec une tâche de rappel libre et de reconnaissance. Étant donné que toutes les pièces avaient eu une fréquence de rotation radiophonique élevée durant les dernières années, un contrôle était exercé sur le niveau d'exposition aux pièces, et donc sur la familiarité. La récence de l'exposition (c.-à-d. durant la phase de familiarisation), le genre musical (c.-à-d. populaire québécois) et le contexte tonal

(c.-à-d. tonal, par opposition à atonal) ainsi que la présence de paroles (c.-à-d. paroles francophones) étaient aussi contrôlés. Cependant, plusieurs caractéristiques variaient toujours entre les participants (c.-à-d. celles ayant trait au contexte passé d'écoute, aux liens mnésiques créés, à la réponse émotionnelle, etc). C'est pourquoi nous avons aussi évalué des participants non-francophones pour qui les pièces n'étaient pas familières. Notre hypothèse était que les pièces évaluées comme ayant un plus fort potentiel d'IMIN seraient mieux rappelées et reconnues que celles ayant un faible potentiel.

## 1. Étude préliminaire

Dans le but de bien sélectionner les stimuli pour les expérimentations en laboratoire qui suivent, nous avons mené une étude préliminaire par sondage en ligne où nous avons demandé à des participants francophones de 18 à 50 ans nés au Québec, d'évaluer la familiarité, leur appréciation et le potentiel d'IMIN de chansons francophones populaires.

### 1.1 Méthodologie

#### 1.1.1 Stimuli et procédure.

Nous avons consulté le rapport de Gignac (2010) reconstituant les palmarès radiophoniques de la chanson populaire francophone au Québec de 1949 à 2009. Étant donné l'étendue d'âge ciblée de nos participants, nous avons conservé les extraits des décennies 1990 et 2000, pour s'assurer d'un niveau de familiarité maximal. Nous avons sélectionné 75 pièces pour chacune des décennies en privilégiant celles qui étaient demeurées le plus longtemps à la première position du palmarès. Dans la décennie 2000, des pièces ayant atteint la 2<sup>ème</sup> position ont aussi dû être sélectionnées en privilégiant celles qui étaient demeuré le plus longtemps dans le « top 50 », étant donné que seulement 59 pièces avaient atteint la première position au palmarès. Le temps passé au palmarès était équivalent, en moyenne, entre les deux décennies (1990:  $33.19 \pm 10.79$  semaines et 2000:  $32.99 \pm 5.34$  semaines,  $p = .886$  pour le test-t les comparant). Des extraits de 15 secondes ( $15.11 \pm 0.35$ ) de la version originale en format mp3 (tirée des albums originaux ou achetés en format numérique) correspondant au début du

refrain, ont été découpés. Les participants devaient écouter ces 150 extraits, au sein d'un sondage en ligne, et évaluer leur niveau de familiarité, d'appréciation (à quel point aimez-vous cette pièce?) et de potentiel d'IMIN (à quel point cet extrait est-il susceptible de vous revenir en tête après l'avoir entendu?), sur une échelle Likert de 1 = pas du tout à 5 = énormément.

### **1.1.2 Participants.**

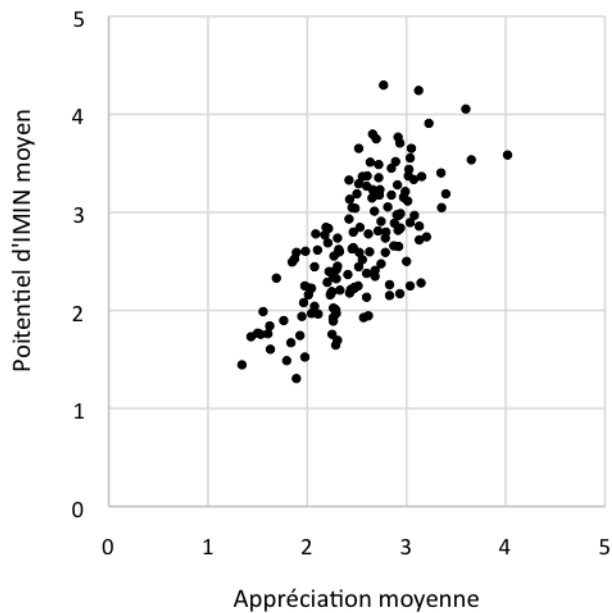
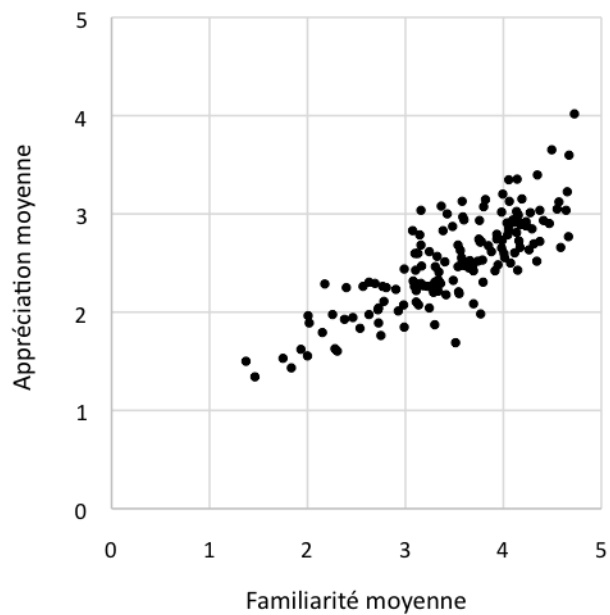
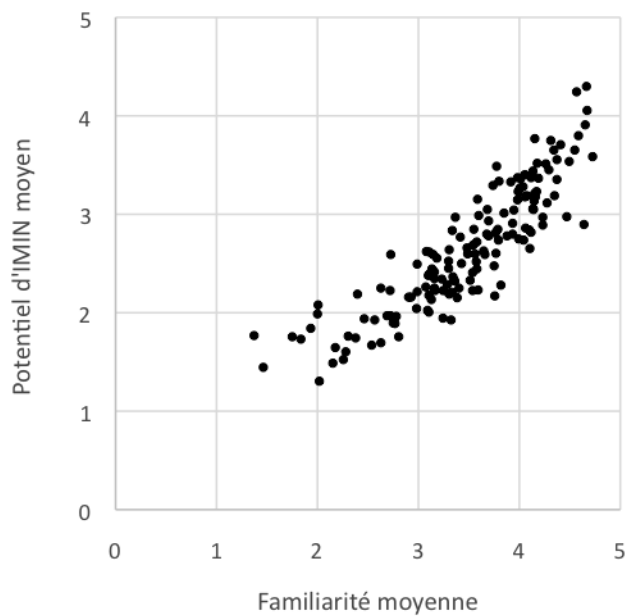
Les critères de sélection des participants étaient: être né au Québec et y résider, et avoir entre 18 et 50 ans. Lors de l'Étude 1 décrite ci-bas, 125 participants avaient complété l'étude préliminaire, mais un total de 164 participants y a pris part avant le début de l'Étude 2. Ici, nous décrirons les caractéristiques des participants et les résultats de l'échantillon total. Cent vingt-et-une femmes et 43 hommes de  $29.81 \pm 7.87$  ans en moyenne ont répondu au sondage. La plupart des participants avaient une scolarité de niveau universitaire (42.7% baccalauréat, 29.3% maîtrise ou doctorat), 24.4% de niveau collégial et 3.7% de niveau secondaire. L'échantillon est donc plus féminin et plus scolarisé que la moyenne québécoise (29.4% des 25-64 ans avaient un diplôme universitaire en 2012; Institut de la Statistique du Québec, 2014).

## **1.2 Résultats**

Les résultats détaillés des 150 items évalués durant l'étude sont présentés en annexe de la présente thèse. Les scores moyens de potentiel d'IMIN des items étaient suffisamment variables et étendus ( $M = 2.66$ ;  $\acute{E}-T = 0.63$ ;  $\acute{E}tendue = 1.3 - 4.3$ ) pour pouvoir les séparer en groupes de faible et fort potentiel. De plus, comme on peut le voir dans les graphiques ci-dessous (Figure 3), le potentiel d'IMIN était fortement corrélé au niveau de familiarité moyen ( $r = .88$ ,  $p < .001$ ) ainsi qu'au niveau d'appréciation moyen ( $r = .70$ ,  $p < .001$ ) des différentes pièces. Ces résultats sont peu surprenants étant donné que les pièces rapportées comme épisodes d'IMIN dans la littérature sont généralement familières (Bailes, 2007a; Beaman & Williams, 2010; Halpern & Bartlett, 2011; Hyman et al., 2013) et les épisodes sont perçus comme étant agréables la plupart du temps (Beaman & Williams, 2010; Halpern & Bartlett, 2011; Hyman et al., 2013; Liikkanen, 2012b).

Figure 3.

*Familiarité, appréciation et potentiel d'IMIN moyen pour chacun des 150 items évalués ainsi que les corrélations entre ces variables.*



La présente étude repose sur l'hypothèse que les gens ont la capacité d'évaluer de manière juste le potentiel d'IMIN de pièces musicales, ce qui n'a pas encore été investigué directement. Qu'est-ce que les gens évaluent lorsqu'ils évaluent le potentiel d'IMIN? Caractérisent-ils automatiquement le potentiel d'IMIN comme étant fort lorsque les pièces sont familières et appréciées ou incluent-ils d'autres variables dans leur processus d'évaluation (p. ex. tentent-ils de se remémorer un épisode d'IMIN de cette pièce)? Pour déterminer si la familiarité et l'appréciation sont nécessaires et/ou suffisantes pour expliquer la manière dont les gens évaluent le potentiel d'IMIN, une régression linéaire a été exécutée sur les cotations individuelles ( $n = 24\ 600$ ). Celles-ci ont été utilisées au lieu des moyennes des items, étant donné la grande variabilité inter-sujet dans les scores des trois variables, ainsi que pour fournir une plus grande puissance statistique. Tel qu'observé dans le tableau 3, les deux variables contribuent à expliquer 40.1% de la variance du potentiel d'IMIN,  $F(2, 24\ 597) = 8221.1$ ,  $p < .001$ . La familiarité explique une plus grande part de cette variance que l'appréciation (11.6% versus 5.6%). Cependant, 60% de variance demeure inexpliquée. On peut donc conclure que l'évaluation du potentiel d'IMIN est relativement complexe et repose sur plusieurs variables dont la plupart est présentement indéterminée. Certaines de ces variables pourraient appartenir aux items en tant que tel et c'est ce que nous avons exploré dans les trois études suivantes.

Tableau 3.

*Résultats de la régression linéaire sur le potentiel d'IMIN, avec le niveau de familiarité et d'appréciation comme prédicteurs.*

	B	Erreur standard	Beta	T	<i>p</i>
(Constante)	.460	.019	-	24.829	< .001
Familiarité	.400	.006	.419	68.990	< .001
Appréciation	.320	.007	.290	47.713	< .001

## **2. Étude 1: Relation entre le potentiel d'IMIN et la mémorabilité chez des sujets francophones**

Dans l'étude 1, la mémorabilité de pièces évaluées comme ayant un fort potentiel d'IMIN a été comparée à celle de pièce ayant un faible potentiel d'IMIN, à l'aide d'une tâche de rappel libre et de reconnaissance. Des sujets francophones ont été utilisés pour que les stimuli leur soient très familiers, de manière plutôt homogène. Nous avons posé l'hypothèse que les pièces ayant un fort potentiel d'IMIN seraient mieux rappelées et reconnues que les pièces ayant un faible potentiel d'IMIN.

### **2.1 Méthodologie**

#### **2.1.1 Participants.**

Un échantillon de convenance de 15 participants (9 femmes, 6 hommes) a été constitué. Ils avaient 24.7 ans en moyenne (21 à 31 ans) et étaient tous des étudiants universitaires (10 au baccalauréat et 5 aux études supérieures). En moyenne, ils jouaient d'un instrument de musique depuis 7.7 ans (É-T : 5.6; étendue = 0 – 15). Les critères d'inclusion étaient d'avoir le français comme langue maternelle et d'être né au Québec.

#### **2.1.2 Matériel.**

Au moment de faire l'Étude 1, 124 participants avaient complété l'étude préliminaire. Les pièces ayant obtenu un score de familiarité médian de 4 ou 5 ont été sélectionnées. Elles ont été ensuite divisées en trois groupes selon le potentiel d'IMIN : Faible (médiane de 2; 27 extraits), modéré (médiane de 3; 28 extraits) et fort (médiane de 4 ou 5; 27 extraits).

#### **2.1.3 Procédure.**

La tâche était constituée de deux phases. Dans un premier temps, les participants écoutaient les extraits à faible et fort potentiel d'IMIN un à la suite de l'autre, dans un ordre randomisé, et les évaluaient sur leur niveau de familiarité (Échelle Likert: 1 = pas du tout à 5 = énormément). On leur demandait ensuite de chanter tous les extraits dont ils se rappelaient (c.-



à-d. rappel libre). Dans un second temps, on leur présentait la moitié des extraits à fort potentiel d'IMIN et la moitié des extraits à faible potentiel d'IMIN, ainsi que tous les extraits à potentiel modéré (c.-à-d. les distracteurs). Ils devaient indiquer si oui ou non ils avaient entendu l'extrait durant la phase de présentation préalable. Les participants étaient testés individuellement et leurs productions à la tâche de rappel libre étaient enregistrées à l'aide d'un microphone Shure et du logiciel Pro Tools LE 7.4.2.

#### **2.1.4 Analyses.**

Pour le rappel libre, les productions des participants étaient écoutées et les chansons identifiées. Pour la reconnaissance, les bonnes réponses (BR) et les fausses alertes (FA) étaient compilées. Une ANOVA à mesures répétées était utilisée pour comparer la familiarité des extraits à faible et à fort potentiel d'IMIN pour chaque participant. Des ANOVAS à mesures répétées étaient aussi utilisées pour comparer le nombre d'extraits à faible et à fort potentiel d'IMIN qui avaient été rappelés et reconnus. S'il y avait une différence de familiarité entre les groupes de stimuli, des ANCOVAs à mesures répétées étaient exécutées sur le nombre d'items rappelés et reconnus, avec la familiarité comme covariable.

## **2.2 Résultats et discussion**

Les résultats des trois études sont présentés dans le Tableau 4. Dans la tâche de rappel libre, les participants ont rappelé plus d'extraits à fort qu'à faible potentiel d'IMIN,  $F(1, 28) = 35.32, p < .001, \eta^2 = .558$ . Cependant, les participants étaient significativement plus familiers avec les extraits à fort qu'à faible potentiel d'IMIN,  $F(1, 14) = 105.67, p < .001, \eta^2 = .883$ . Il est possible que cette différence ait biaisé les résultats. Cependant, même en contrôlant l'effet de cette variable avec une ANCOVA, les extraits à fort potentiel demeuraient mieux rappelés que les autres,  $F(1, 27) = 19.43, p < .001, \eta^2 = .418$ . Cela suggère que le potentiel d'IMIN a contribué de manière importante, au-delà de l'avantage conféré par le niveau de familiarité plus élevé, au rappel libre des chansons. Dans la tâche de reconnaissance, les participants ont fait plus de BR pour les extraits à fort qu'à faible potentiel d'IMIN,  $F(1, 28) = 7.33, p = .011, \eta^2 = .208$ . Dans ce cas-ci, lorsque la familiarité a été ajoutée en covariable dans l'analyse, l'effet du potentiel d'IMIN a disparu ( $F < 1$ ).

Ces derniers résultats pourraient être interprétés de deux manières; soit le potentiel d'IMIN n'influence pas l'habileté des participants à reconnaître les chansons alors qu'elle influence leur habileté à les rappeler, soit l'impact de la familiarité est différent dans les deux tâches et obscurcit l'impact du potentiel d'IMIN dans la tâche de reconnaissance. Plus précisément, il est possible que la tâche de reconnaissance ait été trop facile (c.-à-d. performance moyenne de  $88.4\% \pm 8.4\%$ ), n'offrant pas suffisamment de puissance statistique pour faire ressortir l'effet de la familiarité et du potentiel d'IMIN (c.-à-d. pas assez d'items non-reconnus). Dans le but d'éliminer complètement l'effet confondant de la familiarité, une étude similaire a été menée auprès de participants non-francophones rapportant ne pas écouter de musique francophone. Les stimuli devraient donc être tous non-familiers, éliminant ainsi la différence de familiarité entre les extraits à fort et faible potentiel d'IMIN.

Tableau 4.

*Valeurs de familiarité, de rappel libre et de reconnaissance des items à faible (Fa) et fort (Fo) potentiel d'IMIN et résultats des analyses statistiques dans les études 1, 2 et 3. La covariable correspond au niveau de familiarité.*

	Familiarité		Rappel libre		Reconnaissance		
	Moyenne (Écart-type)	ANOVA	Moyenne (Écart-type)	ANOVA	Bonnes réponses (%) Moyenne (Écart-type)	ANOVA	Fausses alertes (%) Moyenne (Écart-type)
Étude 1	Fa = 2.41 (0.68) Fo = 3.51 (0.53)	$p < .001$	Fa = 0.73 (1.16) Fo = 5.87 (3.14)	$p < .001$ (avec covariable)	Fa = 80.00% (14.08%) Fo = 90.95% (6.87%)	$p = .879$ (avec covariable)	15.00% (12.53%)
Étude 2	Fa = 1.19 (0.22) Fo = 1.35 (0.38)	$p = .010$	Fa = 0.25 (0.44) Fo = 0.61 (0.74)	$p = .054$ (avec covariable)	Fa = 57.97% (24.64%) Fo = 77.47% (19.07%)	$p = .005$ (avec covariable)	15.52% (11.43%)
Étude 3	Fa = 1.38 (0.35) Fo = 1.41 (0.36)	$p = .743$	Fa = 0.06 (0.24) Fo = 0.56 (0.86)	$p = .023$	Fa = 64.81% (24.35%) Fo = 68.52% (17.28%)	$p = .602$	24.39% (12.61%)

## **3. Étude 2: Relation entre le potentiel d'IMIN et la mémorabilité chez des sujets non-francophones**

### **3.1 Méthodologie**

#### **3.1.1 Participants.**

Les caractéristiques des participants sont présentées dans le Tableau 5. Vingt-huit participants ont été recrutés par le biais d'annonces sur des sites d'annonces classées. Les critères d'inclusion étaient: avoir n'importe quelle langue, sauf le français, comme langue maternelle, comprendre suffisamment bien l'anglais et ne jamais, ou rarement, écouter de musique francophone.

#### **3.1.2 Matériel.**

L'étude préliminaire avait maintenant été complétée par les 164 participants (voir les résultats de l'étude préliminaire). Trois nouveaux groupes de 26 stimuli ont donc été créés: ceux ayant un potentiel d'IMIN faible (médiane de 1 ou 2 et mode de 1), modéré (médiane de 3 et mode de 3 ou 4) et fort (médiane et mode de 4 ou 5).

#### **3.1.3 Procédure et analyses.**

La procédure et les analyses statistiques étaient les mêmes que celles de l'Étude 1. Cependant, dans le but d'évaluer la reconnaissance de tous les stimuli (et non de seulement la moitié), deux versions parallèles (A et B) de la tâche de reconnaissance ont été utilisées, une avec la moitié des anciens stimuli et l'autre avec l'autre moitié. Des analyses préliminaires ont démontré qu'il n'y avait aucune différence entre les versions A et B. Les résultats sont donc regroupés, peu importe la version.

Tableau 5.

*Caractéristiques des participants des études 2 et 3. Les degrés de liberté sont corrigés pour variances inégales lorsqu'approprié.*

	Étude 2	Étude 3	Statistiques
N	28	18	
Sexe, femme/home	19/9	14/4	$\chi^2 < 1$
Âge, Moyenne (Étendue)	22.5 (17 - 44)	23.3 (19 - 38)	$t < 1$
Langue maternelle: Anglais	60.7%	55.6%	
Mandarin/Cantonais	25.0%	16.7%	$\chi^2 = 1.42, p = .492$
Autre	14.3%	27.8%	
Nombre d'années de scolarité, Moyenne (Écart-type)	15.4 (2.3)	16.6 (3.1)	$t(44) = 1.57, p = .124$
Nombre d'année de pratique instrumentale, Moyenne (Écart-type)	15.4 (9.0)	17.7 (8.6)	$t < 1$
Nombre d'années de cours de musique, Moyenne (Écart-type)	5.6 (5.2)	3.4 (4.2)	$t(41.41) = 1.53, p = .134$
Nombre d'heures par semaine d'écoute musicale, Moyenne (Écart-type)	12.5 (13.8)	13.2 (9.2)	$t < 1$

### 3.2 Résultats et discussion

Les résultats des trois études sont présentés dans le Tableau 4. Dans la tâche de rappel libre, plus d'extraits à fort qu'à faible potentiel ont été rappelés,  $F(1, 54) = 4.84, p = .032, \eta^2 = .082$ . Cependant, une petite différence de familiarité a subsisté entre les groupes de stimuli,  $F(1, 27) = 7.77, p = .010, \eta^2 = .224$ . Lorsque la familiarité a été ajoutée en covariable dans l'analyse, l'avantage des extraits à fort potentiel a persisté,  $F(1, 53) = 3.87, p = .054, \eta^2 = .068$ , mais de manière plutôt marginale. La performance globale était cependant très faible (0.8 chansons rappelées en moyenne). En effet, dix des participants (35.7%) n'ont rappelé aucune pièce et les autres rappelaient généralement la dernière pièce entendue (11 des 24 extraits rappelés), la plus familière (10 des 24 extraits) ou la première entendue (1 des 24 pièces). Étant donné cette performance de niveau plancher, les résultats ne sont pas très parlants et demeurent difficiles à interpréter. Les résultats de la tâche de reconnaissance sont plus intéressants. En effet, plus d'extraits à fort qu'à faible potentiel d'IMIN ont été reconnus,  $F(1, 54) = 10.98, p = .002, \eta^2 = .169$ , et la différence est demeurée significative lorsque la familiarité a été ajoutée en covariable,  $F(1, 53) = 8.41, p = .005, \eta^2 = .137$ .

Malgré qu'il subsistait une différence de familiarité entre les groupes de stimuli, la taille d'effet était beaucoup plus petite (22.4%) que dans l'Étude 1 (88.3%), permettant à l'effet du potentiel d'IMIN d'être mis en évidence, du moins dans la tâche de reconnaissance. En effet, les items ayant été évalués par une majorité de personnes comme ayant un fort potentiel d'IMIN ont, tel que prévu, été mieux reconnus que ceux ayant un faible potentiel. Ainsi, le protocole peut maintenant être utilisé pour investiguer plus en détails les caractéristiques qui définissent le potentiel d'IMIN. Si la même procédure est utilisée chez des participants provenant de la même population avec les mêmes items, mais en contrôlant certaines caractéristiques, il sera possible de comparer les résultats à ceux de l'Étude 2. L'importance de ces caractéristiques pour le potentiel d'IMIN pourra en être déduite. Une troisième expérience a donc été réalisée pour adresser l'importance du timbre. Les mélodies de l'Étude 2 ont donc été enregistrées dans une version exclusivement vocale. La voix a été choisie dans le but de maximiser l'encodage (Weiss, Trehub, & Schellenberg, 2012) et de garder les stimuli les plus écologiquement valides que possible.

## **4. Étude 3: Impact du timbre sur la relation entre le potentiel d'IMIN et la mémorabilité**

### **4.1 Méthodologie**

#### **4.1.1 Participants.**

Les 18 participants ont été recrutés par le biais d'annonces et les critères d'inclusion étaient les mêmes que dans l'Étude 2. Il n'y avait pas de différence entre les participants des deux études en termes d'âge, de sexe, de langue maternelle, de scolarité, de pratique et d'écoute musicale (voir tableau 5).

#### **4.1.2 Matériel.**

Les lignes vocales de tous les stimuli de l'Étude 2 ont été transcrites à l'aide du logiciel Sibelius 6, puis, enregistrées par une seule chanteuse dans la tonalité originale et au tempo original. La précision tonale a été corrigée à l'aide du logiciel Melodyne 3.2. Six extraits ont été éliminés puisqu'ils contenaient de longues pauses silencieuses ou qu'ils étaient trop difficiles à reproduire adéquatement. Les groupes de stimuli étaient constitués de 24 extraits chacun. La longueur, le nombre de notes, le tempo et la tonalité des stimuli à faible, modéré et fort potentiel d'IMIN ont été comparés à l'aide d'ANOVAs et le mode à l'aide d'un chi-carré. Aucune différence significative n'a été mise en évidence (tous les  $ps > .1$ ; voir Tableau 6).

#### **4.1.3 Procédure et analyses.**

La procédure et les analyses étaient les mêmes que dans l'Étude 2.

Tableau 6.

*Résultats et analyses pour les différentes variables caractérisant les extraits à faible, modéré et fort potentiel d'IMIN dans l'étude 3.*

	Longueur (secondes)	Notes (nombre)	Tempo (bpm)	Tonalité (niveau, do = 1)	Mode (N, maj/min)
Faible	14.94 ± 1.15	26.71 ± 5.10	88.96 ± 19.69	5.96 ± 3.30	20/4
Fort	14.86 ± 0.89	31.04 ± 9.93	98.31 ± 37.85	6.04 ± 3.11	18/6
Modéré	14.88 ± 0.95	28.33 ± 6.59	86.78 ± 16.92	3.51 ± 3.51	18/6
Statistique	F(2, 69) = 0.05	F(2, 69) = 1.62	F(2, 69) = 1.06	F(2, 69) = 1.55	$\chi^2(2) = 0.64$
<i>p</i>	.956	.205	.353	.219	.725



## 4.2 Résultats et discussion

Dans la tâche de rappel libre, les participants ont rappelé plus d'items à fort qu'à faible potentiel d'IMIN,  $F(1, 35) = 5.71, p = .023, \eta^2 = .144$  et il n'y avait aucune différence de familiarité entre les deux groupes de stimuli,  $F < 1$ . Comme dans l'Étude 2, la performance était cependant très faible (0.6 chansons rappelées en moyenne). Dix participants (55.6%) n'ont rappelé aucun item et seulement un participant a rappelé un item à faible potentiel d'IMIN. La plupart des items rappelés étaient soit la dernière pièce entendue (5 des 11 items rappelés), soit la pièce la plus familière (3 des 11 items rappelés). Dans la tâche de reconnaissance, contrairement à l'étude 2, les participants ont reconnu autant d'items à faible qu'à fort potentiel d'IMIN,  $F < 1$ .

Les résultats des études 2 et 3 ont été comparés directement dans le but d'évaluer si les différences observées étaient robustes statistiquement. Le nombre d'items rappelés était similaire,  $t < 1$ , et était globalement caractérisé par un niveau de performance plancher (moins d'une chanson rappelée en moyenne). Dans la tâche de reconnaissance, malgré qu'il y avait plus de fausses alertes dans l'Étude 3 (24.4%) que dans l'Étude 2 (15.5%),  $t(44) = 2.47, p = .018$ , les pourcentages de BR étaient similaires (67.7% et 66.7% dans l'Étude 2 et 3 respectivement,  $t < 1$ ). Des ANCOVAs mixtes avec l'étude (2 versus 3) comme facteur inter-sujet, le *potentiel d'IMIN* (fort versus faible) comme facteur intra-sujet et la *familiarité* comme covariable ont été utilisées pour comparer le nombre d'items rappelés et le pourcentage d'items reconnus. L'effet principal du potentiel d'IMIN était significatif pour les deux mesures,  $F(1, 90) = 9.38, p = .003, \eta^2 = .097$  pour les items rappelés et  $F(1, 90) = 4.58, p = .035, \eta^2 = .050$  pour le pourcentage d'items reconnus. Cependant, ni l'effet principal de l'étude, ni l'interaction entre les deux facteurs n'étaient significatifs pour les deux mesures (tous les  $ps > .15$ ). Cela suggère que dans les deux études, plus d'items à fort qu'à faible potentiel d'IMIN ont été rappelés et reconnus. Malgré que les résultats dans la tâche de reconnaissance diffèrent lorsque les deux études sont analysées séparément (c.-à-d. plus d'items à fort qu'à faible potentiel d'IMIN ont été reconnus dans l'Étude 2, mais pas dans l'Étude 3), l'interaction entre le potentiel d'IMIN et l'étude n'atteint pas le niveau de significativité lorsque les résultats sont ajustés pour la différence de familiarité entre les

groupes de stimuli (qui était petite et significative dans l'Étude 2, mais absente dans l'Étude 3).

Deux interprétations sont possibles: 1) le timbre n'est pas une caractéristique importante pour le potentiel d'IMIN ou 2) la puissance statistique était insuffisante pour faire ressortir la différence escomptée. Dans des études futures, la différence de familiarité entre les groupes de stimuli devra être éliminée et un nombre plus grand de participants devront être évalués pour confirmer les résultats.

## 5. Discussion générale

Globalement, les résultats des deux premières études sont compatibles avec nos hypothèses. En effet, dans les études 1 et 2, les items à fort potentiel d'IMIN étaient mieux rappelés et reconnus que les items à faible potentiel d'IMIN. En dépit du fait que nous avons tenté de contrôler le niveau de familiarité dans la sélection des items et des participants, les items à fort potentiel d'IMIN demeuraient plus familiers pour les participants que les items à faible potentiel d'IMIN. Lorsque l'on décortique les résultats de ces deux études, on observe que, dans l'Étude 1, l'effet du potentiel d'IMIN dans la tâche de rappel libre était important même lorsque corrigé pour la différence de familiarité (42% de variance expliquée) et était très cohérent à travers les participants (c.-à-d. tous les participants ont rappelé plus d'items à fort qu'à faible potentiel d'IMIN). Dans l'Étude 2, les items à fort potentiel d'IMIN étaient, de manière presque aussi stable (pour 22 des 28 participants), mieux reconnus que ceux à faible potentiel et l'effet demeurerait important même lorsque corrigé pour la différence de familiarité (13.7% de variance expliquée).

Cependant, les résultats de la tâche de rappel libre dans l'Étude 2 (et 3) ainsi que ceux de la tâche de reconnaissance dans l'Étude 1 étaient ombragés par un niveau de performance plancher et par l'importante différence de familiarité entre les groupes de stimuli respectivement. Pour rehausser la performance à la tâche de rappel libre dans des études futures, l'encodage pourrait être renforcé en présentant les extraits plus d'une fois durant la phase de familiarisation. Pour éliminer la différence de familiarité, des participants provenant d'un autre pays et n'ayant jamais eu de contacts avec les items, même passivement, pourraient être testés. Une autre option intéressante serait de créer des stimuli en laboratoire et de

demander à des participants du groupe cible de les évaluer sur leur niveau d'appréciation et de potentiel d'IMIN, tel que dans notre étude préliminaire. En plus d'éliminer les problèmes liés à la familiarité, il serait aussi plus facile de contrôler différentes caractéristiques musicales et de reproduire et d'élargir les résultats de l'Étude 3. En effet, malgré que la performance globale fût similaire entre les études 2 et 3, l'effet du potentiel d'IMIN a disparu avec l'uniformisation du timbre (dans l'Étude 3), suggérant que le timbre est une caractéristique importante pour l'IMIN. Cependant, étant donné que l'interaction entre l'effet du potentiel d'IMIN et l'étude n'a pas atteint le niveau de significativité, ce résultat devra être reproduit. D'autres caractéristiques pourraient aussi être investiguées de cette manière, telles que les paroles, le mode ou le tempo par exemple.

Les résultats suggèrent donc que des chansons considérées comme ayant un fort potentiel d'IMIN sont mieux encodées et récupérées en mémoire de manière incidente que des chansons ayant un faible potentiel. Un questionnement persiste quant à la source de cet avantage. Les caractéristiques reconnues comme facilitant la mémorisation de pièces musicales sont de potentiels cibles d'investigation. Plusieurs de ces caractéristiques dépendent de l'individu à l'étude, tel que la familiarité avec la pièce (ou sa "nommabilité" qui en est souvent indissociable; e.g. Bartlett, Halpern, & Dowling, 1995; Dalla Bella, Peretz, & Aronoff, 2003; Korenman & Peynircioğlu, 2004; McAuley, Stevens, & Humphreys, 2004) et avec le système/genre musical de la pièce (e.g. Demorest, Morrison, Jungbluth, & Beken, 2008; Gardiner & Radomski, 1999; Lynch & Eilers, 1992). Dans la présente étude, ces variables ont été contrôlées. D'autres caractéristiques réfèrent plus spécifiquement à la pièce à l'étude, comme le contexte tonal par exemple (versus atonal; Cuddy & Lyons, 1981; Dowling, Kwak, & Andrews, 1995; Halpern, Bartlett, & Dowling, 1995). Plus spécifiquement, Müllensiefen et Halpern (2014) ont évalué les caractéristiques musicales, soit locales (p. ex. le type d'intervalles ou les durées des notes), soit globales (c.-à-d. fréquence et typicalité des caractéristiques locales dans le corpus de référence), qui étaient reliées à la performance mnésique. Une tâche de reconnaissance incluant 40 extraits de la ligne mélodique (jouée au piano) de pièces populaires non-familiales a été utilisée. Les pièces composées de motifs mélodiques uniques mais simples et se répétant à une fréquence similaire au reste de leur corpus d'appartenance étaient les mieux reconnues. Le concept de fluidité perceptive peut aider à interpréter ces résultats. La fluidité perceptive réfère au fait que des stimuli

préalablement perçus, consciemment ou pas, sont plus faciles à percevoir, encoder et traiter que des stimuli jamais perçus (Jacoby & Kelley, 1987). Une pièce ressemblant à son prototype (et donc à plusieurs autres pièces déjà perçues dans le passé) aurait une fluidité perceptive élevée. Une pièce simple est aussi plus facile à traiter et à encoder. D'un autre côté, un motif unique est saillant. Il attire donc l'attention, ce qui priorise son traitement et permet aussi un meilleur encodage. Ces caractéristiques constituent des pistes d'investigation dans la construction d'extraits musicaux qui auront un avantage au plan de l'encodage et de la récupération.

Il est cependant important de noter qu'il existe une faiblesse méthodologique dans les présentes études qui limite l'interprétation des résultats. En effet, la phase de présentation des stimuli était suivie immédiatement des deux tâches mnésiques. Typiquement, lorsqu'une tâche de reconnaissance est utilisée, un délai d'au moins 10 minutes suite à la présentation des stimuli est souhaitable. En évaluant les processus mnésiques immédiatement, le type de mémoire ciblé demeure nébuleux. En effet, la mémoire à court terme est reconnue comme couvrant une période de quelques secondes. L'effet de récence et l'impact de l'interférence sont très forts pour ce type de mémoire. La mémoire à long terme nécessite que l'information soit consolidée, ce qui prend plusieurs minutes. L'effet de récence et d'interférence est beaucoup moins important suite à la consolidation. Dans les études décrites ci-haut, des processus mnésiques différents ont pu opérer sur les items, dépendamment de leur ordre de présentation. En effet, les premiers présentés ont pu commencer à se consolider en mémoire à long terme étant donné le délai (au moins dix minutes entre la présentation et la tâche mnésique) et l'interférence créée par les stimuli suivants. Cependant, les derniers items présentés demeuraient probablement actifs en mémoire à court terme. Cette ambiguïté ne nous permet pas d'affirmer que nos résultats sont applicables à des items encodés en mémoire à long terme. En effet, les processus en jeu et les variables ayant un impact sur la mémoire à court et à long terme sont différents. Dans de futures études, un délai devra être inséré entre la tâche de présentation des stimuli et les tâches mnésiques pour résoudre ce dilemme.

## **Chapitre 4 : Discussion**

Les deux projets décrits précédemment avaient pour objectif d’approfondir les connaissances que nous avons du phénomène extrêmement commun qu’est l’IMIN. Des questions concernant le contenu de l’image mentale, l’induction, la phénoménologie et les processus mnésiques impliqués ont été posées. Les résultats importants en découlant seront abordés tour à tour, ainsi que les limites des études et des pistes d’investigations futures d’intérêt.

## **1. Principaux résultats**

### **1.1 Contenu de l’image mentale**

Les résultats les plus marquants de la présente thèse sont sans doute ceux ayant trait au contenu de l’image mentale. Dans la première étude, présentée au Chapitre 2, la reproduction de la tonalité et du tempo était proche de la version originale, similairement à ce qui avait été préalablement décrit dans la littérature s’intéressant à la récupération volontaire de ces informations. Une seule autre étude très récente s’est intéressée à cette question et ses résultats sont compatibles avec les nôtres. En effet, Jakubowski, Farrugia, Halpern, Sankarpandi et Stewart (2015) ont fourni à leurs participants des accéléromètres en leur demandant de taper le tempo de la pièce qu’ils avaient en tête lors de chaque épisode d’IMIN, sur une période de 4 jours. Ils ont trouvé une forte corrélation entre le tempo reproduit lors de l’épisode d’IMIN et la chanson originale. La tonalité n’a cependant jamais été investiguée systématiquement dans le contexte de l’IMIN. Nos résultats sont compatibles avec ceux obtenus dans la littérature concernant l’imagerie volontaire, sauf l’impact de l’expertise musicale mise en évidence dans notre étude. Plusieurs hypothèses ont été avancées pour expliquer l’écart entre les productions des musiciens et des non-musiciens, mais vu l’état embryonnaire de la recherche à ce sujet, il sera nécessaire de reproduire les résultats avant d’aller plus loin. Un possible écart de familiarité entre les pièces rapportées par les musiciens et les non-musiciens semble être une bonne voie d’investigation. Dans un sondage récent, Hyman et ses collaborateurs (2015) ont notamment trouvé des corrélations entre le niveau de familiarité et la véridicité (c.-à-d. à quel point la pièce en tête ressemble à la pièce originale) rapportés du dernier épisode d’IMIN, ce

qui était aussi corrélé aux habiletés musicales et à l'importance qu'a la musique dans la vie du participant.

Les résultats ayant trait au timbre sont aussi innovateurs. En effet, le timbre des épisodes d'IMIN n'avait pas encore été abordé spécifiquement dans les études utilisant des techniques d'échantillonnage d'expérience. Étant donné que l'IMIN est un phénomène éphémère, les descriptions qui peuvent en être faites à posteriori (c.-à-d. comme dans les études utilisant des sondages) risquent d'être peu précises et teintées par des biais mnésiques et ayant trait aux attentes des participants. Par exemple, Floridou et Müllensiefen (2015) ont noté que les participants rapportant avoir fréquemment des épisodes d'IMIN en avaient aussi fréquemment (c.-à-d. lorsqu'évalué par une procédure d'échantillonnage d'expérience) que ceux rapportant en avoir rarement. La méta-mémoire du phénomène semble donc être peu fiable, du moins chez une proportion significative des individus. Étant donné que le timbre varie beaucoup d'une pièce à l'autre et que les habiletés d'imagerie y ayant trait varient énormément d'une personne à l'autre, il semble nécessaire de l'étudier au moment où l'imagerie se déroule, ce qui a été fait dans la présente étude.

Les timbres décrits, quoique plus véridiques pour les musiciens que pour les non-musiciens, étaient généralement des versions simplifiées des pièces originales, n'incluant qu'une voix et/ou instrument. Il a été proposé que ce résultat, contrastant avec ceux concernant l'imagerie de la tonalité et du tempo, pourrait être expliqué par des contraintes au niveau des fonctions mnésiques et d'imagerie des participants. En effet, le timbre est une caractéristique très complexe à analyser puisqu'elle demande le traitement de plusieurs composantes simultanément, qui sont aussi dynamiques. Le processus d'encodage des informations timbrales précises dans une pièce populaire typique est vraisemblablement long (c.-à-d. nécessitant plusieurs écoutes et un haut niveau de familiarité) et leur récupération exigeante cognitivement. On en connaît encore très peu sur le processus d'encodage des différentes informations musicales lors de l'écoute d'une pièce. Il est reconnu que la tonalité, le tempo et le timbre sont encodés de manière véridique pour des pièces très familières (Creel & Tumlin, 2012; Frieler et al., 2013; Jakubowski & Müllensiefen, 2013; Levitin, 1994; Levitin & Cook, 1996; Schellenberg et al., 1999; Schellenberg & Trehub, 2003). Certaines études démontrent aussi que le tempo et la tonalité sont encodés, au moins grossièrement, après une ou deux

présentations (e.g. Halpern & Müllensiefen, 2008; Schellenberg et al., 2014). Le timbre serait aussi encodé lors de la première écoute, mais les performances à des tâches nécessitant la récupération de cette information sont faibles (Voir Bailes, 2007b; Peretz et al., 1998 par exemple). Qu'en est-il des étapes intermédiaires? À quel moment ou à quel niveau de familiarité ces informations deviennent-elles encodées de manière précise? Des études supplémentaires sont nécessaires pour éclaircir ces questions, mais il est possible que le niveau de familiarité des pièces imagées ait un impact important sur la véridicité du timbre imagé lors d'un épisode d'IMIN.

## **1.2 Induction**

Le développement de techniques d'induction efficaces est nécessaire à l'étude réellement systématique et contrôlée de l'IMIN. En effet, énormément de variables difficiles à identifier et à isoler peuvent influencer la présentation du phénomène dans la vie de tous les jours et sa méta-mémoire semble limitée par certains biais (Voir Floridou & Müllensiefen, 2015 entre autres). La technique développée dans la présente étude a été efficace au moins une fois, pour 12 des 18 participants ayant complété la tâche d'induction. Les quelques autres techniques d'induction développées à ce jour sont difficiles à comparer étant donné l'utilisation de différentes mesures d'efficacité. Ainsi, il est ardu d'identifier les caractéristiques contribuant à leur succès. Néanmoins, notre technique incorporait plusieurs des éléments corrélés à la fréquence d'IMIN dans la littérature; pièces familières, populaires et avec des paroles (Bailes, 2007a, 2015; Beaman & Williams, 2010; Halpern & Bartlett, 2011; Hyman et al., 2013; Liikkanen, 2012b), écoutées répétitivement (Byron & Fowles, 2013) et avec lesquelles les participants s'engageaient activement à travers le chant (Floridou et al., 2012; Floridou, Williamson, Stewart, & Müllensiefen, 2015). Nous proposons que la forte sollicitation de plusieurs systèmes cognitifs simultanément au moment de l'induction ait un impact important sur la réactivation future des pièces en tant qu'épisodes d'IMIN. En effet, dans la présente tâche, les participants devaient reproduire le plus exactement possible des extraits musicaux entendus. Cette tâche est très exigeante cognitivement et nécessite un engagement attentionnel et de mémoire de travail important. De plus, étant donné la



familiarité des extraits, autant la mémoire à court qu'à long terme étaient sollicitées, autant dans son contenu perceptuel (p. ex. encodage et récupération des hauteurs tonales et du rythme), sémantique (p. ex. traitement et intégration des paroles), moteur (p. ex. récupération des schémas moteurs pour le chant) et épisodique (p. ex. récupération automatique d'informations liées aux contextes passés d'écoute de la pièce). L'activation de toutes ces informations simultanément offre un grand nombre de portes d'entrées pour la récupération automatique de ces pièces par la suite. En d'autres mots, un grand nombre de stimuli rencontrés dans l'environnement sont de potentiels déclencheurs d'IMIN pour ces pièces.

Le contexte de récupération des pièces a peu été abordé dans les études s'intéressant à l'induction, notamment parce que le succès de ces techniques n'était évalué que sur les quelques minutes suivant la tâche. Dans ce cas, il est probable que la plupart des pièces demeuraient actives en mémoire à court terme et continuaient à être imagées par les participants suite à leur écoute. Dans la présente étude, le succès de la tâche a été évalué sur une plus longue période de temps, alors que plusieurs matériels auditifs et verbaux ont pu interférer avec l'activation de la pièce musicale en mémoire à court terme. D'autres stimuli ont donc pu déclencher l'épisode d'IMIN, tel que des pensées reliées à l'expérimentation (rapportées par certains de nos participants). Dans de futures études, il pourrait être intéressant d'investiguer plus en profondeur les stimuli qui sont les plus efficaces à déclencher un épisode d'IMIN, séparément de la tâche d'induction en tant que tel qui inclut généralement l'écoute de la pièce. Ces deux contextes de déclenchement de l'IMIN (récupération en mémoire à court et à long terme) sont plausibles dans la vie de tous les jours. En effet, les pièces peuvent continuer à être imagées suite à leur écoute, mais elles peuvent aussi être réactivées des jours, voire même des années plus tard, par un autre stimulus de l'environnement. Il est ainsi pertinent de les étudier séparément et de les comparer, notamment quant aux caractéristiques de l'image mentale résultante. Par exemple, on pourrait poser l'hypothèse que les pièces demeurant actives en mémoire à court terme seraient plus riches au plan du timbre et plus proches de l'originale.

Une technique d'induction courte, facile à implémenter et efficace est aussi un prérequis à l'utilisation de techniques d'imagerie fonctionnelle. Une seule étude très récente s'est intéressée aux réseaux neuronaux sous-tendant potentiellement le phénomène, en ayant

recours à l'imagerie par résonance magnétique structurelle (Farrugia, Jakubowski, Cusack, & Stewart, 2015). Différentes régions d'intérêt, notamment au niveau fronto-temporal (aires impliquées dans la perception et l'imagerie musicale), cingulé (aire impliquée dans le « réseau par défaut » ou *default mode network* qui est activé lors d'activités mentales non-dirigées comme la rêverie) et parahipocampal (aires impliquées dans le traitement émotionnel de la musique), ont ainsi pu être identifiées comme covariant avec certaines caractéristiques auto-rapportées de l'IMIN (c.-à-d. la fréquence et la durée des épisodes d'IMIN, la tendance à évaluer négativement l'IMIN et la propension à trouver l'IMIN utile dans la vie quotidienne; Floridou et al., 2015). L'imagerie fonctionnelle nous permettra de pousser plus loin notre compréhension des réseaux neuronaux impliqués dans le phénomène, notamment le décours temporel de l'activation des différentes zones en corrélation avec la répétition d'un extrait en tête.

### 1.3 Mémorabilité

Les trois études présentées dans le Chapitre 3 de la présente thèse s'intéressaient plus spécifiquement à la mémorabilité des pièces susceptibles de devenir des épisodes d'IMIN. Tel que prédit, les pièces évaluées comme ayant un plus grand potentiel d'IMIN ont été mieux rappelées et reconnues par les participants, qu'elles aient été familières ou non au départ. La tâche utilisée en laboratoire s'intéresse à la facilité avec laquelle une pièce peut être récupérée volontairement en mémoire à long terme et le potentiel d'IMIN représente la probabilité qu'une pièce soit récupérée involontairement en mémoire et qu'elle devienne un épisode d'IMIN. Le lien entre ces deux processus est attendu, étant donné que, globalement, les mêmes caractéristiques sont importantes et les mêmes phénomènes sont observés lors de la récupération volontaire et involontaire de souvenirs (voir Berntsen, 2009 pour un résumé). Par exemple, le pic de réminiscence, c'est-à-dire la prépondérance des souvenirs autobiographiques provenant du début de l'âge adulte, est observée que les souvenirs soient récupérés volontairement ou involontairement (Berntsen & Rubin, 2002). Une pièce plus facilement récupérable volontairement devrait donc aussi l'être involontairement. Nos résultats sont congruents avec cette hypothèse.

Dans le but de sélectionner ou de construire les stimuli les plus efficaces possibles pour induire des épisodes d'IMIN, il est important de comprendre les caractéristiques spécifiques pouvant influencer la mémorabilité des pièces musicales. Ces variables sont multiples et les plus saillantes ont sans doute trait à l'expérience personnelle du participant avec la pièce ou même avec des pièces semblables. Comme ces variables sont difficiles à quantifier, leur impact demeure difficile à évaluer dans un contexte écologique. Une première étape pour étudier le phénomène de manière plus systématique serait de contrôler la plupart de ces variables en tentant d'induire des épisodes d'IMIN en laboratoire à l'aide de pièces nouvellement composées. L'impact des caractéristiques appartenant aux pièces sur leur mémorabilité pourra alors plus facilement être mis en lumière.

Le timbre a notamment été investigué dans la dernière étude du Chapitre 3. En limitant sa variabilité (c.-à-d. toutes les pièces enregistrées en version vocale par une seule chanteuse), on réduit du fait même la saillance de chacune des pièces. Il était donc peu surprenant qu'un nombre plus élevé de faux positifs ait été observé dans la tâche de reconnaissance avec les stimuli en version vocale, en comparaison à la tâche originale. Du même coup, les pièces préalablement évaluées comme ayant plus de potentiel d'IMIN (dans leur version originale) ont perdu leur avantage dans la tâche de reconnaissance. Ces résultats suggèrent que le timbre est une caractéristique importante autant pour la récupération explicite volontaire qu'involontaire de pièces musicales. Comme le timbre consiste en fait en un regroupement de plusieurs caractéristiques spectrales et dynamiques du son, des études plus approfondies devront être menées dans le futur pour comprendre quelles particularités du timbre permettent à une pièce d'être plus facilement encodée et récupérée. La littérature actuelle nous indique déjà que le timbre vocal permet un meilleur encodage de mélodies (Weiss et al., 2012) et que les pièces jouées dans un timbre jugé désagréable sont moins bien récupérées (Warker & Halpern, 2005).

## 2. Limites des études

Les différentes études présentées dans les Chapitres 2 et 3 de cette thèse contiennent certaines limites qu'il importe de mentionner, soit au niveau de la méthodologie, des techniques d'analyse de données privilégiées et de la sélection des participants.

### 2.1 Méthodologie

Certaines faiblesses au plan méthodologique limitent l'interprétation qui peut être faite de certains des résultats. Étant donné l'absence de littérature sur le sujet au moment de la première étude (chapitre 2), la tâche a été développée de façon exploratoire en tentant de considérer le plus grand nombre de facteurs confondants. Les résultats devront donc être reproduits en utilisant une tâche similaire pour s'assurer de leur généralisation. Dans la tâche d'induction, le nombre de fois que les participants écoutaient les pièces n'était pas comptabilisé et l'ordre de présentation n'était pas contrebalancé. Certains participants ont donc pu écouter les pièces plus souvent que d'autres, ce qui pourrait avoir eu un impact sur l'efficacité de la tâche. La dernière pièce était aussi toujours la même, ce qui ne permet pas de confirmer que sa fréquence accrue en tant qu'IMIN était bel et bien due à un effet de récence et pas à des caractéristiques de la pièce en tant que tel. La méthode d'échantillonnage d'expérience par le chant utilisée a pu créer certains biais ou modifier certains paramètres du phénomène. L'impact sur l'IMIN du chant, qu'il soit spontané ou dirigé, a été très peu investigué à ce jour. Müllensiefen et ses collègues (2014) ont récemment trouvé une corrélation entre le fait de chanter fréquemment (tel que rapporté par le participant) et la durée des épisodes d'IMIN. Il est donc possible qu'un changement dans les habitudes de chant (tel qu'induit par la tâche) conduise à des changements dans le phénomène d'IMIN. De plus, les mêmes questionnements ayant trait aux études utilisant des journaux de bord s'appliquent ici. Notamment, le fait de devoir constamment monitorer le contenu de sa pensée pourrait avoir un effet d'amorçage et donc provoquer plus d'épisodes d'IMIN. En d'autres termes, se demander si on a une chanson en tête pourrait être suffisant pour en réactiver une, notamment celles que l'on a tenté d'induire et qui ont un lien direct avec le contexte expérimental qui requiert que le sujet monitore le contenu de ses pensées.

Une autre possibilité est que le fait de monitorer le contenu de sa pensée requiert une activité cognitive importante, ce qui pourrait limiter le nombre d'épisodes d'IMIN. En effet, les épisodes sont plus fréquents lors d'activités peu exigeantes cognitivement (Bailes, 2007a; Liikkanen, 2012b). Cette hypothèse semblait coller aux résultats obtenus dans l'étude de Vanucci Batool, Pelagatti et Mazzoni (2014) s'intéressant aux souvenirs autobiographiques involontaires (SAI). Pendant que les participants accomplissaient une tâche de vigilance, ils devaient rapporter la présence de SAI. Plus de SAI étaient rapportés dans une condition où l'expérimentateur interrompait la tâche pour demander au participant s'il avait un SAI à l'esprit comparée à une condition où le participant devait interrompre lui-même la tâche lorsqu'il était conscient d'un SAI et qu'il devait donc activement monitorer le contenu de ses pensées. Une des hypothèses avancées est que lorsque le participant doit rechercher les SAI continuellement, son système cognitif est très sollicité (notamment ses fonctions exécutives), ce qui pourrait créer de l'interférence face à l'apparition de contenu mental involontaire.

De plus, étant donné qu'il n'existe aucune confirmation objective de la qualité involontaire de l'imagerie musicale rapportée par le participant, il demeure une possibilité que dans certains cas, des pièces musicales aient été récupérées volontairement, dans le but de répondre aux attentes de l'expérimentateur. D'un autre côté, il est aussi possible que certains épisodes aient été réprimés par les participants, notamment chez ceux pour qui les épisodes étaient très fréquents. De plus, certains participants ont rapporté avoir reproduit leurs épisodes plus tard, alors qu'ils ne les avaient plus en tête. La tâche était assez envahissante et les participants vaquant à leurs occupations quotidiennes ne pouvaient pas toujours la compléter immédiatement (p. ex. lors d'une réunion ou d'un cours). Il n'y a pas une trace systématique de ces délais. Si la pièce était chantée alors que l'épisode était fini, il est possible que la reproduction représente la trace mnésique de la pièce, mais pas nécessairement ce qui était imagé lors de l'épisode. De futures investigations devront se pencher sur l'impact des instructions, de la tâche et du contexte d'expérimentation sur les différentes caractéristiques du phénomène.

Dans le Chapitre 3, certaines des limites du deuxième projet ont déjà été discutées, notamment l'impact de l'absence d'un délai entre la présentation des stimuli et les tâches de rappel et de reconnaissance. Les processus sous-tendant la mémoire à court et à long terme

étant différents, les résultats pourraient varier à travers le temps. Étant donné que la présentation des stimuli s'effectuait sur une assez longue période de temps (environ 10 minutes), une partie des stimuli a pu commencer à se consolider alors qu'une autre partie a pu demeurer active en mémoire à court terme. Les résultats en sont obscurcis. De plus, dans la tâche de reconnaissance, les nouveaux stimuli avaient tous un potentiel modéré d'IMIN. L'utilisation de stimuli à faible et fort potentiel aurait permis une analyse plus précise et plus parlante des résultats, dans le cadre de la théorie de détection du signal (p. ex. d-prime ou courbe ROC). Finalement, la familiarité qui était trop variable entre les participants et entre les stimuli a eu un impact confondant important sur les résultats. Des avenues futures, telles que la sélection de participants dans un autre pays ou le développement de stimuli en laboratoire, ont été proposés pour contrer ce problème.

## **2.2 Analyse des données**

La technique utilisée pour évaluer la tonalité et le tempo des productions et des pièces originales contenait une part de subjectivité. Les techniques d'analyse acoustique informatiques (tel qu'utilisées pour évaluer les pièces produites en laboratoire) auraient été plus objectives et auraient fournis des résultats plus fiables. Cependant, ces analyses demandent une qualité d'enregistrement élevée, ce qui n'était pas le cas de nos extraits. En effet, beaucoup de bruit était présent en arrière-plan, étant donné l'environnement d'enregistrement non-contrôlé. De plus, le temps requis pour faire ces analyses ainsi que le nombre important d'extraits à évaluer rendaient la chose impraticable.

En outre, étant donné que les participants chantaient dans un environnement non-contrôlé et qu'ils ne prenaient pas toujours le temps de placer leur voix adéquatement avant de commencer leur production, nous avons remarqué beaucoup de variations de hauteur et de tempo au début des enregistrements. La première ou les trois premières notes (qui sont souvent évaluées dans les tâches de chant en laboratoire) n'étaient donc pas toujours très représentatives de ce qui était chanté. C'est ce qui a guidé notre décision d'évaluer la tonalité et le tempo sur la première partie de la production où ces caractéristiques étaient stables. La définition de stabilité n'était cependant pas clairement opérationnalisée, ce qui a pu ouvrir la

porte à une part de subjectivité. Cependant, les résultats des analyses inter-juges étaient encourageants, notamment pour le tempo ( $r = .89$ ). Celui ayant trait à la tonalité (alpha de Cronbach de 0.73) se trouvait dans une zone limite quant à ce qui est généralement reconnu comme étant acceptable dans la littérature (voir Lance, Butts, & Michels, 2006 par exemple). Certains extraits étaient notamment très difficiles à évaluer, étant donné que le chant était faux ou la mélodie peu précise. Les participants n'étaient pas nécessairement toujours extrêmement familiers avec les chansons qu'ils avaient en tête et il leur était parfois difficile de les reproduire. Si tous ces extraits avaient été éliminés, un biais important aurait été introduit dans l'analyse des données, c'est-à-dire que seuls les meilleurs chanteurs et seules les pièces les plus familières auraient été analysés. C'est ce qui nous a amené à conserver tous les extraits évaluable, malgré l'impact probable sur le degré de fiabilité.

### **2.3 Sélection des participants**

Dans le projet présenté dans le Chapitre 2, la taille de l'échantillon a pu limiter la puissance statistique des analyses s'intéressant aux participants en tant que tel, comme celles ayant trait à l'efficacité de la technique d'induction par exemple. Certains effets, notamment en lien avec le profil des participants induits et non-induits, ont pu être manqués. Cependant, le nombre d'extraits enregistrés était largement suffisant pour les analyses concernant la représentation mentale. La généralisation de ces résultats demeure cependant un peu plus limitée étant donné le nombre de participants dans chaque groupe. De futures études avec de plus gros échantillons provenant de différents milieux seront nécessaires pour étendre les résultats. Certaines caractéristiques propres à l'individu, comme la culture, le niveau de scolarité et le niveau socio-économique, pourraient avoir un impact sur ceux-ci.

## Conclusion

En guise de conclusion, les mécanismes cognitifs sous-tendant potentiellement le phénomène de l'IMIN seront abordés. À la lumière des résultats de la présente thèse ainsi que de la littérature préalable, l'IMIN pourrait être décrite comme un phénomène mnésique involontaire multi-facette, similairement aux autres types de souvenirs involontaires, de pensées spontanées et d'imagerie mentale verbale. Plusieurs phénomènes mentaux différents pourraient donc s'appliquer, dépendamment du contexte, ce qui expliquerait la variabilité des résultats obtenus dans la littérature. Le déclenchement de la plupart des épisodes peut être analysé sous l'angle de trois processus de récupération mnésique différents. Tel que discuté plus haut, une pièce peut demeurer active en mémoire à court terme suite à son écoute et continuer d'être imagée sur une certaine période de temps. Les observations faites dans les études s'intéressant à l'induction se rapporteraient surtout à ce mécanisme, étant donné que la présence d'un épisode d'IMIN y était généralement évaluée quelques minutes suite à la perception ou à l'imagerie mentale volontaire de la pièce (Beaman, Powell, & Rapley, 2015; Byron & Fowles, 2013; Floridou et al., 2012; Hyman et al., 2013; Liikkanen, 2012a). L'importance de l'effet de récence (c.-à-d. l'induction prépondérante de la dernière pièce entendue) y est compatible. Dans l'étude 1 de la présente thèse, ainsi que dans l'étude de Byron et Fowles (2013), d'autres mécanismes ont aussi pu s'appliquer, étant donné que l'induction était évaluée sur une plus longue période de temps.

Notamment, la perception de la pièce a pu produire un effet d'amorçage, la rendant plus susceptible d'être récupérée spontanément par la suite, ce qui s'applique aussi à la majorité des épisodes d'IMIN non-induits. En effet, dans la littérature préalable, notamment dans deux études d'échantillonnage d'expérience très récentes, les participants ont indiqué que l'exposition plus ou moins récente à la pièce était le déclencheur de plus du tiers de leurs épisodes d'IMIN (Bailes, 2015; Floridou & Müllensiefen, 2015). Dans au moins certains de ces cas, notamment ceux pour lesquels l'exposition à la pièce était plus lointaine (plusieurs jours ou semaines par exemple), il est aussi possible qu'un indice dans l'environnement ou les pensées qui n'aurait pas été identifié, ait réactivé la pièce. En effet, Kvavilashvili et Mandler (2004) indiquent que les indices pouvant mener à l'activation d'un souvenir involontaire



sémantique peuvent découler d'associations plutôt opaques (p. ex. sonorité similaire, enchaînement d'associations, etc) ou même inconscientes (p. ex. stimulus habituel qui est perçu mais sans traitement attentionnel dirigé). Dans environ 25% des épisodes d'IMIN, des indices, tel qu'un son, une image, une personne, un mot, une émotion ou un souvenir associé à la pièce sont identifiés comme déclencheurs (Bailes, 2007a, 2015; Floridou & Müllensiefen, 2015; Halpern & Bartlett, 2011; Hyman et al., 2013; Williamson et al., 2012). Dans ce contexte, les pièces très familières et entendues fréquemment seraient plus susceptibles d'être récupérées, étant donné la multiplicité des indices potentiels reliés aux différents contextes d'écoute et à l'augmentation de la force de certaines associations se répétant d'une écoute à l'autre. Environ 15% des épisodes d'IMIN demeurent inexplicables (Bailes, 2015; Floridou & Müllensiefen, 2015). Certains de ces épisodes pourraient avoir été indicés de cette manière. Des études futures pourraient poser des questions plus spécifiques pour tenter d'élucider cette question (p. ex. À qui ou quoi pensiez-vous quand l'épisode s'est déclenché? Avec qui étiez-vous, où étiez-vous et que faisiez-vous? Existe-t-il un lien entre ces éléments et la chanson imagée?).

Les deux mécanismes de récupération précédents (c.-à-d. l'amorçage et l'indilage) ont plus de chances de prendre place alors que les pensées ne sont pas dirigées vers une tâche spécifique (c.-à-d. rêverie ou « mind wandering ») ou qu'elles en dérogent (c.-à-d. pensées non-reliées à la tâche ou « task unrelated thoughts »). Dans une étude récente utilisant la technique d'échantillonnage d'expérience, Floridou et Müllensiefen (2015) ont étudié la relation existant entre les déclencheurs de l'IMIN, les activités en cours lors du déclenchement, la période de la journée, la rêverie et l'humeur. Ils ont déterminé que la présence de rêverie dépendait de l'activité en cours, qui dépendait du moment de la journée. La présence d'IMIN, ainsi que l'humeur, parallèlement, dépendaient de la présence de rêverie. Cet état cognitif non-engagé serait donc un préalable au déclenchement d'un épisode d'IMIN. Deux explications peuvent être considérées: soit le désengagement de l'attention et de la composante exécutive de l'activité mentale permet la perception d'une plus grande quantité d'indices pouvant activer un épisode d'IMIN, soit un épisode déjà amorcé sera plus susceptible de devenir conscient.

Dans certains cas, les épisodes d'IMIN sont décrits comme étant intrusifs, similairement à des pensées qui peuvent devenir ruminatives. Dans la présente thèse ainsi que dans la littérature, environ 15% des épisodes sont décrits comme étant désagréables et dérangement (Beaman & Williams, 2010; Halpern & Bartlett, 2011; Hyman et al., 2013; Liikkanen, 2012b). Dans une étude très récente, Hyman et ses collaborateurs (2015) ont observé que moins une pièce était appréciée et que plus l'expérience était complète (c.-à-d. que tous les éléments de la version originale étaient imagés), plus la pièce était intrusive. Le premier point est peu surprenant, les pensées désagréables étant aussi jugées comme étant plus intrusives (i.e. comme dans le syndrome de stress post-traumatique ou les ruminations accompagnant les troubles anxieux et dépressifs; voir American Psychiatric Association, 2013). Le deuxième point pourrait être relié à l'ampleur de la charge cognitive occupée par l'épisode. En effet, plus l'image mentale est réaliste, plus l'expérience est susceptible d'occuper la plupart des ressources attentionnelles et donc d'empêcher les pensées d'être engagées dans une tâche en cours. L'évitement était aussi corrélé au sentiment d'intrusion. Une boucle de causalité pourrait être impliquée ici. Lorsqu'une pensée est intrusive, on a plus tendance à tenter de l'éviter ou à vouloir la supprimer. Parallèlement, plus on tente d'éviter une pensée, plus elle a tendance à revenir à la conscience, tel que suggéré par la théorie du contrôle mental paradoxal (Wegner, 1989). De plus, le sentiment d'intrusion était corrélé au degré de répétition de l'extrait en tête, ce qui le rapproche des autres types de pensées involontaires (Berntsen, 1996). Au-delà de l'évitement, d'autres techniques sont parfois utilisées pour tenter d'interrompre les épisodes d'IMIN lorsqu'ils sont considérés intrusifs. L'engagement (c.-à-d. écouter ou jouer la pièce en question) et la distraction (c.-à-d. entreprendre une activité distrayante, les plus efficaces étant celles de type musical ou verbal) sont les plus fréquemment rapportés (Williamson et al., 2014). Dans une étude récente, une technique encore plus simple d'interférence a démontré son efficacité (Beaman et al., 2015). Il s'agit d'une tâche motrice articulatoire, c'est-à-dire mâcher de la gomme. En effet, cette technique crée de l'interférence avec la capacité à subvocaliser qui est nécessaires pour former une image mentale musicale qu'elle soit récupérée volontairement ou involontairement.

Cependant, contrairement aux pensées ou souvenirs activés involontairement, l'IMIN est, la plupart du temps, répétitif sans être désagréable ou pathologique. Il est possible que ce soit la nature même du matériel (c.-à-d. la musique *versus* le langage) qui explique cette différence et non les processus mentaux sous-jacents. En effet, la répétition fait partie intégrante de la musique à un niveau micro- et macro-structurel. Par exemple, dans la musique populaire, la mélodie se répète d'un refrain et d'un couplet à l'autre. C'est aussi la répétition de patrons rythmiques qui nous permettent d'induire une pulsation et la répétition de certaines notes d'inférer un sentiment d'harmonie. C'est ce qui nous permet de faire du sens d'une pièce musicale, de bouger avec elle et de la retenir. Une suite de notes s'enchaînant sans répétition aux plans rythmique et tonal sera même difficilement interprétable de manière musicale (s'agit-il de musique?). Le langage, lui, est généralement peu répétitif. En fait la répétition de phrases ou de sons confèrent au langage une qualité se rapprochant de la chanson (p. ex. un poème; voir Margulis, 2014 pour une discussion plus en profondeur).

La structure répétitive de la plupart des pièces musicales pourrait induire un phénomène de boucles d'indilage en mémoire, la fin du couplet induisant la récupération du début du refrain et la fin du refrain indiquant le début du couplet par exemple. Comme il est généralement difficile, du moins pour des non-musiciens, de récupérer en mémoire une pièce musicale dans son entièreté (p. ex. Hyman et al., 2013; Hyman & Rubin, 1990), la boucle d'indilage pourrait se poursuivre ainsi sans arriver à une conclusion satisfaisante. Le principe de Zeigarnik (1938) selon lequel les tâches incomplètes sont mieux retenues et reviennent plus fréquemment à l'esprit, pourrait ensuite s'appliquer pour expliquer le maintien de cette boucle dans les pensées conscientes, ainsi que sa résurgence à différents moments sur une certaine période de temps.

L'organisation des processus cognitifs décrit ci-dessus demeure à être confirmé empiriquement et les réseaux neuronaux sous-jacents à être explorés. Néanmoins, à la question « Quelle est la nature ou la fonction de l'IMIN? », on pourrait répondre qu'il s'agit d'un épiphénomène du fonctionnement de notre système mnésique, en collaboration avec plusieurs autres systèmes cognitifs (p. ex. exécutif, d'imagerie mentale, émotionnel, moteur, etc) qui témoigne de l'importance de la musique pour le genre humain. Elle constitue ainsi une porte

d'entrée écologique et accessible à tous pour étudier divers phénomènes mentaux et comprendre leur présentation dans la vie quotidienne.

## Bibliographie

- ADISQ. (2008). Rétrospective 2008 - Top 100 BDS Francophone, Top 100 BDS Anglophone. *Le Palmarès*, 14(45), 4-5.
- Agnew, M. (1922). The auditory imagery of great composers. *Psychological Monographs*, 31(1), 279-287. doi:<http://dx.doi.org/10.1037/h0093171>
- Aleman, A., Nieuwenstein, M. R., Bocker, K. B., & de Haan, E. H. (2000). Music training and mental imagery ability. *Neuropsychologia*, 38(12), 1664-1668. doi:<http://dx.doi.org/10.1016/S0028-3932%2800%2900079-8>
- Altéry, M. (2001). Do-ré-mi. On *La Mélodie du Bonheur*. Sony Music Canada.
- American Psychiatric Association. (2013). *Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders (DSM-5®)*: American Psychiatric Pub.
- Andrade, C., & Rao, N. (1997). Musical obsessions: a case report. *Indian journal of psychiatry*, 39(2), 178.
- Bailes, F. (2007a). The prevalence and nature of imagined music in the everyday lives of music students. *Psychology of Music*, 35(4), 555-570. doi:<http://dx.doi.org/10.1177/0305735607077834>
- Bailes, F. (2007b). Timbre as an elusive component of imagery for music. *Empirical Musicology Review*, 2(1), 21-34.
- Bailes, F. (2015). Music in mind? An experience sampling study of what and when, towards an understanding of why. *Psychomusicology: Music, Mind, and Brain*, 25(1), 58.
- Bartlett, J. C., Halpern, A. R., & Dowling, W. (1995). Recognition of familiar and unfamiliar melodies in normal aging and Alzheimer's disease. *Mem Cognit*, 23(5), 531-546. doi:<http://dx.doi.org/10.3758/BF03197255>
- Beaman, C. P., Powell, K., & Rapley, E. (2015). Want to block earworms from conscious awareness? B (u) y gum! *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*(ahead-of-print), 1-9.
- Beaman, C. P., & Williams, T. I. (2010). Earworms ('song stuck syndrome'): Towards a natural history of intrusive thoughts. *British Journal of Psychology*, 101(4), 637-653. doi:<http://dx.doi.org/10.1348/000712609X479636>
- Beaman, C. P., & Williams, T. I. (2013). Individual differences in mental control predict involuntary musical imagery. *Musicae Scientiae*, 17(4), 398-409. doi:Doi 10.1177/1029864913492530
- Beaty, R. E., Burgin, C. J., Nusbaum, E. C., Kwapil, T. R., Hodges, D. A., & Silvia, P. J. (2013). Music to the inner ears: Exploring individual differences in musical imagery. *Consciousness and Cognition: An International Journal*, 22(4), 1163-1173. doi:<http://dx.doi.org/10.1016/j.concog.2013.07.006>
- Bennett, S. (2002). Musical imagery repetition (MIR). *Cambridge: Cambridge*.
- Bergeson, T. R., & Trehub, S. E. (2002). Absolute pitch and tempo in mothers' songs to infants. *Psychological Science*, 13(1), 72-75. doi:<http://dx.doi.org/10.1111/1467-9280.00413>
- Berntsen, D. (1996). Involuntary autobiographical memories. *Applied Cognitive Psychology*.
- Berntsen, D. (2009). *Involuntary autobiographical memories: An introduction to the unbidden past*: Cambridge University Press.

- Berntsen, D. (2010). The Unbidden Past Involuntary Autobiographical Memories as a Basic Mode of Remembering. *Current Directions in Psychological Science*, 19(3), 138-142.
- Berntsen, D., & Rubin, D. C. (2002). Emotionally charged autobiographical memories across the life span: The recall of happy, sad, traumatic and involuntary memories. *Psychology and Aging*, 17(4), 636. Retrieved from <http://psycnet.apa.org/journals/pag/17/4/636.pdf>
- Brown, S. (2006). The perpetual music track: The phenomenon of constant musical imagery. *Journal of Consciousness Studies*, 13(6), 43-62. Retrieved from <Go to ISI>://WOS:000239187200003
- Byron, T. P., & Fowles, L. C. (2013). Repetition and recency increases involuntary musical imagery of previously unfamiliar songs. *Psychology of Music*. doi:10.1177/0305735613511506
- Cameron, O. G., & Wasielewski, P. (1990). Clomipramine treatment of possible atypical obsessive-compulsive disorder. *Journal of clinical psychopharmacology*, 10(5), 375.
- Cebrian, A. N., & Janata, P. (2010). Influences of multiple memory systems on auditory mental image acuity. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 127(5), 3189-3202.
- Chauhan, N., Shah, R., & Grover, S. (2010). Obsessive auditory imagery: A case report. *African Journal of Psychiatry*, 13(4), 313. Retrieved from <http://ovidsp.ovid.com/ovidweb.cgi?T=JS&CSC=Y&NEWS=N&PAGE=fulltext&D=psyc7&AN=2011-03400-010>
- Creel, S. C., & Tumlin, M. A. (2012). Online recognition of music is influenced by relative and absolute pitch information. *Cognitive science*, 36(2), 224-260.
- Crowder, R. G. (1989). Imagery for musical timbre. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 15(3), 472-478. doi:<http://dx.doi.org/10.1037/0096-1523.15.3.472>
- Crowder, R. G., Serafine, M. L., & Repp, B. (1990). Physical interaction and association by contiguity in memory for the words and melodies of songs. *Mem Cognit*, 18(5), 469-476. doi:<http://dx.doi.org/10.3758/BF03198480>
- Cuddy, L. L., & Lyons, H. (1981). Musical pattern recognition: A comparison of listening to and studying tonal structures and tonal ambiguities. *Psychomusicology: A Journal of Research in Music Cognition*, 1(2), 15.
- Dalla Bella, S., Giguère, J.-F., & Peretz, I. (2007). Singing proficiency in the general population. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 121(2), 1182-1189.
- Dalla Bella, S., Peretz, I., & Aronoff, N. (2003). Time course of melody recognition: A gating paradigm study. *Perception & Psychophysics*, 65(7), 1019-1028.
- Demorest, S. M., Morrison, S. J., Jungbluth, D., & Beken, M. N. (2008). Lost in translation: An enculturation effect in music memory performance.
- Dion, C. (1997). My heart will go on. On *Titanic: Music from the Motion Picture*. Sony Classical / Sony Music Soundtrax.
- Dowling, W. J., Kwak, S., & Andrews, M. W. (1995). The time course of recognition of novel melodies. *Perception & Psychophysics*, 57(2), 136-149.
- Drake, C., & Botte, M.-C. (1993). Tempo sensitivity in auditory sequences: Evidence for a multiple-look model. *Perception & Psychophysics*, 54(3), 277-286.
- Ebbinghaus, H. (1913). *Memory: A contribution to experimental psychology*: Teachers college, Columbia university.

- Evers, S., & Ellger, T. (2004). The clinical spectrum of musical hallucinations. *Journal of the neurological sciences*, 227(1), 55-65.
- Farah, M. J., & Smith, A. F. (1983). Perceptual interference and facilitation with auditory imagery. *Perception & Psychophysics*, 33(5), 475-478. doi:<http://dx.doi.org/10.3758/BF03202899>
- Farrugia, N., Jakubowski, K., Cusack, R., & Stewart, L. (2015). Tunes stuck in your brain: The frequency and affective evaluation of involuntary musical imagery correlate with cortical structure. *Consciousness and Cognition*, 35, 66-77.
- Finke, R. A. (1986). Some consequences of visualization in pattern identification and detection. *The American Journal of Psychology*, 257-274.
- Floridou, G. A., & Müllensiefen, D. (2015). Environmental and mental conditions predicting the experience of involuntary musical imagery: An experience sampling method study. *Consciousness and Cognition*, 33, 472-486.
- Floridou, G. A., Williamson, V. J., & Müllensiefen, D. (2012). Contracting earworms: The roles of personality and musicality. *Proceedings of ICMPC-ESCOM*, 12, 302-310.
- Floridou, G. A., Williamson, V. J., Stewart, L., & Müllensiefen, D. (2015). The Involuntary Musical Imagery Scale (IMIS).
- Friberg, A., & Sundberg, J. (1995). Time discrimination in a monotonic, isochronous sequence. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 98(5), 2524-2531.
- Frieler, K., Fischinger, T., Schlemmer, K., Lothwesen, K., Jakubowski, K., & Müllensiefen, D. (2013). Absolute memory for pitch: A comparative replication of Levitin's 1994 study in six European labs. *Musicae Scientiae*, 17(3), 334-349. doi:<http://dx.doi.org/10.1177/1029864913493802>
- Fukunishi, I., Horikawa, N., & Onai, H. (1998). Prevalence rate of musical hallucinations in a general hospital setting. *Psychosomatics*, 39(2), 175.
- Gardiner, J. M., & Radomski, E. (1999). Awareness of recognition memory for Polish and English folk songs in Polish and English folk. *Memory*, 7(4), 461-470.
- Gignac, M. (2010). *Les succès de la chanson populaire au Québec, selon les palmarès reconstitués. Tome 1: Palmarès francophone 1949-2009 (5ème édition)*. Retrieved from Québec, Canada:
- Halpern, A. R. (1988). Mental scanning in auditory imagery for songs. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 14(3), 434-443. doi:<http://dx.doi.org/10.1037/0278-7393.14.3.434>
- Halpern, A. R. (1989). Memory for the absolute pitch of familiar songs. *Mem Cognit*, 17(5), 572-581. doi:<http://dx.doi.org/10.3758/BF03197080>
- Halpern, A. R., & Bartlett, J. C. (2010). Memory for melodies *Music Perception* (pp. 233-258). New York, NY: Springer Science + Business Media; US.
- Halpern, A. R., & Bartlett, J. C. (2011). The persistence of musical memories: A descriptive study of earworms. *Music Perception*, 28(4), 425-431. doi:<http://dx.doi.org/10.1525/mp.2011.28.4.425>
- Halpern, A. R., Bartlett, J. C., & Dowling, W. (1995). Aging and experience in the recognition of musical transpositions. *Psychology and Aging*, 10(3), 325-342. doi:<http://dx.doi.org/10.1037/0882-7974.10.3.325>
- Halpern, A. R., & Müllensiefen, D. (2008). Effects of timbre and tempo change on memory for music. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 61(9), 1371-1384. doi:<http://dx.doi.org/10.1080/17470210701508038>

- Halpern, A. R., Zatorre, R. J., Bouffard, M., & Johnson, J. A. (2004). Behavioral and neural correlates of perceived and imagined musical timbre. *Neuropsychologia*, 42(9), 1281-1292. doi:<http://dx.doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2003.12.017>
- Hébert, S., Béland, R., Beckett, C., Cuddy, L. L., Peretz, I., & Wolforth, J. (2008). A case study of music and text dyslexia. *Music Perception*, 25(4), 369-381.
- Hebert, S., & Peretz, I. (1997). Recognition of music in long-term memory: Are melodic and temporal patterns equal partners? *Mem Cognit*, 25(4), 518-533. doi:<http://dx.doi.org/10.3758/BF03201127>
- Hébert, S., & Peretz, I. (2004). Functional organization of the auditory system. *Principles and practice of behavioral neurology and neuropsychology* (pp. 291-304): WB Saunders.
- Hermesh, H., Konas, S., Shiloh, R., Reuven, D., Marom, S., Weizman, A., & Gross-Isseroff, R. (2004). Musical hallucinations: prevalence in psychotic and nonpsychotic outpatients. *Journal of Clinical Psychiatry*, 65(2), 191-197.
- Hubbard, T. L. (2010). Auditory imagery: Empirical findings. *Psychological Bulletin*, 136(2), 302-329. doi:<http://dx.doi.org/10.1037/a0018436>
- Hubbard, T. L., & Stoeckig, K. (1988). Musical Imagery - Generation of Tones and Chords. *Journal of Experimental Psychology-Learning Memory and Cognition*, 14(4), 656-667. Retrieved from <Go to ISI>://WOS:A1988Q323100009
- Hyde, K. L., & Peretz, I. (2004). Brains that are out of tune but in time. *Psychological Science*, 15(5), 356-360.
- Hyman, I. E., Burland, N. K., Duskin, H. M., Cook, M. C., Roy, C. M., McGrath, J. C., & Roundhill, R. F. (2013). Going gaga: Investigating, creating, and manipulating the song stuck in my head. *Applied Cognitive Psychology*, 27(2), 204-215. doi:<http://dx.doi.org/10.1002/acp.2897>
- Hyman, I. E., Cutshaw, K. I., Hall, C. M., Snyders, M. E., Masters, S. A., Au, V. S., & Graham, J. M. (2015). Involuntary to Intrusive: Using Involuntary Musical Imagery to Explore Individual Differences and the Nature of Intrusive Thoughts.
- Hyman, I. E., & Rubin, D. C. (1990). Memorbeatlia: A naturalistic study of long-term memory. *Mem Cognit*, 18(2), 205-214.
- Institut de la Statistique du Québec. (2014). Regard sur deux décennies d'évolution du niveau de scolarité de la population québécoise à partir de l'Enquête sur la population active. *Coup d'oeil sociodémographique*, 30, 7p.
- Jacoby, L. L., & Kelley, C. M. (1987). Unconscious influences of memory for a prior event. *Personality and Social Psychology Bulletin*, 13(3), 314-336.
- Jakubowski, K., Farrugia, N., Halpern, A. R., Sankarpani, S. K., & Stewart, L. (2015). The speed of our mental soundtracks: Tracking the tempo of involuntary musical imagery in everyday life. *Mem Cognit*, 1-14.
- Jakubowski, K., & Mullensiefen, D. (2013). The influence of music-elicited emotions and relative pitch on absolute pitch memory for familiar melodies. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 66(7), 1259-1267. doi:<http://dx.doi.org/10.1080/17470218.2013.803136>
- Janata, P., & Paroo, K. (2006). Acuity of auditory images in pitch and time. *Perception & Psychophysics*, 68(5), 829-844. doi:<http://dx.doi.org/10.3758/BF03193705>
- Kellaris, J. J. (2001). *Identifying properties of tunes that get stuck in your head: toward a theory of cognitive itch*. Paper presented at the Proceedings of the Society for



- Consumer Psychology Winter 2001 Conference, 66-67. Scottsdale, AZ: American Psychological Society.
- Kopiez, R., Platz, F., Muller, S., & Wolf, A. (2013). When the pulse of the song goes on: Fade-out in popular music and the pulse continuity phenomenon. *Psychology of Music*, 43(3), 359-374.
- Korenman, L. M., & Peynircioğlu, Z. F. (2004). The role of familiarity in episodic memory and metamemory for music. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 30(4), 917.
- Kosslyn, S. M., Thompson, W. L., & Ganis, G. (2006). *The case for mental imagery*: Oxford University Press.
- Kraemer, D. J., Macrae, C., Green, A. E., & Kelley, W. M. (2005). Musical imagery: Sound of silence activates auditory cortex. *Nature*, 434(7030), 158. doi:<http://dx.doi.org/10.1038/434158a>
- Kraepelin, E. (1913). *Psychiatrie; ein Lehrbuch für Studierende und Ärzte* (Vol. 3): Barth.
- Kvavilashvili, L., & Mandler, G. (2004). Out of one's mind: A study of involuntary semantic memories. *Cognitive Psychology*, 48(1), 47-94. doi:<http://dx.doi.org/10.1016/S0010-0285%2803%2900115-4>
- Lance, C. E., Butts, M. M., & Michels, L. C. (2006). The sources of four commonly reported cutoff criteria what did they really say? *Organizational research methods*, 9(2), 202-220.
- Lange, R., Thalbourne, M. A., Houran, J., & Storm, L. (2000). The Revised Transliminality Scale: Reliability and validity data from a Rasch top-down purification procedure. *Consciousness and Cognition*, 9(4), 591-617.
- Leaver, A. M., Van Lare, J., Zielinski, B., Halpern, A. R., & Rauschecker, J. P. (2009). Brain activation during anticipation of sound sequences. *The Journal of Neuroscience*, 29(8), 2477-2485. doi:<http://dx.doi.org/10.1523/JNEUROSCI.4921-08.2009>
- Leclerc, S. (2014, 24 janvier). L'ultime liste des pires vers d'oreilles. *C'est pas trop tôt - Ici Radio-Canada Première [Radio]*. Retrieved from [http://ici.radio-canada.ca/emissions/c\\_est\\_pas\\_trop\\_tot/2013-2014/chronique.asp?idChronique=326423](http://ici.radio-canada.ca/emissions/c_est_pas_trop_tot/2013-2014/chronique.asp?idChronique=326423)
- Levitin, D. J. (1994). Absolute memory for musical pitch: Evidence from the production of learned melodies. *Perception & Psychophysics*, 56(4), 414-423. doi:<http://dx.doi.org/10.3758/BF03206733>
- Levitin, D. J. (2006). *This is your brain on music: The science of a human obsession*. New York, NY: Dutton/Penguin Books; US.
- Levitin, D. J., & Cook, P. R. (1996). Memory for musical tempo: Additional evidence that auditory memory is absolute. *Perception & Psychophysics*, 58(6), 927-935. doi:<http://dx.doi.org/10.3758/BF03205494>
- Liikkanen, L. A. (2012a). Inducing involuntary musical imagery: An experimental study. *Musicae Scientiae*, 16(2), 217-234. doi:<http://dx.doi.org/10.1177/1029864912440770>
- Liikkanen, L. A. (2012b). Musical activities predispose to involuntary musical imagery. *Psychology of Music*, 40(2), 236-256. doi:<http://dx.doi.org/10.1177/0305735611406578>
- Lynch, M. P., & Eilers, R. E. (1992). A study of perceptual development for musical tuning. *Perception & Psychophysics*, 52(6), 599-608.
- Mace, J. H. (2007). *Involuntary memory*. Malden: Blackwell Publishing.

- Margulis, E. H. (2014). *On repeat: How music plays the mind*: Oxford University Press.
- Matsui, T., Matsunaga, H., Ohya, K., Iwasaki, Y., Koshimune, K., Miyata, A., & Kiriike, N. (2003). Clinical features in two cases with musical obsessions who successfully responded to clomipramine. *Psychiatry and Clinical Neurosciences*, 57(1), 47-51.
- McAuley, J. D., Stevens, C., & Humphreys, M. S. (2004). Play it again: did this melody occur more frequently or was it heard more recently? The role of stimulus familiarity in episodic recognition of music. *Acta psychologica*, 116(1), 93-108.
- Mendhekar, D. N., & Andrade, C. (2009). Musical obsession: Repeated auditory imagery of a cell phone ring tone. *Psychiatry and Clinical Neurosciences*, 63(4), 591-592. doi:<http://dx.doi.org/10.1111/j.1440-1819.2009.01986.x>
- Mullensiefen, D., Fry, J., Jones, R., Jilka, S., Stewart, L., & Williamson, V. J. (2014). Individual differences predict patterns in spontaneous involuntary musical imagery. *Music Perception*, 31(4), 323-338. doi:<http://dx.doi.org/10.1525/mp.2014.31.4.323>
- Müllensiefen, D., Gingras, B., Stewart, L., & Musil, J. (2011). The Goldsmiths Musical Sophistication Index (Gold-MSI): Technical Report and Documentation v0. 9. London: Goldsmiths, University of London. URL: <http://www.gold.ac.uk/music-mind-brain/gold-msi>.
- Mullensiefen, D., & Halpern, A. R. (2014). The role of features and context in recognition of novel melodies. *Music Perception*, 31(5), 418-435. doi:<http://dx.doi.org/10.1525/mp.2014.31.5.418>
- Nath, K., Bhattacharya, A., Hazarika, S., Roy, D., & Praharaj, S. K. (2013). A case of early-onset obsessive-compulsive disorder with musical obsessions and comorbid tic disorder. *The Journal of neuropsychiatry and clinical neurosciences*, 25(1), E14.
- Okada, H., & Matsuoka, K. (1992). Effects of auditory imagery on the detection of a pure tone in white noise: Experimental evidence of the auditory perky effect. *Perceptual and Motor Skills*, 74(2), 443-448. doi:<http://dx.doi.org/10.2466/PMS.74.2.443-448>
- Otsuka, A., Tamaki, Y., & Kuriki, S. (2008). Neuromagnetic responses in silence after musical chord sequences. *Neuroreport*, 19(16), 1637-1641.
- Peretz, I., Gaudreau, D., & Bonnel, A.-M. (1998). Exposure effects on music preference and recognition. *Mem Cognit*, 26(5), 884-902. doi:<http://dx.doi.org/10.3758/BF03201171>
- Pfizer, N., & Andrade, C. (1999). Isolated musical obsessions. *Indian journal of psychiatry*, 41(1), 77.
- Pitt, M. A., & Crowder, R. G. (1992). The role of spectral and dynamic cues in imagery for musical timbre. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 18(3), 728-738. doi:<http://dx.doi.org/10.1037/0096-1523.18.3.728>
- Praharaj, S. K., Goyal, N., Sarkar, S., Bagati, D., Sinha, P., & Sinha, V. K. (2009). Musical obsession or pseudohallucination: Electrophysiological standpoint. *Psychiatry and Clinical Neurosciences*, 63(2), 230-234.
- Rajotte, C. (2014, 10 avril). Top 10 des pires vers d'oreilles. *Rajotte - Musique Plus [Télévision]*. Retrieved from <http://www.musiqueplus.com/videos/top-10-des-pires-vers-d-oreilles-1.1261845>
- Reno, G. (2006). Promenade en traîneau. On *Joyeux Noël*. Mérite.
- Roth, M., Puymartin, J.-P., Felinie, M., Elias, M., & Curtil, E. (2003). L'amour brille sous les étoiles. On *Le Roi Lion*. Disney Records.
- Sacks, O. (2007). *Musicophilia: Tales of music and the brain*. Toronto, Canada: Alfred A. Knopf.

- Sacks, O. (2010). *Musicophilia: Tales of music and the brain*: Vintage Canada.
- Schellenberg, E., Iverson, P., & McKinnon, M. C. (1999). Name that tune: Identifying popular recordings from brief excerpts. *Psychonomic Bulletin & Review*, 6(4), 641-646. doi:<http://dx.doi.org/10.3758/BF03212973>
- Schellenberg, E., Stalinski, S. M., & Marks, B. M. (2014). Memory for surface features of unfamiliar melodies: Independent effects of changes in pitch and tempo. *Psychological Research*, 78(1), 84-95. doi:<http://dx.doi.org/10.1007/s00426-013-0483-y>
- Schellenberg, E., & Trehub, S. E. (2003). Good pitch memory is widespread. *Psychological Science*, 14(3), 262-266. doi:<http://dx.doi.org/10.1111/1467-9280.03432>
- Segal, S. J., & Fusella, V. (1970). Influence of imaged pictures and sounds on detection of visual and auditory signals. *Journal of experimental psychology*, 83(3p1), 458.
- Simard, R. (1996). Chante la la la. On 1971-1996: 25 ans de carrière. Pub Tele.
- Vannucci, M., Batool, I., Pelagatti, C., & Mazzoni, G. (2014). Modifying the frequency and characteristics of involuntary autobiographical memories. *PLoS One*, 9(4).
- Wammes, M., & Baruss, I. (2009). Characteristics of Spontaneous Musical Imagery. *Journal of Consciousness Studies*, 16(1), 37-61. Retrieved from <Go to ISI>://WOS:000263189000002
- Ward, W. D., & Burns, E. M. (1999). Absolute pitch. *The psychology of music*, 2, 265-298.
- Warker, J. A., & Halpern, A. R. (2005). Musical stem completion: Humming that note. *The American Journal of Psychology*, 118(4), 567-585.
- Weber, R. J., & Brown, S. (1986). Musical Imagery. *Music Perception*, 3(4), 411-426.
- Wegner, D. M. (1989). *White bears and other unwanted thoughts: Suppression, obsession, and the psychology of mental control*: Penguin Press.
- Wegner, D. M., & Zanakos, S. (1994). Chronic thought suppression. *Journal of personality*, 62(4), 615-640.
- Weiss, M. W., Trehub, S. E., & Schellenberg, E. (2012). Something in the way she sings: Enhanced memory for vocal melodies. *Psychological Science*, 23(10), 1074-1078. doi:<http://dx.doi.org/10.1177/0956797612442552>
- Williams, T. I. (2015). The classification of involuntary musical imagery: The case for earworms. *Psychomusicology: Music, Mind, and Brain*, 25(1), 5.
- Williamson, V. J., & Jilka, S. R. (2014). Experiencing earworms: An interview study of involuntary musical imagery. *Psychology of Music*, 42(5), 653-670. doi:<http://dx.doi.org/10.1177/0305735613483848>
- Williamson, V. J., Jilka, S. R., Fry, J., Finkel, S., Mullensiefen, D., & Stewart, L. (2012). How do "earworms" start? Classifying the everyday circumstances of Involuntary Musical Imagery. *Psychology of Music*, 40(3), 259-284. doi:<http://dx.doi.org/10.1177/0305735611418553>
- Williamson, V. J., Liikkanen, L. A., Jakubowski, K., & Stewart, L. (2014). Sticky Tunes: How Do People React to Involuntary Musical Imagery? *PLoS One*, 9(1). doi:<http://dx.doi.org/10.1371/journal.pone.0086170>
- Zeigarnik, B. (1938). On finished and unfinished tasks. *A source book of Gestalt psychology*, 300-314.
- Zungu-Dirwayi, N., Hugo, F., van Heerden, B. B., & Stein, D. J. (1999). Are musical obsessions a temporal lobe phenomenon? *The Journal of neuropsychiatry and clinical neurosciences*, 11(3), 398-400.

# ANNEXE 1

## Questionnaire à propos des chansons obsédantes

### **Informations sur le contexte**

Date : \_\_\_\_\_ Heure : \_\_\_\_\_

Durée de l'épisode de chanson obsédante : \_\_\_\_\_

Qu'étiez-vous en train de faire lorsque vous avez commencé à être obsédé par cette chanson?

---

---

### **Informations sur la pièce**

Pouvez-vous identifier ce que vous êtes en train d'imaginer?      Oui      Non

Titre : \_\_\_\_\_

Interprète ou compositeur : \_\_\_\_\_

Si non, est-ce une pièce de votre cru ou est-ce une pièce déjà existante que vous n'arrivez pas à identifier?      De mon cru      Existante

Depuis combien de temps (approximativement) connaissez-vous cette pièce ?

---

Si vous avez identifié la pièce, en avez-vous déjà entendu des versions différentes ou connaissez-vous seulement la version performée par l'artiste que vous avez identifié? Si vous connaissez d'autres versions, identifiez les autres artistes qui l'ont performée.

---

---

Imaginez-vous la pièce au complet ou une partie seulement en boucle?

Au complet      Partie en boucle

Si vous imaginez une partie en boucle, tentez d'identifier de quelle partie de la pièce il s'agit :  
couplet      refrain      pont      je ne peux l'identifier      Autre : \_\_\_\_\_

Pourquoi croyez-vous que vous avez cette pièce en particulier dans la tête (si vous l'avez entendu ou joué récemment, précisez quand)? \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Dans ce que vous imaginez, y a-t-il des paroles ou est-ce seulement instrumental?

Paroles      Instrumental

S'il y a des paroles, en quelle langue sont-elles?      Français      Anglais      Autre : \_\_\_\_\_

**Informations sur le timbre**

Comment décrieriez-vous le timbre de ce que vous imaginez?

Riche (plusieurs instruments/voix)

Dépouillé (1 seul instrument/voix)

Décrivez le plus précisément possible ce que vous imaginez en nommant les instruments ou leur type (cordes, vents, percussions...), en précisant le nombre de voix présentes et en les identifiant si possible (votre voix, l'interprète original...), en caractérisant le volume de votre imagerie (prend toute la place, en arrière-plan...), etc

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

**Informations sur l'état émotif**

Trouvez-vous l'expérience agréable?      Oui                  Non

Comment vous sentiez-vous avant que la chanson ne débute (vous pouvez encercler plus d'un choix)?

- |               |           |
|---------------|-----------|
| Stressé       | Paisible  |
| Fâché         | Heureux   |
| Fatigué       | Excité    |
| Ennuyé        | Intéressé |
| Frustré       | Satisfait |
| Triste        | Apeuré    |
| Autre : _____ |           |

La chanson obsédante vous met-elle dans un état émotif particulier? Précisez.

---

---

---

Cette chanson est-elle rattachée à ou évoque-t-elle des souvenirs chez vous? Précisez.

---

---

---

**Commentaires**

Inscrivez ci-dessous si vous avez remarqué quoi que ce soit de spécial ou si vous avez quelque commentaire que ce soit à passer sur votre épisode de chanson obsédante.

---

---

---

---

---

## Annexe 2

Résultats détaillés des cotations de familiarité, d'appréciation et de potentiel d'IMIN pour les 150 items évalués.

Titre	Artiste	Décen- nie	Pos max	Nb sem #1	Nb sem Top 50	Familiarité				Appréciation				Potentiel d'IMIN			
						Moy	É-T	Méd	Mode	Moy	É-T	Méd	Mode	Moy	É-T	Méd	Mode
Que je t'aime	Cossette, Sylvain	1990	1	2	35	4.66	0.54	5	5	2.76	1.23	3	3	4.29	1.03	5	5
Ella elle l'a	Ryan, Kate	2000	1	1	36	4.56	0.74	5	5	3.12	1.33	3	3	4.24	1.15	5	5
Tu ne sauras jamais	BB, Les	1990	1	3	25	4.18	1.3	5	5	3.15	1.37	3	5	3.36	1.48	4	5
Tomber à l'eau	Villeneuve, Annie	2000	1	5	39	4.34	0.94	5	5	2.51	1.19	2	3	3.65	1.31	4	5
Juste pour voir le monde	Chicane, La	1990	1	15	52	4.65	0.65	5	5	3.22	1.23	3	3	3.9	1.12	4	5
Moustique, Le	Shock, Stefie	2000	1	5	27	3.77	1.33	4	5	2.71	1.31	3	2	3.48	1.36	4	5
Tu m'manques	Chicane, La	2000	1	11	57	4.54	0.83	5	5	3.04	1.19	3	3	3.65	1.29	4	5
Tout l'or des hommes	Dion, Céline	2000	1	7	31	4.29	1.01	5	5	2.84	1.19	3	3	3.45	1.33	4	5
Changer	Breau, Jean-François, & Janvier, Marie-Ève	2000	1	16	35	4.31	0.93	5	5	2.69	1.34	3	3	3.75	1.25	4	5
Je n't'aime plus	Pelchat, Mario	2000	1	6	31	4.17	1.03	5	5	2.89	1.33	3	3	3.51	1.4	4	5
Gros zero	Yelo Molo	2000	2	-	30	3.79	1.35	4	5	3.07	1.13	3	3	3.33	1.38	4	5
Aigle noir, L'	Carmen, Marie	1990	1	5	25	4.4	1.01	5	5	2.93	1.31	3	2	3.7	1.37	4	5
Aime	Pelletier, Bruno	1990	1	10	45	4.26	1	5	5	2.63	1.22	3	3	3.51	1.34	4	5
Inventer la terre	Pelletier, Marie-Denise	1990	1	4	24	4.01	1.1	4	5	2.55	1.14	3	3	3.36	1.32	4	5
Dans mon corps	Trois Accords, Les	2000	1	2	29	4.15	1.21	5	5	2.91	1.39	3	3	3.76	1.35	4	5
Seul	Garou	2000	1	14	32	4.58	0.62	5	5	2.65	1.17	3	3	3.79	1.18	4	5
Qui a le droit?	Bruel, Patrick	1990	1	4	22	4.67	0.63	5	5	3.59	1.1	4	4	4.05	1.1	4	5
Sous le vent	Garou & Dion, Céline	2000	1	3	32	4.13	1.19	5	5	3.02	1.4	3	4	3.43	1.4	4	5
Rois du monde, Les	Sargue, Damien	2000	1	9	40	4.37	0.8	5	5	2.71	1.22	3	3	3.35	1.33	4	4
Lever l'ancre	Alfa Rococo	2000	1	1	30	3.98	1.24	4	5	3.01	1.26	3	4	3.37	1.38	4	4
Étoiles filantes, Les	Cowboys fringants, Les	2000	1	4	29	4.72	0.61	5	5	4.01	1.01	4	5	3.58	1.2	4	4
Déni de l'évidence, Le	Mes Aïeux	2000	1	4	31	4.05	1.15	4	5	3.34	1.25	3	3	3.4	1.3	4	4

Titre	Artiste	Décen- nie	Pos max	Nb sem #1	Nb sem Top 50	Familiarité				Appréciation				Potentiel d'IMIN			
						Moy	É-T	Méd	Mode	Moy	É-T	Méd	Mode	Moy	É-T	Méd	Mode
Deux printemps, Les	Bélanger, Daniel	1990	1	3	39	4.49	0.77	5	5	3.65	1.26	4	5	3.53	1.23	4	4
Aux portes du matin	Séguin, Richard	1990	1	8	21	4.37	0.88	5	5	3.03	1.07	3	3	3.55	1.19	4	4
Tu m'aimes-tu?	Fortin, Marc-André	2000	1	2	36	4.11	1	4	5	2.6	1.38	3	1	3.37	1.32	4	4
J'entends ta voix	D'Amour, France, & Cossette, Sylvain	2000	1	9	34	3.91	1.06	4	5	2.42	1.17	3	1	3.32	1.36	4	4
Évangéline	Blanchard, Annie	2000	1	1	30	4.03	1.32	5	5	2.9	1.42	3	1	3.28	1.42	4	4
Légende Oochigeas, La	Voisine, Roch	1990	1	8	25	3.73	1.4	5	5	2.51	1.19	3	3	3.29	1.42	3.5	5
Un ange qui passe	Villeneuve, Annie	2000	1	4	30	3.98	1.25	5	5	2.73	1.41	3	1	3.23	1.46	3.5	5
Tout	Fabian, Lara	1990	1	5	34	4	1.13	5	5	2.59	1.28	3	2	3.26	1.37	3	5
Ne fais pas ça	Piché, Paul	2000	2	-	38	4.05	1.11	4	5	2.84	1.18	3	3	3.17	1.36	3	5
Seul au monde	Corneille	2000	1	5	32	4.07	1.13	4	5	2.5	0.21	2	2	3.18	1.39	3	5
Sous une pluie d'étoiles	Daniel, Cindy	2000	2	-	45	3.84	1.34	4	5	2.67	1.27	3	2	3.01	1.37	3	4
Reviens (Où te caches-tu?)	Garou	2000	1	2	30	4.14	1.04	4	5	2.42	1.07	2	3	3.13	1.28	3	4
Trop d'amour	Marjo	1990	1	3	35	4.13	1.08	5	5	2.81	1.09	3	3	3.05	1.27	3	4
Un jour ou l'autre	Boulay, Isabelle	2000	1	1	32	4.17	0.95	5	5	2.65	1.14	3	3	3.23	1.29	3	4
S'il fallait	Marjo	1990	1	4	39	4.06	1.18	5	5	3.12	1.32	3	3	2.85	1.37	3	4
Tant qu'il y aura des enfants	Marjo	1990	1	4	21	3.98	1.17	4	5	2.65	1.17	3	2	3.14	1.34	3	4
Pour toi	Jalbert, Laurence	1990	1	3	41	3.93	1.29	5	5	2.74	1.14	3	2	2.9	1.3	3	4
Sabrina	Yelo Molo	2000	1	3	30	3.58	1.4	4	5	2.96	1.15	3	3	3.15	1.36	3	4
Balade à Toronto	Leloup, Jean	2000	1	3	30	4.14	1.23	5	5	3.35	1.37	3	5	3.04	1.41	3	4
Encore et encore	Jalbert, Laurence	1990	1	3	29	4.15	1.11	5	5	2.98	1.32	3	4	3.21	1.32	3	4
Y'a les mots	Raymond, Francine	1990	1	4	26	3.94	1.15	4	5	2.48	1.08	2	2	3.04	1.32	3	4
Fréquenter l'oubli	Parent, Kevin	1990	1	9	56	4.23	0.93	5	5	2.92	1.14	3	3	2.96	1.29	3	4
Saule, Le	Boulay, Isabelle	1990	1	7	44	4.46	0.86	5	5	2.9	1.08	3	2	2.97	1.16	3	3
Mon ange	Lapointe, Éric	1990	1	7	56	4.64	0.64	5	5	3.03	1.23	3	3	2.89	1.2	3	3
Ce qu'il reste de nous	Dufault, Luce	1990	1	5	36	3.93	1.17	4	5	2.79	1.19	3	3	2.79	1.3	3	3
On ne change pas	Dion, Céline	1990	1	6	51	4.27	0.97	5	5	3.01	1.23	3	3	3.11	1.32	3	3
Bella	Jalbert, Laurence	1990	1	2	25	3.33	1.37	4	4	2.21	1.04	2	2	2.83	1.29	3	3



Titre	Artiste	Décen- nie	Pos max	Nb sem #1	Nb sem Top 50	Familiarité				Appréciation				Potentiel d'IMIN			
						Moy	É-T	Méd	Mode	Moy	É-T	Méd	Mode	Moy	É-T	Méd	Mode
Rêver mieux	Bélanger, Daniel	2000	1	7	32	4.34	0.89	5	5	3.39	1.25	3	4	3.18	1.32	3	3
Temps de m'y faire, Le	Workman, Nanette	1990	1	6	37	3.54	1.26	4	4	2.2	1.11	2	2	2.68	1.28	3	3
Légende de Jimmy, La	Tell, Diane	1990	1	7	22	3.69	1.3	4	5	2.42	1.19	2	2	2.93	1.32	3	3
Infidèle, L'	Lapointe, Stéphanie	2000	1	10	36	4.15	1.05	5	5	2.72	1.34	3	3	3.17	1.28	3	3
Caliente	Parent, Kevin	2000	1	14	32	4.11	1.13	5	5	2.91	1.29	3	3	2.81	1.27	3	3
Naître	Toupin, Marie-Chantal	2000	1	2	35	3.76	1.16	4	5	1.98	1.07	2	1	2.6	1.23	3	3
Tu t'en vas	Fabian, Lara	1990	1	2	23	3.68	1.37	4	5	2.45	1.26	3	1	3.04	1.41	3	3
Tout de moi	Watters, Andrée	2000	2	-	32	3.3	1.42	4	5	2.46	1.14	2	2	2.64	1.25	3	3
Maudite jalousie	Parent, Kevin	1990	1	1	50	4.1	1.11	5	5	2.92	1.2	3	3	2.65	1.13	3	3
Rester debout	Séguin, Richard	1990	1	4	29	3.65	1.33	4	5	2.52	1.07	2	2	2.59	1.16	3	3
Tant de mots	Pelchat, Mario	2000	2	-	35	3.79	1.11	4	5	2.3	1.13	2	2	2.73	1.27	3	3
Au nom de la raison	Jalbert, Laurence	1990	1	5	20	4.04	1.18	5	5	2.78	1.27	3	2	2.73	1.29	3	3
Father on the go	Parent, Kevin	1990	1	4	33	4.09	1.19	5	5	2.93	1.2	3	3	2.84	1.19	3	3
Parfums du passé	BB, Les	1990	1	2	19	3.78	1.38	5	5	2.53	1.29	2	2	2.84	1.34	3	2
Un beau grand slow	Lapointe, Éric	2000	1	4	47	4.23	1.04	5	5	2.87	1.33	3	2	2.89	1.39	3	2
Que passent les saisons	Le Bouthillier, Wilfred	2000	1	5	30	3.69	1.22	4	5	2.08	1.08	2	1	2.78	1.23	3	2
Entre deux taxis	Cowboys Fringants, Les	2000	1	9	28	3.57	1.43	4	5	3.12	1.29	3	3	2.71	1.3	3	2
Je sais pas	Dion, Céline	1990	1	4	32	3.87	1.28	4	5	2.61	1.24	3	2	2.78	1.38	3	2
Tu trouveras	Saint-Pier, Natasha, & Obispo, Pascal	2000	1	6	29	3.67	1.38	4	5	2.46	1.23	2	2	2.79	1.43	3	1
Pleine lune	Béland, Marie-Luce	2000	1	4	42	3.59	1.47	4	5	2.93	1.17	3	3	2.98	1.43	3	1
Parapluie, Le	Bélanger, Daniel	1990	1	7	54	3.99	1.27	4	5	3.2	1.36	3	3	2.75	1.39	3	1
Paysage	Colocs, Les	2000	2	-	32	3.36	1.46	3	5	3.07	1.33	3	3	2.96	1.54	3	1
Pense à moi	Raymond, Francine	1990	1	5	25	3.07	1.5	4	1	2.31	1.14	2	2	2.62	1.36	3	1
Là-bas	Hart, Corey, & Masse, Julie	1990	1	8	32	3.76	1.4	4	5	2.71	1.34	3	2	2.81	1.51	3	1
Même les anges	De Montigny, Audrey	2000	1	10	29	3.41	1.33	4	5	2.17	1.12	2	1	2.76	1.34	3	1
À bout de ciel	Marjo	1990	1	6	19	3.54	1.34	4	5	2.18	1.07	2	2	2.84	1.39	3	1
Comme dans l'temps	Kaïn	2000	1	11	28	3.48	1.52	4	5	2.87	1.39	3	3	2.65	1.38	2.5	1

Titre	Artiste	Décen- nie	Pos max	Nb sem #1	Nb sem Top 50	Familiarité				Appréciation				Potentiel d'IMIN			
						Moy	É-T	Méd	Mode	Moy	É-T	Méd	Mode	Moy	É-T	Méd	Mode
Faut pas que j'panique	Carmen, Marie	1990	1	5	19	2.72	1.48	3	1	1.89	1.11	2	1	2.59	1.3	2	2
Blues d'la rue, Le	Séguin, Richard	1990	1	5	35	3.4	1.34	4	5	2.51	1.13	2	2	2.25	1.1	2	2
Tous les bateaux font des vagues	Raymond, Francine	1990	1	6	30	2.98	1.35	3	3	1.84	0.96	2	1	2.49	1.25	2	2
Danser sur la lune	Marilou	2000	1	8	29	3.1	1.49	3	5	2.1	1.05	2	1	2.61	1.29	2	2
Reviens-moi	Cossette, Sylvain	1990	1	4	47	3.3	1.31	4	3	2.24	1.07	2	2	2.18	1.08	2	2
Idées noires, Les	Masse, Julie	1990	1	8	26	3.33	1.49	4	5	2.32	1.06	2	3	2.2	1.16	2	1
Si j'te disais reviens	De Larochellière, Luc	1990	1	5	27	3.38	1.45	4	5	2.82	1.2	3	3	2.15	1.16	2	1
Toé c'est moé	Toupin, Marie-Chantal	2000	1	4	30	3.51	1.4	4	5	1.68	0.98	1	1	2.32	1.3	2	1
Si tu m'aimes	Fabian, Lara	1990	1	4	35	3.1	1.45	3	5	2.28	1.17	2	1	2	1.1	2	1
C'est elle	Hart Rouge	1990	1	5	21	2	1.34	1	1	1.96	1.06	2	1	2.07	1.23	2	1
En attendant le soleil	Vallières, Vincent	2000	1	7	29	3.07	1.59	3	5	2.82	1.38	3	3	2.26	1.31	2	1
Je ferais tout	Le Bouthillier, Wilfred	2000	2	-	31	3.48	1.41	4	5	2.32	1.1	2	3	2.59	1.38	2	1
Ton nom	Marjo	1990	1	4	43	3.23	1.39	3	4	2.26	1.1	2	2	2.34	1.23	2	1
Pour te revoir	Raymond, Francine	1990	1	3	25	2.71	1.41	3	1	2.02	0.93	2	2	2.22	1.19	2	1
Belle dans'tête	Lapointe, Éric	2000	1	5	31	3.09	1.53	3	5	2.26	1.25	2	1	2.02	1.22	2	1
Ce soir	Villeneuve, Annie	2000	1	10	30	3.34	1.5	4	5	2.4	1.23	2	1	2.36	1.3	2	1
Qui est cet homme?	Jalbert, Laurence	2000	2	-	33	3.59	1.33	4	5	2.47	1.1	2	2	2.23	1.24	2	1
Reste du temps, Le	Cabrel, Francis	1990	1	3	51	3.81	1.26	4	5	3.14	1.17	3	4	2.28	1.2	2	1
Maison est grande, La	Kaïn	2000	2	-	41	3.12	1.65	4	5	2.59	1.34	2	1	2.13	1.28	2	1
Quelqu'un que j'aime, quelqu'un qui m'aime	Dion, Céline	1990	1	7	23	3.18	1.47	4	5	2.26	1.07	2	1	2.55	1.26	2	1
Tête haute, La	Cowboys Fringants, Les	2000	1	1	29	3.15	1.62	3	5	3.03	1.44	3	5	2.25	1.34	2	1
Ma génération	De Larochellière, Luc	1990	1	2	22	2.76	1.52	3	1	2.26	1.12	2	2	1.89	1.11	2	1
J'ai plus ma place	D'Amour, France	1990	1	3	41	3.53	1.38	4	5	2.46	1.13	2	2	2.22	1.19	2	1
Oublier	Bédar, Dany	2000	2	-	35	2.9	1.52	3	1	2.23	1.22	2	1	2.15	1.28	2	1
Viens donc m'voir	Chicane, La	2000	1	4	33	3.56	1.4	4	5	2.62	1.34	2	1	2.59	1.4	2	1
Y a du monde	Bédar, Dany	2000	1	12	37	3.64	1.29	4	5	2.45	1.23	2	2	2.62	1.35	2	1
Jusqu'à dimanche	Chicane, La	2000	2	-	34	3.57	1.41	4	5	2.55	1.25	2	2	2.51	1.45	2	1

Titre	Artiste	Décen- nie	Pos max	Nb sem #1	Nb sem Top 50	Familiarité				Appréciation				Potentiel d'IMIN			
						Moy	É-T	Méd	Mode	Moy	É-T	Méd	Mode	Moy	É-T	Méd	Mode
En attendant ses pas	Dion, Céline	1990	1	4	35	3.53	1.37	4	5	2.68	1.29	3	3	2.4	1.22	2	1
1500 milles	Lapointe, Éric	2000	1	10	28	3.29	1.47	4	5	2.3	1.28	2	1	2.45	1.35	2	1
On fait c'qu'on aime (We want the sunshine)	Respectables, Les	2000	1	15	31	2.98	1.47	3	1	2.43	1.17	2	3	2.21	1.18	2	1
Je suis le même	Garou	2000	1	7	27	3.15	1.44	3	5	2.29	1.15	2	2	2.41	1.26	2	1
Jours de pluie, Les	Alfa Rococo	2000	1	1	31	3.42	1.32	4	5	3	1.29	3	4	2.5	1.28	2	1
Critique, La	Parent, Kevin	1990	1	2	59	3.75	1.25	4	5	2.93	1.2	3	3	2.17	1.17	2	1
Sans t'oublier	Masse, Julie	1990	1	2	21	2.78	1.53	3	1	2.1	1.16	2	1	1.96	1.16	2	1
Je t'attends	Red, Axelle	1990	1	3	25	2.39	1.39	2	1	2.25	1.1	2	2	2.18	1.28	2	1
Tout près du bonheur	Dupré, Marc, & Dion, Céline	2000	1	1	29	3.35	1.42	4	5	2.29	1.25	2	1	2.32	1.27	2	1
Parle parle	Painchaud, Éloi & Jonathan	2000	1	12	30	2.62	1.39	2	1	1.97	1.08	2	1	2.25	1.29	2	1
Si c'est ça la vie	Marjo	1990	1	3	51	3.24	1.32	3	3	2.04	1.01	2	1	2.22	1.17	2	1
Je resterai là	Voisine, Roch	1990	1	4	46	2.98	1.35	3	3	2.07	1.01	2	1	2.04	1.12	2	1
Amour du jour, L'	Kaïn	2000	1	13	30	3.15	1.51	3	5	2.68	1.33	3	1	2.34	1.35	2	1
Fous n'importe où	Bélanger, Daniel	2000	1	8	35	3.75	1.22	4	5	2.74	1.34	2	2	2.47	1.37	2	1
Si pour te plaire	Dupré, Marc	2000	1	6	29	3.1	1.44	4	5	2.21	1.19	2	1	2.39	1.27	2	1
Cache-cache	Landry, Maxime	2000	1	10	30	2.68	1.59	3	1	2.29	1.36	2	1	1.96	1.17	2	1
Quand j'ai peur de tout	Kaas, Patricia	1990	1	8	30	2	1.24	2	1	1.55	0.77	1	1	1.98	1.2	2	1
De héros à zéro	Projet orange	2000	2	-	32	3.09	1.68	4	5	2.59	1.3	3	1	2.37	1.4	2	1
Et la regarder	Jalbert, Laurence	1990	1	2	38	2.92	1.39	3	3	2.01	1.01	2	1	2.15	1.12	2	1
J'ai l'blues de vous	Carmen, Marie	1990	1	3	30	3.13	1.45	3	5	2.07	1.03	2	2	2.44	1.31	2	1
Partons vite	Kaolin	2000	1	15	48	3.14	1.49	3	5	2.78	1.3	3	3	2.59	1.39	2	1
Humana	Fabian, Lara	1990	1	8	41	2.72	1.4	3	1	2.04	1.16	2	1	1.96	1.2	2	1
En manque de toi	Pelletier, Bruno	1990	1	5	29	3.29	1.35	4	5	1.87	1.05	2	1	2.52	1.26	2	1
Regarde-moi	Bédar, Dany	2000	1	1	29	3.1	1.52	3	5	2.42	1.26	2	1	2.17	1.28	2	1
Father on the go, partie 2	Parent, Kevin	2000	1	7	31	3.32	1.36	4	5	2.56	1.16	3	3	1.92	0.97	2	1
Vidanges du diable, Les	Cabrel, Francis	1990	1	2	40	3.24	1.37	3	5	2.61	1.08	3	2	1.94	1.05	2	1

Titre	Artiste	Décen- nie	Pos max	Nb sem #1	Nb sem Top 50	Familiarité				Appréciation				Potentiel d'IMIN			
						Moy	É-T	Méd	Mode	Moy	É-T	Méd	Mode	Moy	É-T	Méd	Mode
Tu peux partir	Chicane, La	2000	2	-	45	3.16	1.55	4	5	2.46	1.28	2	1	2.22	1.26	2	1
Maudit bonheur	Rivard, Michel	1990	1	2	39	3.57	1.29	4	5	2.51	1.18	2	3	2.44	1.22	2	1
Vérité	Deschamps, Martin	2000	2	-	33	3.28	1.26	3	3	2.2	1.09	2	1	2.28	1.18	2	1
J'taimerai encore	Giroux, Martin	2000	1	7	31	2.37	1.36	2	1	1.92	1.09	2	1	1.74	0.98	1	1
Un peu pressé	Desjardins, Boom	2000	1	9	28	2.01	1.25	2	1	1.89	0.92	2	1	1.3	0.63	1	1
Pixels flous	Shock, Stefie	2000	2	-	36	2.62	1.45	3	1	2.3	1.24	2	1	1.69	0.98	1	1
Années lumières, Les	Raymond, Francine	1990	1	6	23	2.28	1.41	2	1	1.62	0.86	1	1	1.6	0.81	1	1
Zora sourit	Dion, Céline	1990	1	5	33	2.25	1.36	2	1	1.97	1.04	2	1	1.52	0.83	1	1
Rien que d'y penser	Red, Axelle	1990	1	5	33	2.17	1.19	2	1	2.28	1.05	2	2	1.64	0.87	1	1
Un long chemin	Saint-Clair, Martine	1990	1	2	32	1.37	0.83	1	1	1.5	0.7	1	1	1.76	0.95	1	1
Lettre à un cowboy	Mitsou	1990	1	3	20	2.75	1.45	3	1	1.76	0.88	2	1	1.89	1.12	1	1
Qui sait?	Lavoie, Daniel	1990	1	5	19	2.15	1.45	1	1	1.79	1.09	1	1	1.48	1.02	1	1
Apprivoise	Raymond, Francine	1990	1	2	34	1.46	0.87	1	1	1.34	0.61	1	1	1.44	0.78	1	1
Usure des jours	Saint-Clair, Martine	1990	1	2	36	1.75	1.08	1	1	1.53	0.76	1	1	1.75	0.95	1	1
À moitié moins heureux	Kain	2000	1	4	33	2.56	1.52	2	1	2.26	1.2	2	1	1.92	1.18	1	1
Pleure à ma place	Séguin, Richard	1990	1	8	27	2.8	1.49	3	1	2.25	1.22	2	2	1.75	0.97	1	1
Moi j'ai toi	D'Amour, France	2000	2	-	32	1.93	1.17	1	1	1.62	0.78	1	1	1.84	1.05	1	1
Comme un appel	Patsy	1990	1	3	21	1.83	1.23	1	1	1.43	0.79	1	1	1.73	1.04	1	1
Immigrée, L'	Dubois, Claude	1990	1	5	29	2.53	1.37	3	1	1.83	0.99	2	1	1.67	1.02	1	1
Besoin d'amour	Parent, Kevin	2000	1	13	31	2.46	1.41	2	1	1.94	1.03	2	1	1.93	1.2	1	1
Magie noire et blanche	Raymond, Francine	1990	1	4	52	2.3	1.37	2	1	1.6	0.91	1	1	1.76	1.01	1	1

*Note : Pos max = position maximale atteinte au palmarès. Nb sem #1: Nombre de semaines durant laquelle la pièce est demeurée au numéro un du palmarès. Nb sem Top 50: Nombre de semaines durant laquelle la pièce est demeurée dans les 50 premières positions du palmarès. Moy = moyenne. É-T = Écart-type. Méd = Médiane.*