

Université de Montréal

**Utilisation normale du mode et du tempo par les
amusiques adultes, lors de jugements émotionnels**

par

Paquette Sébastien

BRAMS, Département de psychologie

Faculté des Arts et des Sciences

Mémoire présenté à la Faculté des Arts et des Sciences
en vue de l'obtention du grade de maîtrise
en Psychologie

août, 2011

© Paquette Sébastien, 2011

Université de Montréal
Faculté des études supérieures et postdoctorales

Ce mémoire intitulé :

Utilisation normale du mode et du tempo par les amusiques adultes, lors de jugements
émotionnels

Présenté par :
Paquette Sébastien

a été évalué par un jury composé des personnes suivantes :

Frédéric Gosselin, président-rapporteur
Isabelle Peretz, directrice de recherche
Sylvie Hébert, membre du jury

Résumé

Notre aptitude à déterminer si un extrait de musique est gai ou triste réside dans notre capacité à extraire les caractéristiques émotionnelles de la musique. Une de ces caractéristiques, le mode, est liée aux hauteurs musicales et une autre, le tempo, est temporelle (Hevner, 1937; 1935). Une perception déficitaire de l'une de ces caractéristiques (ex. les hauteurs) devrait affecter l'expérience émotionnelle. L'amusie congénitale est caractérisée par un traitement anormal des hauteurs (Peretz, 2008). Toutefois, peu de données ont été accumulées sur les réponses émotionnelles des amusiques face à la perception du mode. La perception émotionnelle liée à celui-ci pourrait être préservée, chez les amusiques en raison de leur perception implicite des hauteurs (Peretz, et coll., 2009). Dans un premier temps, cette étude cherchera à déterminer dans quelle mesure les amusiques adultes utilisent le mode relativement au tempo dans la distinction d'une pièce gaie, d'une triste. Dans cette optique, onze amusiques et leurs contrôles appariés ont jugé des extraits de musique classique gais et tristes, dans leur forme originale et dans deux versions modifiées : (1) mode inversé (transcrit dans le mode opposé mineur ↔ majeur) et (2) tempo neutralisé (réglé à une valeur médiane), où le mode émerge comme caractéristique dominante. Les participants devaient juger si les extraits étaient gais ou tristes sur une échelle de 10-points, pendant que leurs réponses électromyographiques (zygomatique et corrugateur) étaient enregistrées. Les participants ont par la suite été réinvités au laboratoire pour réaliser une tâche non émotionnelle de discrimination des modes (majeur, mineur), dans laquelle des paires de stimuli composés de versions plus courtes des extraits originaux et leur version au mode inversé leur étaient présentées. Les participants (14; 7 amusiques) devaient juger si les paires étaient identiques (même stimulus, même mode) ou différentes (même stimulus, modes différents). Dans cette dernière tâche, les amusiques ont eu plus de difficulté que leurs contrôles à discriminer les modes, mais les amusiques comme leurs contrôles se sont montrés sensibles aux manipulations du mode et du tempo, dans la tâche émotionnelle. Ces résultats supportés par des réponses EMG normales présupposent des habiletés préservées ou implicites de traitement tonal dans l'amusie congénitale.

Mots-clés : amusie congénitale, émotion, musique, mode, tempo, électromyographie

Abstract

Our ability to determine if a music piece is happy or sad depends on our capacity to extract the main emotional characteristics of music. One of these characteristics, the mode, is a pitch based constituent, and another one, the tempo, is a temporal factor (Hevner, 1937; 1935). The inability to extract one of those characteristics (pitch) should affect the emotional experience. Congenital amusia is characterized by anomalous pitch processing (Peretz, 2008). Yet, little is known about the amusics' emotional responses to mode. Perhaps emotional perception of this characteristic is preserved due to the amusics' implicit pitch processing (Peretz, et coll., 2009). First, we decided to examine how amusic adults use mode relative to tempo in distinguishing happy from sad musical excerpts. To this aim, we tested whether eleven amusics and their matched controls judged excerpts of happy and sad classical music in their original form and in two manipulated conditions: the "inverted mode condition" where the excerpts were transcribed in the opposite mode (major↔minor); and the "neutralized tempo condition" where all tempi were set to the same median value, hence the mode emerges as the main emotional characteristic. Participants judged on a 10-point scale whether each excerpt was sad or happy while their electromyographical responses (zygomatic, corrugator activity) were recorded. Participants were then invited back to the laboratory, to complete a non-emotional task. This mode discrimination (minor, major) task consisted of pairs of original and inverted mode stimuli, made of shorter versions of the previously used stimuli. Participants (14; 7 amusics) had to judge whether the pairs were identical (same stimuli, same mode) or different (same stimuli different modes). In the latter task, amusics had significantly more difficulty in discriminating the mode compared to their controls. However, amusics did not differ from controls in showing normal sensitivity to mode and tempo manipulations in the emotional task. These normal behavioural judgments supported by normal psychophysiological measures indicate that emotional responses may reveal preserved or implicit pitch processing abilities in congenital amusia.

Keywords : congenital amusia, emotions, music, mode, tempo, electromyography

Table des matières

Résumé.....	i
Abstract.....	ii
Liste des tableaux.....	iv
Liste des figures.....	v
Liste des abréviations.....	vi
Remerciements.....	viii
1. Introduction.....	1
1.1. La musique et les émotions.....	1
1.2. Les caractéristiques émotionnelles de la musique.....	2
1.3. Trouble perceptif en musique : L’amusie congénitale.....	3
1.4. Origines de l’amusie congénitale.....	4
1.5. L’amusie congénitale et la musique émotionnelle.....	5
1.6. Mesures électromyographiques.....	6
2. L’utilisation du mode par les amusiques.....	7
2.1 Propositions.....	8
2.2. Méthodologie.....	9
<i>Participants</i>	9
<i>Stimuli</i>	10
<i>Déroulement</i>	11
<i>Traitement des données</i>	13
2.3. Résultats.....	14
<i>Données comportementales</i>	14
<i>Données électromyographiques</i>	17
2.4. Discussion.....	19
Bibliographie.....	24
Annexe 1.....	ix

Liste des tableaux

Tableau 1. Descriptions des participants (amusiques et contrôles).....	10
--	----

Liste des figures

Figure 1. Schématisation de la présentation des stimuli	12
Figure 2. Jugements émotionnels des participants.....	15
Figure 3. Activité du zygomatique des participants.....	17
Figure 4. Activité du corrugateur des participants.....	18

Liste des abréviations

BMEA :	Batterie Montréalaise de l'Évaluation de l'Amusie
BOLD :	Dépendant de l'oxygénation cérébrale, <i>Blood Oxygen level Dependent</i>
EMG :	Électromyographie
MMN :	Paradigme de négativité de discordance, <i>Mismatch Negativity</i>
PCD :	Test de détection des changements de hauteurs, <i>Pitch Change Detection</i>

À la musique et à l'amusique

Remerciements

Comme les sciences n'ont pas de fin et que le but est moins important que le chemin, j'aimerais tout d'abord remercier ma directrice de recherche Isabelle Peretz de m'avoir accompagné dans ce cheminement. Sa présence d'esprit, ses commentaires, ses conseils et son soutien constant ont permis la réalisation de ce mémoire.

- Isabelle, merci, ce fut un privilège et un honneur de travailler sous votre tutelle.

J'aimerais aussi remercier ma codirectrice non officielle, Nathalie Gosselin, pour sa disponibilité et sa perspicacité; nos rencontres ont bâti ce mémoire.

- Nathalie, merci, ce fut un plaisir et un privilège de travailler à vos côtés.

Pour leur présence au quotidien, merci à tous mes collègues du BRAMS.

Plus particulièrement, merci à Alexandra Tremblay-Champoux, Sébastien Nguyen et Emilie Caron-Caplette pour leur support, leur compréhension et nos nombreuses discussions, à Isabelle Royal et Jessica Phillips-Silver pour leur individualité, leur disponibilité et leurs réflexions, et sans oublier merci à Bernard Bouchard et Olivier Piché pour leur ouverture d'esprit et leur génie technique.

Pour leur contribution plus indirecte au mémoire, j'aimerais remercier : Sarah Claude, Fanny-Maude Urfer, Dahlia Abramowicz, Alex Thibault, Valérie Lacroix et Pierre-Hugo Monette pour avoir été à mes côtés et pour m'avoir questionné/diverti.

Plus que tout, merci à ma famille, Martin Paquette, Francine Favreau et Vincent Paquette pour leur soutien et leurs encouragements dans la poursuite de mes objectifs.

Utilisation normale du mode par les amusiques adultes lors de jugements émotionnels

1. Introduction

Il peut nous arriver de changer le poste de la radio car la musique nous attriste ou encore monter l'intensité du son quand la musique nous rend joyeux. Des expériences de ce type nous sont plus que familières. Lors d'une étude d'échantillonnage du quotidien, Juslin, Liljeström, Västfjäll, Barradas, et Silva (2008) ont rapporté que les participants (32 étudiants) contactés à des moments aléatoires, durant une journée, répondaient 37 % du temps que la musique était présente lors du contact. Les participants ont même souligné que cette musique affectait leur humeur, 64 % du temps.

Avec des épisodes comme ceux-ci, au quotidien, il est facile de se rappeler que la musique est vraiment le langage des émotions.

1.1. La musique et les émotions

L'aptitude qui nous permet de décerner une émotion dans la musique a été étudiée ces dernières années. D'ailleurs, il a été établi que les adultes comme les enfants peuvent différencier la musique gaie de la musique triste. Terwogt et Grinsven (1991) ont étudié les jugements émotionnels réalisés par des enfants et des adultes sur des musiques instrumentales. Ils ont démontré que dès l'âge de 5 ans les enfants à l'image des adultes arrivent à indiquer l'émotion (gai, triste) véhiculée par la musique. Une deuxième étude utilisant une procédure d'habituation a même démontré que dès leur neuvième mois les enfants peuvent discriminer la musique gaie de la musique triste (Flom, Gentile & Pick, 2008). Cette aptitude se développerait donc très tôt et serait rapide il a été documenté que cette distinction émotionnelle pouvait se faire en moins de 500 ms (Peretz, Gagnon & Bouchard, 1998).

De surcroît, il est même possible grâce à l'imagerie d'observer où les émotions musicales sont traitées dans le cerveau. Les résultats d'une récente étude ont aidé à démontrer à quel point les émotions musicales sont traitées différemment. Mitterschiffthaler, Fu, Dalton, Andrew et Williams (2007) ont étudié les différentes activations cérébrales liées à certaines émotions musicales. Ils ont discerné lors de la

présentation de musique gaie, une augmentation du contraste du signal BOLD (signal dépendant du niveau d'oxygénation cérébrale) dans le cortex cingulaire antérieur, dans le gyrus parahippocampique et dans la section ventrale et dorsale du striatum. De manière distincte, ils ont observé une augmentation du contraste du signal BOLD dans l'hippocampe/amygdale lorsque de la musique triste était jouée.

En résumé, à partir de ces différentes études, tant développementales que neuro-fonctionnelles, il pourrait être interprété que dans la population générale, catégoriser une musique émotionnelle est une habileté naturelle.

1.2. Les caractéristiques émotionnelles de la musique

L'habileté à déterminer qu'une musique évoque la gaieté ou la tristesse est intimement liée à la capacité à extraire le mode et le tempo. En manipulant ces différentes caractéristiques, Hevner (1935) a démontré qu'un tempo rapide évoque la joie de même qu'un tempo lent suggère la tristesse. Elle a aussi illustré que le mode majeur évoque la gaieté et que son opposé, le mode mineur, inspire la tristesse (Hevner, 1937).

Plusieurs études récentes ont apporté un support empirique à ces différences en présentant ou manipulant les différentes caractéristiques (mode et tempo) en gardant le matériel constant (Gagnon & Peretz, 2003; Dalla Bella, Peretz, Rousseau & Gosselin, 2001; Peretz, et coll., 1998).

En ce qui a trait au mode, les structures responsables de sa perception ont été étudiées chez les musiciens. Des accords mineurs et majeurs ont été présentés à des musiciens dans le scanner. Le gyrus frontal inférieur, le thalamus médian et le cortex cingulaire antérieur ont été identifiés comme étant des structures importantes permettant la distinction des modes majeur et mineur (Mizuno et Sugishita, 2007).

Un trait distinctif de ces deux modes (majeur, mineur) réside dans l'utilisation respective de la tierce majeure et la tierce mineure qui se situent à une distance de 1 demi-ton l'une de l'autre. La capacité de distinguer le mode mineur du majeur requiert donc une fine discrimination des intervalles des hauteurs musicales. Il semble donc probable qu'une personne amusicque dans l'incapacité de déceler des changements de hauteurs de moins de

deux demi-tons ne puisse extraire le mode, une caractéristique essentielle de la structure émotionnelle de la musique.

1.3. Trouble perceptif en musique : L'amusie congénitale

L'amusie congénitale est un trouble qui affecte essentiellement la musique et qui n'est pas attribué à une perte auditive, une lésion cérébrale, une déficience intellectuelle ni un manque d'exposition à la musique (Ayotte, Peretz & Hyde, 2002). Ce qui différencie les amusiques des auditeurs normaux est leur incapacité à reconnaître une chanson familière sans les paroles, leur incapacité à détecter les fausses notes et leur difficulté à déterminer si deux mélodies sont pareilles ou différentes sur la dimension des hauteurs (Ayotte, et coll., 2002; Peretz, 2008; Peretz, Champod & Hyde, 2003; Peretz, Gosselin, Tillmann, Cuddy, Gagnon, Trimmer, et coll., 2008).

Foxton, Dean, Gee, Peretz et Griffiths (2004) ont observé chez les participants amusiques congénitaux deux niveaux de déficit. Ils ont démontré un déficit dans leur capacité à percevoir des schémas de hauteurs (contour; montant ou descendant) et dans la détection de fines différences de hauteurs. Une autre étude par Hyde et Peretz (2004) a permis non seulement de confirmer et évaluer ce déficit, mais de déterminer que les amusiques peuvent extraire l'aspect temporel de la musique. Dans cette étude, il était demandé de détecter si un son déviait par rapport aux autres en terme de hauteur ou s'il était décalé dans le temps. L'étude a révélé que les amusiques ont de la difficulté à détecter les changements plus petits que deux demi-tons, mais qu'ils étaient capables de détecter les changements temporels.

De plus lors d'une étude plus récente en électrophysiologie, Peretz, Brattico & Tervaniemi (2005) ont démontré que les difficultés des amusiques avec le traitement des hauteurs pourraient être liées à une réponse cérébrale anormale. Ils ont découvert en utilisant une méthode de potentiel évoqué que les cerveaux des amusiques ne répondaient pas aux différences de hauteurs plus petites qu'un demi-ton, mais que le cerveau de leurs contrôles arrivait à faire cette distinction.

En résumé, ce qui caractérise l'amusie congénitale est la capacité d'extraire l'aspect temporel de la musique, tout en ayant de la difficulté à détecter les différences de hauteurs plus petites que deux demi-tons (Hyde & Peretz, 2004).

1.4. Origines de l'amusie congénitale

L'amusie congénitale émerge de l'incapacité à encoder les hauteurs avec assez de résolution pour permettre l'acquisition de connaissances sur la structure de la musique. Ce que les amusiques ne semblent pas avoir acquis pour le traitement des hauteurs est normalement et automatiquement assimilé par l'auditeur commun très tôt dans le développement, et est essentiel au traitement de la musique (Peretz, 2008; Saffran, 2003).

Puisque les amusiques sont nés avec ce trouble, ils n'ont probablement jamais assimilé les connaissances spécifiques que les individus avec un développement normal ont acquises sur la structure musicale. Selon cette logique, un amusique dans l'incapacité de détecter les changements de hauteurs de moins de deux demi-tons pourrait se voir priver d'une part essentielle de la structure émotionnelle de la musique : le mode.

Toutefois, la possibilité d'un traitement implicite des fines différences de hauteurs par les amusiques a déjà été rapportée dans de récentes études. Grâce à l'électrophysiologie et un paradigme de négativité de discordance, *Mismatch Negativity* (MMN)¹, ces études ont révélé que les amusiques perçoivent à un niveau préattentif ou inconscient les fines différences de hauteurs dans un contexte musical (Moreau, Jolicoeur & Peretz, 2009; Peretz, Brattico, Järvenpää & Tervaniemi, 2009). Leur perception presque normale des hauteurs est par contre insuffisante pour permettre une représentation consciente de ces différences de hauteurs. Il est possible que cette perception soit suffisante pour la perception émotionnelle implicite du mode.

Il est concevable que les jugements émotionnels et non émotionnels dépendent de systèmes distincts qui pourraient être affectés de manières différentes par un trouble de perception, comme le propose Zajonc (1980, 1984). Lorsqu'il est question du traitement

¹ La MMN est un potentiel évoqué qui est associé aux aires auditives du cerveau (Shalgi & Deouelle, 2007) et qui est associé à une détection pré-attentive de changement auditif (Näätänen, 1992).

des visages, des lésions cérébrales peuvent, par exemple, affecter l'habileté de reconnaître un visage sans toutefois affecter la perception d'une expression émotionnelle : *affective blind sight* (ex. de Gleider & Hadjikhani, 2006). Le déficit opposé a aussi été observé, dans certains cas, la reconnaissance du visage est préservée et la reconnaissance des expressions émotionnelles est affectée (ex. Parry, Young, Saul & Moss, 1991; Young, Newcombe, de Haan, Small, Hay, 1993). Dans le domaine auditif, la suggestion d'une dissociation similaire a aussi été proposée pour le traitement de la voix (Imaizumi, Mori, Kiritani, Kawashima, Sugiura, Fukuda, et coll., 1997).

Une dissociation entre le traitement cognitif et affectif, dans le domaine musical, a déjà été observée chez une patiente I.R. Cette patiente démontre un déficit sévère du traitement musical, une amusie acquise suite à des lésions cérébrales. Elle éprouve de la difficulté à reconnaître des extraits musicaux familiers (Peretz et Gagnon, 1999). Il est aussi difficile pour elle de différencier des extraits musicaux ou de détecter une erreur évidente dans ceux-ci (Peretz, et coll., 1998). Malgré ce déficit, son traitement émotionnel de la musique est préservé. Elle est capable de déduire l'émotion exprimée par une musique (Peretz & Gagnon, 1999). Elle dit apprécier la musique et lorsqu'il lui est demandé d'effectuer un jugement émotionnel elle réalise la tâche au même niveau que ses contrôles (Peretz, et coll., 1998). Il est possible de concevoir la même distinction entre le traitement cognitif et affectif chez les amusiques congénitaux. Leur traitement émotionnel du mode pourrait être préservé, malgré un déficit de perception des hauteurs.

1.5. L'amusie congénitale et la musique émotionnelle

Malgré leur trouble perceptif explicite en musique, il a été établi dans la littérature que les amusiques peuvent faire la distinction entre des extraits de musique gaie et des extraits de musique triste (Ayotte, et coll., 2002). Cela peut paraître étonnant lorsque l'on sait que seulement 43 % des amusiques disent apprécier ou aimer la musique; contrairement aux contrôles de la même étude qui eux disent tous au moins l'apprécier (McDonald et Stuart, 2007). Il a été souligné, dans la même étude, que plus de la moitié des amusiques disent ne pas être convaincus ou ne pas croire que la musique puisse accroître

notre niveau de tristesse ou servir à améliorer l'humeur; tandis que 95 % de leurs contrôles croient en ce pouvoir de la musique. Un amusique, dans cette étude, a même spécifié qu'il éprouvait une certaine irritabilité similaire à de la rage lorsqu'il écoutait de la musique et que, par le même fait, il se demandait ce que les autres ressentait et se demandait quelle sorte d'expérience lui était refusée.

Dans le but de mieux décrire les réponses émotionnelles des amusiques et leurs limites, nous avons décidé de réaliser une tâche dans laquelle les jugements émotionnels des amusiques et leurs réponses électromyographiques à différents paramètres émotionnels musicaux (mode et tempo) seraient observés.

1.6. Mesures électromyographiques

Les mesures électromyographiques (EMG) reflètent la richesse et la complexité de l'émotion et permettent d'enregistrer en temps réel les réactions émotionnelles (Hazlett & Hazlett, 1999). Les mesures EMG fournissent un indice somatique lié aux réactions émotionnelles et varient systématiquement avec les jugements comportementaux de stimuli émotionnels (Cacioppo, Klein, Bernston & Hatfield, 1993). Dans certains cas elles peuvent même aider à différencier les réactions implicites et des réactions ayant subi un traitement plus élaboré (Tamietto, Casteli, Vighetti, Perozzo, Geminiani, Weiskrantz et coll., 2009). Des stimuli émotionnels comme les expressions faciales (Lundquist & Dimberg, 1995), la musique (Dellacherie, Roy, Hugueville, Peretz & Samson, 2010; Khalfa, Roy, Rainville, Dalla Bella & Peretz, 2008; Witvliet & Vrana, 2007), la voix et les expressions corporelles (Magnée, Stekelenburg, Kemner & de Gelder, 2006) peuvent provoquer des réactions faciales. Ces réactions émotionnelles, aussi petites qu'elles soient, peuvent être enregistrées par l'utilisation de mesures EMG.

Plus spécifiquement, les muscles *zygomaticus major* et *corrugator supercillii* sont, de façon respective, associés à la joie et à la tristesse, car ils sont engagés dans le sourire et le froncement des sourcils. Des changements électromyographiques au niveau de ces muscles ont pu être observés à l'écoute de musique. Par exemple, Khalfa et ses collaborateurs (2008) ont rapporté que l'activité du zygomatique est significativement plus

élevée lorsque les participants écoutaient de la musique gaie que lorsqu'ils écoutaient de la musique triste. Similairement, il semble que l'activité du corrugateur serait plus élevée pour des musiques à valence négative (Dellacherie, et coll., 2010; Witvliet & Vrana, 2007). Il est donc probable que des musiques tristes provoquent une activation du corrugateur de manière similaire à ce qui a préalablement été observé avec d'autres stimuli émotionnels tels que les visages tristes (Lundquist & coll., 1995; Lundquist, 1995) et la visualisation de situations tristes (Schwartz, Brown & Ahern, 1980; Schwartz, Fair, Salt, Mandel & Klerman, 1976).

2. L'utilisation du mode par les amusiques

Dans le but d'explorer si le trouble de discrimination des hauteurs des amusiques affecte leur habileté à extraire le mode et à réagir à celui-ci (EMG), une tâche manipulant les paramètres musicaux (mode & tempo) sera utilisée. Pour atteindre cet objectif, la tâche comprendra des extraits de musique originaux gais et tristes et les mêmes extraits dont le mode et le tempo ont été manipulés. Ce paradigme nous permettra d'avoir une condition où le mode des stimuli est inversé (mineur↔majeur) et une autre condition où le mode est la seule caractéristique émotionnelle sur laquelle on peut porter jugement (dans laquelle le tempo est neutralisé). Comme la perception du mode chez les amusiques n'a jamais été évaluée, une tâche non émotionnelle de discrimination des modes utilisant une version courte des stimuli originaux et des stimuli aux modes inversés sera aussi réalisée. Cette deuxième tâche nous permettra d'évaluer de manière plus complète la perception des différences de hauteurs liées au mode chez les amusiques et leurs impacts réels sur la perception émotionnelle.

Les stimuli décrits si haut ont préalablement été utilisés avec succès chez les adultes (Peretz, et coll., 1998) et chez les enfants de 5 à 8 ans (Dalla Bella, et coll., 2001) et ont permis de démontrer que les manipulations du mode et du tempo affectent les jugements émotionnels.

Le point central d'évaluation de cette étude sera la conséquence d'une perception déficitaire des hauteurs sur la sensibilité à l'inversion du mode et la neutralisation du tempo.

2.1 Propositions

Comme la perception du mode chez les amusiques n'a jamais été rapportée, deux propositions seront évaluées.

(1) *Les amusiques ne perçoivent pas le mode*

En raison de leur déficit de perception des hauteurs, nous supposons que les amusiques seront insensibles aux manipulations du mode (condition où le mode est inversé). Pour la même raison, les amusiques devraient avoir de la difficulté à juger l'émotion exprimée lorsque le mode est la seule caractéristique disponible pour distinguer les extraits gais des tristes (condition où le tempo est neutralisé).

En d'autres mots, comme leur trouble est lié aux fines discriminations des hauteurs et non à la dimension temporelle de la musique, leurs jugements émotionnels devraient seulement être influencés par les changements de tempo. Plus précisément, les amusiques devraient associer un tempo rapide à de la musique gaie, un tempo lent à de la musique triste et un tempo neutralisé à aucune émotion en particulier.

Pour ce qui est de leurs activations EMG: leur zygomatique devrait être significativement plus activé en présence de musique gaie (c.-à-d. tempo rapide et mode majeur) qu'en présence de musique triste (c.-à-d. tempo lent et mode mineur). L'opposé devrait pouvoir être observé pour ce qui est de l'activation du corrugateur, qui devrait être significativement plus activé en présence de musique triste que lorsque de la musique gaie est présentée. Des réactions similaires devraient être observées, lorsque le mode est inversé (mineur↔majeur), car ce changement devrait passer inaperçu pour les amusiques. Dans le même ordre d'idée, ils ne devraient pas avoir des réponses électromyographiques significatives dans la condition où le tempo a été neutralisé, car en principe l'aspect

temporel est la seule caractéristique émotionnelle qu'ils peuvent extraire pour percevoir une émotion.

Pour ce qui est de la tâche (non émotionnelle) de discrimination des modes (mineur et majeur), nous supposons que les amusiques auront un déficit de discrimination du mode comparé à leurs contrôles. À l'image de leur trouble de discriminations des hauteurs, ils auront de la difficulté à percevoir la différence entre deux modes.

(2) Les amusiques ont une perception émotionnelle implicite du mode

Comme il est proposé dans la proposition précédente, les amusiques auraient un trouble de discrimination du mode dans la tâche non émotionnelle. Par contre, dû à un traitement des hauteurs pré-attentif ou inconscient préservé, les amusiques seraient affectés dans leurs jugements émotionnels, dans une certaine mesure, par les manipulations du mode et du tempo. Les mêmes observations devraient pouvoir être faites avec leurs réactions émotionnelles (EMG).

2.2. Méthodologie

Participants

Onze amusiques (7 femmes, 4 hommes) et leurs onze contrôles appariés selon leur âge, genre, scolarité et éducation musicale, ont réalisé la tâche émotionnelle (voir le tableau 1 pour la description détaillée des participants); 20 participants (9 amusiques et 11 contrôles) ont participé au volet non émotionnel de l'étude.

Chaque amusique a obtenu un score global inférieur de deux écarts-types à la batterie montréalaise d'évaluation de l'amusie (BMEA : Peretz, et coll., 2003). Ce score ainsi que les scores aux trois sous-tests liés à la perception des hauteurs ont été rapportés dans le tableau 1. Lors du sous-test de détection d'un changement hors de l'échelle musicale, aucun recouvrement entre les amusiques et leurs contrôles n'a été observé.

De plus le trouble de perception des fines différences de hauteurs (PCD : *Pitch change detection*; Hyde et Peretz, 2004) a été évalué. Lorsqu'il leur a été demandé

d'identifier un son déviant (en hauteur), dans une séquence de sons identiques, les amusiques ont démontré un trouble de perception des déviants plus petit qu'un demi-ton ($\pm \frac{1}{2}$ et $\pm \frac{1}{4}$ demi-ton), voir Tableau 1. Tous les participants ont signé un formulaire de consentement avant de participer aux tâches.

Tableau 1. Caractéristiques démographiques des participants (amusiques et contrôles) ainsi que leurs scores à la BMEA (% de réponses correctes) et à la tâche de discrimination des hauteurs (détections correctes - fausses alarmes). L'étendue est également présentée entre parenthèses ainsi qu'un test-t pour chaque comparaison.

	Contrôles	Amusiques	Test-T	
N	11 (7F)	11 (7F)	-	
Âge	65.4 (60-74)	66.7 (61-70)	t(20) = 0.85, <i>ns</i>	
Nb. d'année de scolarité	15.9 (12-19)	16.5 (8-21)	t(20) = 0.46, <i>ns</i>	
Nb. d'année de cours de musique ⁿ	2.1 (0-4)	1.3 (0-4)	t(20) = -1.69, <i>ns</i>	
Score global	90 % (83-93)	64 % (51-74)	t(20) = -10.80, <i>p</i> *	
BMEA	1. Échelle musicale	93% (83-100)	60% (47-77)	t(20) = -10.98, <i>p</i> *
	2. Contour différent	89% (77-100)	66% (50-87)	t(20) = -6.04, <i>p</i> *
	3. Contour identique	87% (73-97)	58% (40-73)	t(20) = -6.80, <i>p</i> *
	$\pm 1/4$ demi-ton	92% (77-100)	29% (0-66)	t(20) = -8.85, <i>p</i> *
PCD	$\pm 1/2$ demi-ton	96% (76-100)	73% (33-97)	t(20) = -3.43, <i>p</i> *
	± 1 demi-ton	98% (94-100)	93% (69-100)	t(20) = -1.51, <i>ns</i>

ⁿ (1 = < 1an, 2 = 1-3ans, 3 = 4-6ans, 4 = 7-10ans), * = P < 0.05

Stimuli

Les 32 extraits musicaux sélectionnés pour cette étude ont été préalablement utilisés pour étudier les émotions musicales et leurs différentes caractéristiques (Peretz et coll., 1998; Dalla Bella et coll., 2001). Tous les extraits proviennent du répertoire de musique classique occidentale. Ils ont été sélectionnés de manière à ce que la moitié évoque la joie et l'autre moitié la tristesse. Les extraits gais ont été joués à un tempo rapide (entre 80 et 255 *Metronome Marking*) et étaient écrits dans le mode majeur; les extraits tristes ont été joués à un tempo lent (entre 20 et 100 *Metronome Marking*) et étaient écrits dans le mode mineur. Tous les extraits ont été transcrits pour le piano et ont été générés par ordinateur et

constituent la condition originale (voir Peretz et collaborateurs, 1998, pour leur description complète). Les mêmes extraits ont été manipulés pour créer une condition où le tempo original est conservé, mais où le mode est inversé et une autre condition où le mode original est présent, mais le tempo est neutralisé. Dans la condition mode inversé, les pièces ont été transcrites dans le mode opposé (mineur↔majeur), selon la procédure utilisée par Hevner (1935). Dans la condition tempo neutralisé, le tempo a été ajusté à une valeur unique pour tous les extraits (84 *Metronome Marking*), qui correspond à la valeur médiane des tempos de tous les extraits originaux. La durée moyenne des stimuli est de 15,8 secondes (de 6 à 33 secondes). Il est à noter que trois extraits sur quatre-vingt-seize (condition : gai - mode inversé) contiennent un intervalle mélodique différent de trois demi-tons (différence perceptible par les amusiques), lorsque ces extraits sont comparés aux originaux.

La tâche non émotionnelle a été créée avec dix-huit des stimuli utilisés dans la tâche émotionnelle principale. Les 500 premières millisecondes des stimuli originaux (18) et leur version au mode inversé (18), ont été utilisées. Un découpage similaire avait été réalisé par Peretz et collaborateurs (1998). Nous nous sommes assurés que la version “500 millisecondes” des extraits contienne au minimum une note affectée par l’inversion du mode. De 1 à 2 notes ($M=1.06$) par extraits sont haussées ou abaissées d’un demi-ton par l’inversion du mode. Aucun extrait de 500ms ne contient d’intervalles mélodiques.

Déroulement

→Tâche émotionnelle

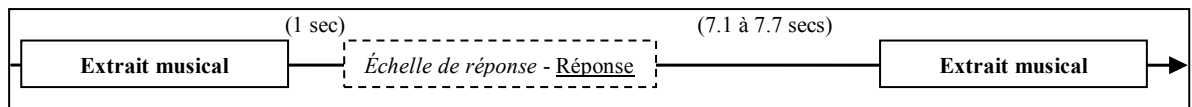
Tout d’abord, les participants (amusiques et contrôles) étaient emmenés dans une salle insonorisée équipée de haut-parleurs pour la présentation des stimuli. Par la suite, de manière à pouvoir enregistrer leurs réactions émotionnelles (zygomatique et corrugateur), des électrodes (8 mm, Ag/AgCl) étaient placées selon les recommandations de Frilund et Cacioppo (1986), sur l’hémi-visage gauche des participants; deux électrodes sur la joue et deux au dessus du sourcil.

Avant de débiter la tâche, les participants recevaient deux instructions. Il était demandé aux participants de juger (à l'aide du clavier) à quel point les extraits exprimaient la joie et la tristesse sur une échelle de 1 (triste) à 10 (gai). Il leur était aussi demandé de restreindre leurs mouvements et de répondre seulement quand l'échelle de réponse apparaissait à l'écran.

L'ordre de présentation des stimuli a été construit de manière à ce que la même émotion ne soit pas répétée plus que trois fois de manière consécutive et que le stimulus original et ses versions manipulées soient au moins séparés par trois stimuli. Quatre stimuli de pratique étaient d'abord présentés, suivis des 32 extraits originaux, pseudo-aléatoirement mélangés à leurs versions au mode inversé et au tempo neutralisé. Un seul ordre de présentation, incluant deux pauses, a été utilisé pour s'assurer que les amusiques et les contrôles étaient testés dans les mêmes conditions.

Plus précisément, en ce qui a trait à la présentation des stimuli, de manière similaire à ce qui avait été fait par Dellacherie et collaborateurs (2010), un délai d'une seconde a été imposé après la présentation du stimulus pour éviter la contamination des EMG par la préparation à la réponse (voir Figure 1). De plus, pour réduire l'habituation, l'intervalle réponse-stimuli avait une durée variable de 7.1 à 7.7 secondes.

Figure 1. Schématisation de la présentation des stimuli; ordre chronologique de gauche à droite.



Tout au long de la tâche, les mesures électromyographiques ont été enregistrées et filtrées entre 100 et 500 Hz de manière continue, par le System Biopac MP150 (Biopac Systems Inc., Goleta, CA). La durée totale de la tâche était de 50 minutes.

→Tâche non émotionnelle

La tâche non émotionnelle a toujours été réalisée après la tâche émotionnelle après un délai minimal de deux mois. Ils ont été testés dans les mêmes conditions à l'exception

qu'aucune mesure électromyographique n'a été enregistrée et que des écouteurs ont été utilisés pour la présentation des extraits. Cinq stimuli de pratique étaient d'abord présentés, suivis par les trente-six paires composées de stimuli d'une durée de 500 ms [originale - originale (n=9), mode inversé - mode inversé (n=9), mode inversé - originale (n=9) & originale - mode inversé (n=9)]. Les paires ont été présentées dans un ordre pseudo-aléatoire, pour éviter que le même extrait soit présenté dans deux paires consécutives. La moitié des paires débutaient avec un extrait en mode mineur. Les participants devaient juger si chaque paire était composée de stimuli identiques (ex. original_01 - original_01) ou si les stimuli étaient différents (ex. mode_inversé_01 - Original_01). Les sujets n'étaient pas limités dans leur temps de réponse, mais ils étaient encouragés à effectuer rapidement leur réponse. La durée totale de la tâche était de 10 minutes.

Traitement des données

→Tâche émotionnelle

Les jugements émotionnels (1-10) des participants ont été moyennés pour chaque groupe selon l'émotion et la condition.

Les réponses électromyographiques ont demandé un traitement plus approfondi. Elles ont d'abord été rectifiées (leurs racines carrées ont été calculées et utilisées comme mesure), puis elles ont été lissées par un facteur de 200 à l'aide d'une fonction du logiciel AcqKnowledge, outil du système Biopac.

Les réponses sélectionnées pour cette étude étaient celles qui avaient eu lieu entre le début du stimulus et la sixième seconde (durée du stimulus le plus court). L'intégrale de ces réponses a été extraite par fenêtre de 100 ms et une activation pré-stimuli de 100 ms leur a été soustraite, pour isoler l'activité due aux stimuli.

Toutes les réponses ont été inspectées visuellement pour identifier les mouvements et les artefacts. Cette inspection a mené à ce que 10.6 %, des réponses du zygomatique et 11 % des réponses du corrugateur soient éliminées pour les amusiques, et 15,7 % des réponses du zygomatique et 10.8 % des réponses du corrugateur soient éliminées pour les

contrôles. Les réponses ont été normalisées à l'aide du calcul d'un score-z pour chaque participant et elles ont été moyennées par condition et type d'émotion.

→*Tâche non émotionnelle*

Pour cette tâche, une mesure de sensibilité a été calculée par participant et moyennée par groupe; cette mesure correspond à la soustraction des fausses alertes (lorsqu'une paire de stimuli identiques est identifiée comme différente) aux détections correctes (lorsqu'une paire de stimuli différents est identifiée comme différente).

Tous les tests-t présentés dans la section suivante ont été corrigés à l'aide de la correction de Bonferroni « *step-down* (Holm) » en fonction du nombre de comparaisons.

2.3. Résultats

Données comportementales

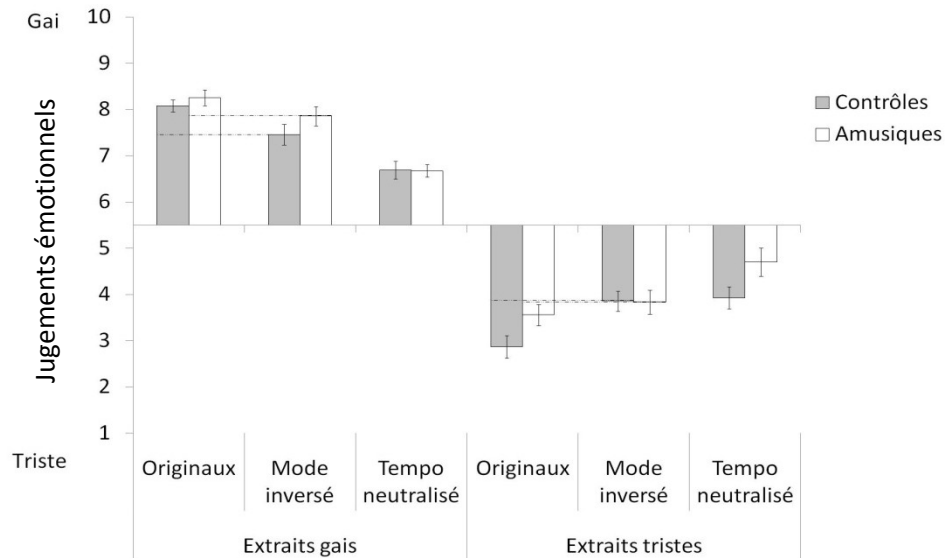
→*Tâche émotionnelle*

Tel qu'il peut être observé dans la Figure 2, tous les participants semblent juger les extraits originaux comme étant ceux qui représentaient l'émotion (gai, triste) de la manière la plus intense (extrêmes de l'échelle).

Des analyses préliminaires effectuées à l'aide d'une ANOVA à mesures répétées ayant comme facteur inter-sujets le Groupe (amusiques, contrôles) et facteurs intra-sujet les Émotions (gai, triste) et les Conditions (originale, mode inversé, tempo neutralisé), a révélé une interaction triple ($F(2,40) = 6.27, p < .005, \eta^2 = .24$).

L'objectif de cette étude étant de découvrir si indépendamment les amusiques sont sensibles à l'inversion du mode et la neutralisation du tempo, les analyses subséquentes ont été effectuées, dans le but d'isoler l'effet des différentes manipulations sur les jugements émotionnels. Les conditions (mode inversé, tempo neutralisé) ont été comparées séparément à la condition originale; deux ANOVAs distinctes ont été réalisées.

Figure 2. Les moyennes des jugements (gai-triste) des amusiques et des contrôles présentés en fonction des trois conditions (originale, mode inversé, tempo neutralisé) et des deux catégories d'émotions (gai, triste). SE



Les amusiques, comme les contrôles, sont sensibles à l'**inversion du mode**². Une ANOVA à mesures répétées ayant comme facteur inter-sujets le Groupe (amusiques, contrôles) et facteurs intra-sujet les Émotions (gai, triste) et les Conditions (originale, mode inversé), a révélé une interaction triple ($F(1,20) = 11.71, p < .01, \eta^2 = .37$). La séparation des groupes n'a permis que d'établir des interactions doubles (Émotion x Conditions) chez les amusiques ($F(1,10) = 14.31, p < .005, \eta^2 = .59$) comme chez les contrôles ($F(1,10) = 61.28, p < .001, \eta^2 = .86$). Des tests-t subséquents ont permis de vérifier l'effet de l'inversion du mode sur les stimuli gais et tristes. Chez les amusiques, comme chez les contrôles, une différence significative a pu être observée entre leurs jugements émotionnels pour la condition originale et la condition mode inversé. Cette différence a été observée pour les extraits gais (amusiques: $t(10) = 2.50, p < .05, d = .63$ et contrôles: $t(10) = 4.77, p < .005, d = .93$) où les extraits manipulés ont été jugés significativement moins gais que les originaux. Cette différence a aussi été observée pour les extraits tristes (amusiques: $t(10) =$

² Voir Annexe 1, pour les jugements individuels.

-4.00, $p < .01$, $d = -.35$ et contrôles: $t(10) = -8.75$, $p < .001$, $d = -1.10$) où les extraits manipulés ont été jugés significativement moins tristes que les originaux. Les deux groupes sont donc significativement sensibles à l'inversion du mode. La différence entre les groupes serait expliquée par la taille d'effet, un facteur important lors de l'analyse de variance. Comme l'on peut l'observer à l'aide des lignes pointillées dans la Figure 2 ainsi que par les différents d de Cohen³ rapportés, l'effet de l'inversion du mode est plus prononcé pour les contrôles (grande taille d'effet; $d > .8$), que pour les amusiques (taille d'effet moyenne; d entre .2 et .80).

De plus, les amusiques comme les contrôles sont sensibles à la **neutralisation du tempo**. Une ANOVA à mesures répétées ayant comme facteur inter-sujets le Groupe (amusiques, contrôles) et facteurs intra-sujet les Émotions (gai, triste) et les Conditions (originale, tempo neutralisé), a révélé une interaction double ($F(1,20) = 234.44$, $p < .001$, $\eta^2 = .92$) entre les conditions (original, tempo neutralisé) et les émotions (gai, triste). Il n'y aurait pas de différence entre nos deux groupes pour cette manipulation. Les extraits gais dont le tempo a été neutralisé sont significativement jugés moins gais que leurs versions originales ($t(21) = 14.61$, $p < .001$, $d = 1.62$). De façon similaire, les extraits tristes dont le tempo a été neutralisé sont significativement jugés moins tristes que leur version originale ($t(21) = -9.48$, $p < .001$, $d = 1.05$). On peut observer que la neutralisation du tempo a un grand impact sur les jugements des stimuli ($d > .8$).

→Tâche non émotionnelle

Dans la tâche non émotionnelle, les amusiques ($n=9$) ont démontré un déficit de discrimination des modes. Leurs résultats démontrent une difficulté à distinguer les extraits originaux des extraits où le mode avait été inversé. Leur sensibilité au changement⁴ d' de 1.2 (SE = 0.68) s'est trouvée réduite par rapport aux contrôles ($n=11$) avec 2.94 (SE = 0.95). Un test-t a été réalisé et indique une différence significative entre les deux groupes, $t(18) = -4.77$, $p < .001$.

³ Cohen (1988), propose les directives suivantes pour interpréter la taille d'effet: $\leq .02$ = petit effet, $.5$ = effet moyen et $\geq .8$ = grand effet.

⁴ Abdi (2007), la théorie de détection des signaux.

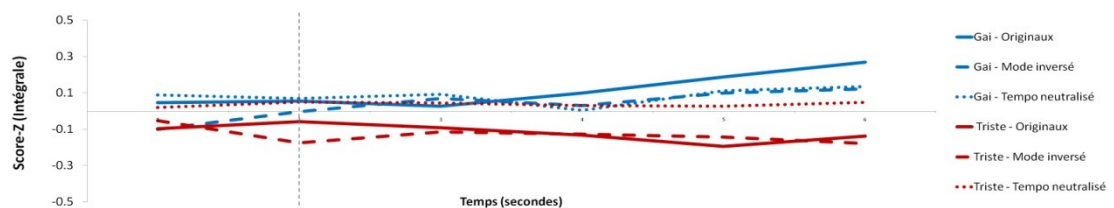
Données électromyographiques

Une inspection visuelle des réponses EMG nous a permis d'identifier deux phases d'activation. La même observation avait été faite par Dellacherie et collaborateurs (2010). Nous avons identifié une première phase (0-2sec), où aucune différenciation émotionnelle ne semble être effectuée et une seconde phase (2-6sec) où les réponses commencent à se différencier. Subséquemment, seulement la deuxième phase (2-6sec) a été analysée.

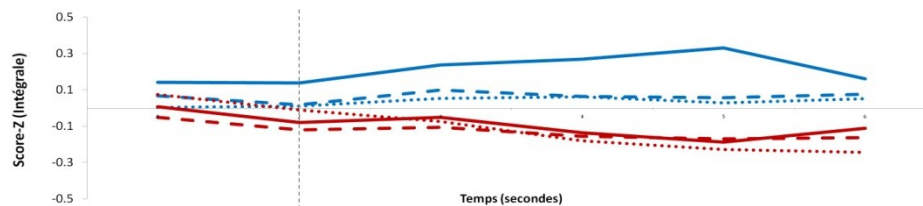
De manière respective, les réponses EMG du corrugateur et du zygomaticue des participants se sont révélées être différentes pour les stimuli gais et tristes. Leurs activités n'ont par contre pas permis de faire la distinction entre les différentes conditions (originale, mode inversé et tempo neutralisé). La grande variabilité des réponses EMG entre les participants et le nombre limité de participants pourrait être responsable de cette limite des mesures EMG. Étant donné le processus de normalisation (nécessaire) qui a égalisé les moyennes des groupes, des ANOVAS (émotions x conditions) séparées ont été réalisées pour chaque groupe et chaque muscle.

Figure 3. Moyennes normalisées de l'activité du zygomaticue pour les amusiques (a) et les contrôles (b) présentées en fonction du temps, et ce, pour les extraits gais et tristes ainsi que chacune des conditions (originale, mode inversé, tempo neutralisé). La ligne pointillée verticale fait référence au début de la fenêtre d'analyse.

a) Amusiques



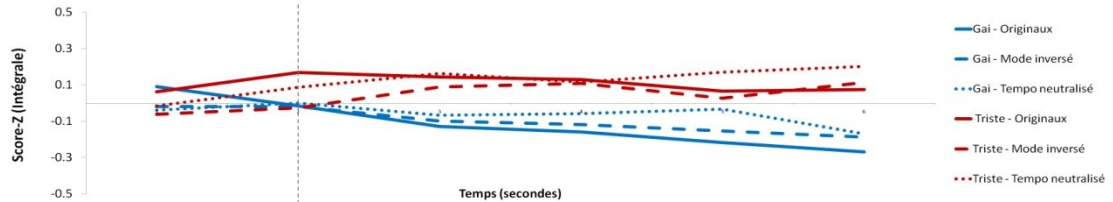
b) Contrôles



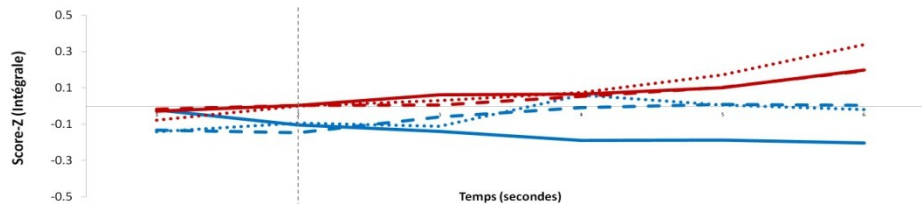
L'activité du zygomatique (Figure 3.) s'est révélée significativement plus élevée pour les extraits gais que les extraits tristes. Les ANOVAs à mesures répétées (émotions x conditions) effectuées avec les activations du zygomatique ont seulement révélé des effets principaux d'émotion chez les amusiques ($F(1,10) = 8.56, p < 0.05$), comme chez les contrôles ($F(1,10) = 33.57, p < 0.001$).

Figure 4. Moyennes normalisées de l'activité du corrugateur pour les amusiques (a) et les contrôles (b) présentées en fonction du temps, et ce, pour les extraits gais et tristes ainsi que chacune des conditions (originale, mode inversé, tempo neutralisé). La ligne pointillée verticale fait référence au début de la fenêtre d'analyse.

a) Amusiques



b) Contrôles



Tel qu'attendu, la réaction opposée a été observée au niveau du corrugateur (Figure 4), où son activité s'est révélée plus élevée pour les extraits tristes que les extraits gais, peu importe la condition. Les ANOVAS à mesures répétées (émotions x conditions) pour l'activation du corrugateur ont seulement révélé des effets principaux d'émotion, chez les amusiques ($F(1,10) = 11.42, p < 0.01$) et les contrôles ($F(1,10) = 8.34, p < 0.05$).

2.4. Discussion

L'objectif principal de cette étude était d'explorer les conséquences d'un déficit de perception des hauteurs sur la sensibilité au mode. Deux propositions avaient été émises : (1) les amusiques ne perçoivent pas le mode; (2) Les amusiques ont une perception émotionnelle implicite du mode. Les résultats aux tâches (émotionnelle et non émotionnelle) ont permis de révéler une perception implicite du mode chez les amusiques.

Dans la tâche émotionnelle, les différentes conditions (originale, mode inversé et tempo neutralisé) ont permis d'évaluer les jugements émotionnels et les réactions EMG des amusiques en réponse aux différentes caractéristiques des stimuli musicaux émotionnels. Les deux types de manipulations (mode inversé et tempo neutralisé) ont affecté les jugements émotionnels des deux groupes (les amusiques et les contrôles).

La proposition qu'un déficit de perception des hauteurs empêcherait les amusiques de différencier émotionnellement les stimuli originaux des stimuli au mode inversé a été contredite. Les amusiques ne se basent pas seulement sur l'aspect temporel de la musique, comme il était prédit. L'inversion du mode affecte leurs discernements émotionnels, comme il a été possible de l'observer par un changement significatif dans leurs jugements émotionnels entre les stimuli originaux et les stimuli au mode inversé. Cet effet reste significatif, malgré qu'il soit réduit pour les amusiques, par rapport aux contrôles. La réduction de l'effet pourrait être liée au fait que les stimuli seraient moins familiers pour les amusiques; les amusiques ne peuvent reconnaître une musique sans l'aide de paroles (Ayotte, et coll., 2002). Les extraits musicaux qui ont été utilisés sont des extraits très répandus, mais sans paroles.

Pour ce qui est de la condition tempo neutralisé, dans laquelle la différence entre deux émotions se révèle surtout dans de fines différences de hauteurs (1 demi-ton entre la tierce majeure et la tierce mineure), il avait été prédit (proposition 1) que les amusiques auraient de la difficulté à juger un stimulus selon l'émotion appropriée. À l'inverse, les résultats ont démontré que les amusiques étaient capables d'évaluer au même degré que leurs contrôles l'émotion exprimée, lorsque le mode émerge comme principale

caractéristique émotionnelle à extraire pour faire un jugement émotionnel, comme la proposition deux le stipulait.

Les amusiques et leurs contrôles ont aussi réagi en accord avec l'émotion exprimée par les stimuli. En souriant davantage pour les extraits gais (que pour les extraits tristes), et en fronçant davantage les sourcils pour les extraits tristes en comparaison avec les extraits gais, les amusiques ont démontré les mêmes patrons de réactions que leurs contrôles, malgré leur déficit de perception des hauteurs. L'habileté des amusiques de pouvoir distinguer les extraits gais et tristes avait déjà été rapportée par Ayotte, et collaborateurs (2002). Ils avaient utilisé le même type de jugements, avec la même échelle (1-triste, 10-gai), mais ils s'étaient contentés de présenter des extraits dans leur version originale. Les jugements émotionnels de stimuli auditifs des amusiques ont aussi étudié par Gosselin, Trainor, Belin et Peretz (2011). À l'aide d'une tâche de reconnaissance d'une émotion exprimée vocalement, de la batterie montréalaise de voix émotionnelles (Belin, Fillion-Bilodeau & Gosselin, 2008) et des extraits musicaux non manipulés, ils ont rapporté un traitement émotionnel préservé chez les amusiques pour la musique et la voix.

Les stimuli manipulés que nous avons utilisés nous ont permis d'étudier les réactions des amusiques aux différentes caractéristiques émotionnelles de la musique (mode et tempo). Ils nous ont permis de déterminer que lorsqu'il est question de porter un jugement émotionnel, les amusiques n'utilisent pas seulement le tempo, mais aussi le mode, malgré leur déficit de perception.

Le fait que les amusiques soient sensibles à l'inversion du mode dans une tâche émotionnelle, mais qu'ils éprouvent de la difficulté à faire la même distinction dans une tâche non émotionnelle nous permet en accord avec la proposition deux et d'affirmer que les amusiques sont sensibles aux modes lors d'un jugement émotionnel, sans pouvoir toutefois les distinguer de manière indirecte. Il semble qu'un traitement pré-attentif ou inconscient des fines différences de hauteurs soit suffisant pour permettre l'utilisation du mode lors de jugements émotionnels.

Malgré l'effort mis en place pour créer des tâches très similaires pour évaluer la perception émotionnelle et non émotionnelle du mode, certaines différences entre les tâches permettent une interprétation secondaire des résultats. Le fait que la tâche non émotionnelle contienne des stimuli plus courts pourrait nuire aux amusiques qui pourraient hypothétiquement nécessiter plus d'évènements musicaux que leur contrôle pour porter leur jugement. Une seconde différence entre les deux tâches pourrait expliquer en partie les effets observés. Cette différence est liée à la présence d'intervalles mélodiques (perceptibles par les amusiques) seulement dans la tâche émotionnelle, mais qui sont absents dans la tâche non émotionnelle.

Étant donné que les intervalles mélodiques qui permettent de différencier les modes ne sont présents que dans trois extraits sur quatre-vingt-seize (3 extraits gai – mode inversé) et limités à une émotion et que la possibilité d'un traitement implicite des fines différences de hauteurs par les amusiques a déjà été rapportée dans de récentes études en électrophysiologie (Moreau, et coll., 2009; Peretz, et coll., 2009), nous favorisons donc l'interprétation précédente stipulant que les amusiques sont sensibles aux modes lors d'un jugement émotionnel, sans pouvoir toutefois les distinguer de manière indirecte.

La possibilité d'un traitement émotionnel implicite des hauteurs par les amusiques a été appuyée par une récente anecdote. Après avoir reçu les explications de la tâche émotionnelle de la présente étude, une participante amusique nous a demandé si nous ne nous étions pas trompés de participant cible: « Tu veux que je juge l'émotion exprimée par la musique? Tu sais que je suis amusique? » Selon elle, demander à un amusique de faire un jugement émotionnel était illogique, voire incompréhensible.

L'habileté de pouvoir juger une émotion musicale sans la percevoir a déjà été rapportée dans la littérature. Malgré qu'elle ne puisse différencier des extraits musicaux dans une tâche non émotionnelle, la patiente I.R., montre des jugements émotionnels normaux sur les mêmes extraits musicaux. De plus, comme nos participants, elle est sensible aux manipulations du mode et du tempo lors de jugements émotionnels (Peretz, et coll., 1998).

Ce qui différencie les résultats de cette étude de cas aux résultats de la présente étude, se sont les résultats à la tâche non émotionnelle et l'attitude des participants face à la musique. I.R. dit apprécier la musique et elle est capable dans une tâche non émotionnelle (similaire à celle que nous avons utilisée) de détecter l'inversion du mode (caractéristique émotionnelle). À l'inverse, il a été rapporté que la musique n'est pas plaisante pour la majorité des amusiques (McDonald & Stuart, 2007) et la présente étude a permis de démontrer que les amusiques ont de la difficulté à détecter l'inversion du mode dans une tâche non émotionnelle.

La perception émotionnelle préservée chez I.R. est similaire à ce qui est observé avec le mode chez les amusiques congénitaux, mais la performance de ces derniers démontre de manière plus claire la dissociation entre le traitement émotionnel implicite et le traitement cognitif non émotionnel.

Un parallèle entre la dissociation du traitement affectif et cognitif du mode chez amusiques et un trouble du domaine visuel paraît approprié. Certains patients ayant des lésions au cortex visuel sont capables d'identifier une émotion sans la voir. Cette habileté se nomme vision aveugle affective; *affective blindsight*. Ces patients sont reconnus pour pouvoir identifier (en devinant), une expression faciale ou une expression corporelle projetée dans leur champ visuel aveugle, sans la percevoir de façon consciente (Tamietto, et coll., 2009; de Gelder & Hadjikhani, 2006). La perception implicite d'une émotion serait le concept derrière cette habileté particulière.

Il pourrait donc être interprété que les amusiques, grâce à une perception implicite des fines différences de hauteurs, ont la capacité de percevoir l'aspect émotionnel de la musique. Ils auraient, durant leur développement, associé certains schémas de hauteurs (c.-à-d. tierce mineure et tierce majeure) à certaines émotions. Il serait même possible de stipuler que les amusiques ont implicitement associé, comme la population normale, la tristesse au mode mineur et la gaieté au mode majeur.

Les amusiques, malgré leur déficit de perception des hauteurs perçoivent les émotions exprimées vocalement et à travers la musique (Gosselin, et coll., 2011). Ces habiletés pourraient être liées et permettraient le traitement implicite observé avec les

stimuli musicaux. Il y aurait donc un éventuel transfert d'habileté. Il est possible que le même traitement soit utilisé pour traiter les deux types de stimuli. Après tout, les intervalles de hauteurs utilisés pour exprimer la tristesse vocalement sont similaires à celles utilisées pour le mode mineur. Les pièces écrites en mode mineur (associé à la tristesse) comprennent de manière générale des hauteurs plus basses et des intervalles de hauteur plus petits que les pièces écrites en mode majeur (associé à la joie), les mêmes observations ont pu être faites lorsque la prosodie liée à la tristesse a été comparée à la prosodie associée la joie (Huron, 2008).

À l'avenir, l'étude de cette aptitude des amusiques pourrait nous permettre d'étudier de manière plus précise le traitement implicite des émotions perçues de manière auditive, par exemple en conditionnant les amusiques à des différences de hauteurs encore plus fines que celles qui différencient les modes.

Bibliographie

- Ayotte, J., Peretz, I., & Hyde, K. (2002). Congenital amusia. A group study of adults afflicted with a music-specific disorder. *Brain*, *125*, 238-251.
- Belin P., Fillion-Bilodeau S., Gosselin F. (2008). The Montreal Affective Voices: A validated set of nonverbal affect bursts for research on auditory affective processing. *Behavior Research Methods*, *40*(2), 531-539.
- Cacioppo, J. T., Klein, D. J., Bernston, G.G., & Hatfield, E. (1993). The psychophysiology of emotion. Dans M. Lewis, (Éds.), *Handbook of emotions* (119-142). New York: Guilford Press.
- Cohen, J. (1988). *Statistical power analysis for the behavioral sciences*. Second Edition. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates, Publishers.
- Dalla Bella, S., Peretz, I., Rousseau, L., & Gosselin, N. (2001). A developmental study of the affective value of tempo and mode in music. *Cognition*, *80*, B1-B10.
- de Gelder, B. & Hadjikhani, N. (2006). Non-conscious recognition of emotional body language. *Neuroreport*, *17*(6), 583-586.
- Dellacherie, D., Roy, M., Hugueville, L., Peretz, I., & Samson, S. (2010). The effect of musical experience on emotional self-reports and psychophysiological responses to dissonance: the musician's smile. *Psychophysiology*, *48*, 337-349.
- Flom, R., Gentile, D., & Pick, A. (2008). Infants' discrimination of happy and sad music. *Infant Behavior and Development*, *31*, 716-728.

- Foxton, J. M., Dean, J. L., Gee, R., Peretz, I., & Griffiths, T. D. (2004). Characterization of deficits in pitch perception underlying 'tone deafness'. *Brain: A Journal of Neurology*, *127*(4), 801–810.
- Frilund, A. J., & Cacioppo, J. T. (1986). Guidelines for human electromyographic research. *Psychophysiology*, *23*(5), 567-589.
- Gagnon, L., & Peretz, I. (2003). Mode and tempo relative contributions to “happy-sad” judgements in equitone melodies. *Cognition and Emotion*, *17*(1), 25-40.
- Gosselin N., Trainor, L., Belin, P., & Peretz, I. (2011). Emotion recognition is spared in amusia. Poster presented at the Neurosciences and music IV conference, Edimburg, UK.
- Hazlett, R. L., & Hazlett, S. Y. (1999). Emotional response to television commercials: Facial EMG vs. self-report. *Journal of Advertising Research*, 7-23.
- Hevner, K. (1937). The affective value of pitch and tempo in music. *American Journal of Psychology*, *49*, 621-630.
- Hevner, K. (1935). The affective character of the major and minor modes in music. *American Journal of psychology*, *47*, 103–118.
- Huron, D. (2008). A comparison of average pitch height and interval size in major- and minor-key themes: Evidence consistent with affect-related pitch prosody. *Empirical Musicology Review*, *3*(2), 59-63.
- Hyde, K., & Peretz, I. (2004). Brains that are out of tune but in time. *Psychological Science*, *15*(5), 356-360.

- Imaizumi, S., Mori, K., Kiritani, S., Kawashima, R., Sugiura, M., Fukuda, H., Itoh, K., Kato, T., Nakamura, A., Hatano, K., Kojima, S., Nakamura, K. (1997). Vocal identification of speaker and emotion activates different brain regions. *NeuroReport*, 8, 2809-2812.
- Juslin, P. N., Liljeström, S., Västfjäll, D., Barradas, G., & Silva, A. (2008). An experience sampling study of emotional reactions to music: listener, music, and situation. *Emotion*, 5, 668-683.
- Khalifa, S., Roy, M., Rainville, P., Dalla Bella, S., & Peretz, I. (2008). Role of tempo entrainment in psychophysiological differentiation of happy and sad music? *International Journal of Psychophysiology*, 68, 17-26.
- Lundquist L.-O. (1995). Facial EMG reactions to facial expressions: A case of facial emotional contagion? *Scandinavian Journal of Psychology*, 36, 130-141.
- Lundquist, L.-O., & Dimberg, U. (1995). Facial expressions are contagious. *Journal of Psychophysiology*, 9, 203-211.
- Magnée, M. J. C. M., Stekelenburg, J. J., Kemner, C., & de Gelder, B. (2007). Similar Facial Electromyographic Responses to Faces, Voices and Body Expressions. *Neuroreport*, 18(4), 369-372.
- McDonald, C., & Stewart, L. (2008). Uses and functions of music in congenital amusia. *Music Perception*, 25(4), 345-355.
- Mitterschiffthaler, M., Fu, C., Dalton, J. A., Andrew, C. M., & Williams, S. (2007). A functional MRI study of happy and sad affective states induced by classical music. *Human Brain Mapping*, 28, 1150-1162.

- Mizuno, T., & Sugishita, M. (2007). Neural correlates underlying perception of tonality-related emotional contents. *Neuroreport*, *18*, 1651–5.
- Moreau, P., Jolicoeur, P. & Peretz, I. (2009). Automatic Brain Responses to Pitch Changes in Congenital Amusia. *Annals of the New York Academy of Sciences*, *1169*, 191-194.
- Näätänen, R. (1992). Attention and Brain Function. Erlbaum, Hillsdale, NJ.
- Parry, F., Young, A., Saul, J.S. & Moss, A. (1991). Dissociable face processing impairments after brain injury. *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology*, *13*, 545-558.
- Peretz, I. (2008). Musical Disorders: From Behavior to Genes. Current Directions in *Psychological Science*, *17*, 329-333.
- Peretz, I., Brattico, E., Järvenpää, M. & Tervaniemi, M. (2009). The amusic brain: in tune, out of key, and unaware. *Brain*, *132*, 1277-1286.
- Peretz, I., Gosselin, N., Tillmann, B., Cuddy, L. L., Gagnon, B., Trimmer, C. G., Paquette, S., & Bouchard, B. (2008). On-line identification of congenital amusia. *Music Perception*, *25*, 331-43.
- Peretz, I., Brattico, E., & Tervaniemi, M. (2005). Abnormal Electrical Brain Responses to Pitch in Congenital Amusia. *Annals of Neurology*, *58*, 478-482.
- Peretz, I., Champod, S., & Hyde, K. (2003). Varieties of Musical Disorders: The Montreal Battery of Evaluation of Amusia. *Annals of the New York Academy of Sciences*, *999*, 58-75.

- Peretz, I., & Gagnon, L. (1999). Dissociation between recognition and emotional judgment for melodies. *Neurocase*, 5, 21-30.
- Peretz, I., Gagnon, L., & Bouchard, B. (1998). Music and emotion: perceptual determinants, immediacy and isolation after brain damage. *Cognition*, 68, 111-141.
- Saffran, J. R. (2003). Musical learning and language development. *Annals of the New York Academy of Sciences*. 999, 397-401.
- Schupp, H. T., Junghofer, M., Weike, A. I., & Hamm, A. O. (2003). Emotional facilitation of sensory processing in the visual cortex. *Psychological Science*, 14, 7-13.
- Schwartz, G. E., Fair, P. L., Salt, P., Mandel, M. R., & Klerman, G.L. (1976). Facial Muscle Patterning to Affective Imagery in Depressed and Nondepressed Subjects. *Science*, 192(4238), 489-491.
- Schwartz, G. E., Brown, S.-L., & Ahern, G. L. (1980). Facial Muscle Patterning and Subjective Experience During Affective Imagery: Sex Differences. *Psychophysiology*, 17(1), 75-82.
- Tamietto, M., Castelli, L., Vighetti, S., Perozzo, P., Geminiani, G., Weiskrantz, L., & de Gelder, B. (2009). Unseen facial and bodily expressions trigger fast emotional reactions. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the USA*, 106(42), 17661-17666.
- Terwogt, M. M. & Grinsven F. V. (1991). Musical expression of moodstates. *Psychology of Music*, 19, 99-109.

- Witvliet, C. V. O., & Vrana, S. R. (2007). Play it again Sam: Repeated exposure to emotionally evocative music polarizes liking and smiling responses, and influences other affective reports, facial EMG, and heart rate. *Cognition & Emotion, 21*, 3-25.
- Young, A., Newcombe, F., de Haan, E., Small, M., Hay, D. (1993). Face perception after brain injury; Selective impairments affecting identity and expression. *Brain, 116*, 941-959.
- Zajonc, R.B. (1980). Feeling and thinking: preferences need no inferences. *American Psychologist, 35*, 151-175.
- Zajonc, R.B. (1984). On the primacy of affect. *American Psychologist, 39*, 117-123.

Annexe 1

Jugements émotionnels des participants (amusiques (A) & contrôles (C)) moyennés par émotion (gai et triste) et condition (mode inversé et tempo neutralisé).

	Extraits gais			Extraits tristes		
	Originaux	Mode inversé	Tempo neutralisé	Originaux	Mode inversé	Tempo neutralisé
A01	7,9	7,8	6,9	3,9	4,4	4,7
A02	7,7	6,6	6,4	3,1	3,1	3,3
A03	8,1	7,6	7,0	4,3	4,5	4,8
A04	9,0	8,3	6,8	1,8	1,9	2,9
A05	7,3	7,1	6,1	4,2	4,5	4,6
A06	8,4	7,9	7,5	3,2	3,9	5,1
A07	8,9	7,5	6,9	4,0	4,4	5,5
A08	9,1	9,0	6,8	4,4	4,9	6,8
A09	7,9	8,1	6,7	3,1	3,3	4,6
A10	8,2	8,6	6,6	3,4	3,6	5,0
A11	8,2	8,0	5,9	3,6	3,6	4,4
Moyenne	8,26	7,86	6,67	3,56	3,84	4,70
C01	8,5	8,4	7,1	3,4	4,0	4,4
C02	7,6	6,9	5,9	3,4	4,0	3,8
C03	8,7	7,9	7,9	2,9	4,7	4,4
C04	8,4	8,3	6,4	3,0	3,8	4,3
C05	7,4	6,3	5,6	1,9	2,8	2,8
C06	7,9	7,7	7,1	4,1	4,7	5,1
C07	8,5	7,8	7,2	4,0	5,0	4,6
C08	8,1	7,8	7,0	2,5	3,6	3,9
C09	8,3	7,8	6,6	2,5	3,8	4,1
C10	7,6	7,0	6,5	2,1	3,3	3,3
C11	7,8	6,3	6,3	1,8	3,0	2,6
Moyenne	8,08	7,46	6,69	2,87	3,86	3,93