

Université de Montréal

Effet de la musique de fond sur le contrôle attentionnel
Impact des variations individuelles d'anxiété

par Catherine Houde-Archambault

Département de psychologie
Faculté des Arts et des Sciences

Mémoire présenté
en vue de l'obtention du grade de M. Sc.
en Psychologie

Juillet 2020

© Catherine Houde-Archambault, 2020

Université de Montréal
Département de Psychologie, Faculté des Arts et des Sciences

Ce mémoire intitulé

**Effet de la musique de fond sur le contrôle attentionnel : impact des variations
individuelles d'anxiété**

Présenté par

Catherine Houde-Archambault

A été évalué par un jury composé des personnes suivantes

Nathalie Gosselin

Directrice de recherche

Sébastien Grenier

Membre du jury

Gregory West

Membre du jury

Résumé

Au quotidien, nos ressources attentionnelles sont sollicitées de part et d'autre et la capacité à diriger notre attention sur une tâche et ignorer les distractions (le contrôle attentionnel) est cruciale. Pour mieux comprendre cette influence, les facteurs émotionnels pouvant moduler l'attention sont étudiés. L'omniprésence de la musique, et des émotions qu'elle induit, dans les activités quotidiennes soulève des questions quant à son effet sur cette capacité. Les résultats des études explorant l'effet de la musique de fond sur le contrôle attentionnel sont divergents, ils sont parfois nuisibles ou nuls, mais généralement bénéfiques. Il est possible que cette divergence s'explique par la diversité des caractéristiques émotionnelles (p.ex. le caractère relaxant ou stimulant) de la musique de fond utilisée dans les études. Le contrôle attentionnel peut également être modulé par les variations individuelles de l'anxiété (p.ex. des niveaux faible ou élevé de l'état et du trait d'anxiété). Considérer (a) les niveaux d'activation de la musique de fond et (b) des variations individuelles d'anxiété pourrait clarifier comment le contrôle attentionnel est influencé dans la vie quotidienne. Pour cela, deux groupes tirés d'une population adulte non-clinique ont été testés, un ayant un niveau d'état et de trait d'anxiété faible et un autre ayant un niveau d'état et de trait d'anxiété plus élevé. Tous les participants ont réalisé la tâche Flanker dans trois conditions : avec la présentation de musiques stimulantes et relaxantes, ainsi qu'en silence. Les résultats indiquent que l'effet Flanker est similaire entre les trois conditions pour le groupe à anxiété faible. En revanche, pour le groupe à anxiété plus élevée, l'effet Flanker est significativement augmenté avec la musique relaxante comparativement au silence. Ces résultats suggèrent que l'effet de l'activation de la musique de fond sur le contrôle attentionnel varie selon le niveau d'anxiété.

Mots-clés : musique de fond, contrôle attentionnel, tâche de Flanker, interférence, anxiété, émotions musicales

Abstract

Daily, attentional control is solicited to maintain attention on a desired task and inhibit distractions. Knowingly, emotional factors are studied to further understand attentional modulation. With the omnipresence of music, and the emotions it induces, in daily activities, its impact on attentional control arises questioning. Studies exploring the effect of background music on attentional control have shown inconsistent results, supporting its effect is sometimes detrimental or null, but mostly beneficial. Differences in the emotional characteristics of music could possibly explain the inconsistent results shown in studies exploring the effect of emotions on attentional control. Additionally, individual variations in emotional states have been shown to impact attentional control capacities, namely variations in anxiety (low/high trait and state anxiety). Considering activation levels of music (stimulating/relaxing) and individual levels of anxiety (low/high) could clarify how attentional control is impacted in the daily life. This study aims explored the effect of (a) the activation levels of background music and (b) individual differences in anxiety on attentional control capacities using the Flanker task. To this aim, a low state-and-trait anxiety group and a high state-and-trait anxiety groups drawn from a non-clinical population were tested under three conditions: with presentation of stimulating and relaxing music, and in silence. For the low-anxiety group, the Flanker effect was similar between the three conditions. On the other hand, for the high-anxiety group, the Flanker effect was significantly increased with the relaxing background music compared to silence. These results suggest that the effect of background music activation levels on attentional control varies as a function of anxiety levels.

Keywords: background music, attentional control, Flanker task, interference, anxiety, musical emotions

Table des matières

RÉSUMÉ	IV
ABSTRACT	V
TABLE DES MATIÈRES	VI
LISTE DES TABLEAUX	VII
LISTE DES FIGURES	VIII
LISTE DES ABRÉVIATIONS	IX
REMERCIEMENTS	XI
INTRODUCTION GÉNÉRALE	1
<i>Contrôle attentionnel</i>	<i>1</i>
<i>Émotions musicales et leur effet sur la cognition</i>	<i>3</i>
<i>L'anxiété</i>	<i>6</i>
L'anxiété et le contrôle attentionnel.....	<i>7</i>
<i>Émotions musicales, anxiété et contrôle attentionnel</i>	<i>9</i>
OBJECTIFS ET HYPOTHÈSES	<i>10</i>
ARTICLE	11
ABSTRACT	13
INTRODUCTION	14
METHOD	19
<i>Participants</i>	<i>19</i>
<i>Material and procedure</i>	<i>19</i>
State and Trait Anxiety Inventory	<i>19</i>
Flanker task.....	<i>20</i>
Musical stimuli and emotional judgments measures	<i>22</i>
<i>Data processing</i>	<i>24</i>
Participants	<i>24</i>
Flanker task.....	<i>24</i>
Emotional judgments of music.....	<i>25</i>
RESULTS	25
Participants	25
Flanker task.....	26
Emotional judgments of music.....	28
DISCUSSION AND CONCLUSION	31
DISCUSSION GÉNÉRALE	35
APPORTS DE L'ÉTUDE	39
LIMITES DE L'ÉTUDE.....	40
DIRECTIONS FUTURES.....	41
CONCLUSION	42
RÉFÉRENCES	43

Liste des tableaux

Table I.	<i>List of the musical material with tempo and duration.</i>	23
Table II.	<i>Characteristics detailed by groups.</i>	25

Liste des figures

Figure 1.	Loi en U inversé d'Yerkes-Dodson adaptée à l'anxiété.	7
Figure 2.	Modèle d'interaction entre contrôle attentionnel, musique de fond et anxiété.	9
Figure 3.	Procédure for LAG and HAG selection.....	20
Figure 4.	Trial course of the arrow Flanker task.....	21
Figure 5.	Flanker effect is presented as a function of group (LAG, HAG) and auditory condition (silence, high-arousal music and low-arousal music). Error bars correspond to SE.....	28
Figure 6.	Valence and arousal judgements are presented according to low- and high-arousal musical conditions as well as low and high anxiety groups. Error bars represent SE.....	29

Liste des abréviations

AMT : Arousal and Mood Theory

ERR : Taux d'erreur (Error rate)

GAÉ (HAG) : Groupe à anxiété élevée (High anxiety group)

GAF (LAG) : Groupe à anxiété faible (Low anxiety group)

TA : Trait anxiety

TR (RT) : Temps de réponse (Response time)

TCA (ACT) : Théorie du contrôle attentionnel (Attentional control theory)

SA : State anxiety

*À mes chers parents,
Merci pour vos encouragements dans la
poursuite de mes idées les plus grandes.
J'espère que cet ouvrage témoigne de
toute la reconnaissance que je vous porte.*

Remerciements

Je tiens tout d'abord à exprimer toute ma reconnaissance à ma superviseuse de maîtrise Nathalie Gosselin, pour la qualité remarquable de la supervision qu'elle m'a accordée. Merci d'avoir cru en moi, merci de m'avoir dirigée avec tant de douceur et épaulée sans relâche. C'est une chance incontestable de travailler avec toi.

Je remercie également le CRBLM pour le financement octroyé à cette recherche. Le CRBLM est financé par le Gouvernement du Québec via les Fonds de Recherche Nature et Technologies, et Société et Culture.

Je remercie chaleureusement Amélie pour la générosité et la bienveillance qu'elle m'a témoignées tout au long de la réalisation de nos projets *jumeaux*, ainsi que pour les rires qu'on a partagés. Travailler avec toi sur ce projet et partager la joie des obstacles surmontés au fil des étapes, de la conceptualisation à la rédaction, fut un réel plaisir. Merci d'avoir été ma sœur d'armes ! Je tiens également à remercier mes collègues et amies du Laboratoire MUSEC ; spécialement Diana, Éva, Inès, Marie-Andrée et Orelle, merci pour votre accueil chaleureux et pour les moments partagés. Le monde de la recherche n'est pas le même avec une équipe inspirante et amusante comme la nôtre. J'étends un remerciement spécial à Marie-Andrée pour sa généreuse aide, ta lecture attentive et tes commentaires minutieux ont largement amélioré la qualité de mon mémoire.

J'aimerais témoigner toute ma gratitude à ma famille qui m'accompagne dans cette aventure depuis le début ; ma mère Denise, mon père Yves, ma belle-mère Christiane, mes frères et sœur, Laurent, Julien et Clara ; mon cousin Antoine, ainsi que toute la famille ; merci de m'avoir encouragée à persévérer dans l'entreprise de ce projet ambitieux.

Finalement, mes chères amies, merci du fond du cœur. Je suis choyée d'avoir pu compter sur vous pour partager les folies, les moments de bonheur comme les moments plus difficiles et célébrer les étapes décisives.

Introduction générale

Le contrôle attentionnel (CA) permet de diriger l'attention sur l'information pertinente et d'inhiber les distractions (Friedman et Miyake 2004). Cette fonction cognitive est cruciale dans de nombreuses activités quotidiennes (p.ex., conduire une voiture, prendre des notes lors d'un cours). Puisque les réseaux neuronaux attentionnel et émotionnel se chevauchent (Fernandez-Duque, 2000 ; van Steebergen, 2005) il est peu surprenant de constater le grand nombre d'études démontrant l'influence de l'affect sur le CA (Dignath et al., 2020). Ainsi, pour bien comprendre l'effet de la musique de fond sur le contrôle attentionnel, il est important de prendre en considération les caractéristiques émotionnelles des stimuli musicaux et l'affect des auditeurs (p. ex. leurs niveaux d'anxiété). Il a été suggéré que la musique modulerait l'attention par sa capacité à augmenter l'activation physiologique et améliorer l'humeur (Thompson et al., 2001). Les études explorant l'effet de la musique de fond sur la cognition rapportent des conclusions contradictoires (Kampfe et al, 2010 ; Küssner, 2017), et bien qu'une proportion grandissante d'études suggère un effet bénéfique sur le CA, son effet sur le CA varie aussi entre les études. D'un autre côté, les biais attentionnels vers les distractions sont caractéristiques dans l'anxiété, un état émotionnel qui influence l'activation physiologique et module le CA (Eysenck, 2007). D'ailleurs, plusieurs études mettent en évidence un contrôle attentionnel réduit dans l'anxiété (Shi et al., 2019). Le fait de considérer conjointement les effets des caractéristiques émotionnelles de la musique de fond et des niveaux d'anxiété devrait permettre de mieux comprendre l'effet de la musique de fond sur le contrôle attentionnel. Dans ce contexte, cette étude avait pour objectif d'explorer l'effet de l'activation de la musique de fond et des variations individuelles d'anxiété sur le contrôle attentionnel. Pour atteindre cet objectif, deux groupes non-clinique, à anxiété faible et élevée, ont effectué la tâche Flanker en écoutant de la musique à activation faible (relaxante) et élevée (stimulante) et en silence.

Contrôle attentionnel

Le contrôle attentionnel (CA) est une fonction exécutive, ou plus particulièrement une composante de l'inhibition, qui permet de focaliser son attention sur l'information pertinente pour l'activité en cours et d'inhiber les distractions (Friedman et Miyake, 2004). Le fondement de cette habileté siège dans l'adaptation à la demande situationnelle en attention (van Steenbergen, 2015). Le CA est souvent nécessaire dans nos sociétés foisonnant de publicités et de bruits. Par exemple,

cette fonction est essentielle lorsqu'un individu doit diriger son attention sur le contenu d'une conférence dans une salle bondée et bruyante.

Le CA a été largement étudié avec la tâche Flanker d'Eriksen (Eriksen et Eriksen, 1974). Dans une version communément utilisée de cette tâche (p.ex. Fernandez et al., 2020 ; Mullane et al., 2009 ; Stins et al., 2008), une rangée de flèches horizontale est présentée et les participants doivent identifier la direction de la flèche du centre (flèche cible) en ignorant les flèches adjacentes pouvant être congruentes (p.ex., <<<<<) ou non-congruentes (p.ex., >><>>). Dans les essais non-congruents, les flèches adjacentes font compétition à la flèche cible, ce qui provoque un conflit de réponse, et donc une augmentation du pourcentage d'erreurs et un ralentissement du temps de réponse (TR ; Kok, 1999). Le temps alloué à la résistance à l'interférence des flèches distractrices est révélé par la différence entre les TR des essais non-congruents et congruents et se nomme l'effet Flanker. Cet effet correspond à l'efficacité de la résistance à l'interférence et donc du CA.

Les études d'imagerie cérébrale ont montré que le CA, dont l'effet d'interférence Flanker, est associé à un réseau cérébral incluant le cortex cingulaire antérieur (CCA ; en anglais *anterior mid-cingulate cortex* ou *dorsal anterior cingulate cortex*), la jonction frontale inférieure (JFI) du cortex préfrontal, l'aire pré motrice supplémentaire (APMS) ainsi que l'insula (voir Cieslik et al., 2015 pour une méta-analyse). Le CCA a notamment été associé à la détection des conflits (Botvinick et al., 2004). La JFI serait principalement impliquée dans la flexibilité, ainsi que les processus dirigés vers les objectifs des tâches (Kim et al., 2011) et l'APMS à l'inhibition des réponses motrices dominantes et à la sélection de réponses alternatives (Barber et al., 2013). Enfin, l'insula aurait un rôle intégratif entre les fonctions homéostatiques, cognitives et affectives, en lien avec le maintien de l'information nécessaire pour maintenir l'objectif d'une tâche (Cieslik et al., 2015). Pour cette structure, il a également été démontré que le volume de la matière grise corrèle de manière positive avec l'efficacité du contrôle attentionnel des participants à la tâche de Flanker d'Eriksen (Chen et al., 2015). Les explications sous-jacentes à ces différences individuelles n'ont toutefois pas été précisées dans cette étude.

Parmi les facteurs influençant le CA et l'inhibition, ceux affectifs ont été souvent examinés (pour une revue, voir Dignath et al., 2020). En particulier, l'influence de l'anxiété sur le CA a été largement étudiée (voir Shi et al., 2019, pour une revue de littérature). Dans un domaine connexe, diverses études ont exploré l'effet de la musique de fond, par le biais de sa capacité à induire des émotions, sur la cognition (Schellenberg et Weiss, 2013). Cependant, très peu d'études en

psychologie de la musique ont pris en considération à la fois les dimensions émotionnelles des musiques et le niveau d'anxiété des participants. Dans ce qui suit, la littérature issue de ces deux champs d'études, l'effet de la musique de fond et du niveau d'anxiété (faible vs élevé) sur le CA dans la population non-clinique, sera brièvement discutée.

Émotions musicales et leur effet sur la cognition

De manière prédominante, les gens écoutent la musique pour sa capacité à induire et moduler les émotions et l'humeur (Juslin et al. 2010 ; Schäfer et al., 2013). Cette expérience est dite idiosyncratique, puisque les émotions ressenties lors de l'écoute de la musique varient selon l'état émotionnel de la personne au moment de l'écoute (Hunter et al., 2011 ; Schaëfer et al., 2013) et de son niveau d'activation (Schaëfer et al., 2013). Dans le domaine, les visions « cognitiviste » et « émotiviste » des émotions musicales ont fait l'objet d'un débat. Les cognitivistes (p. ex. Kivy, 1990) proposaient que la musique serait une représentation iconique des émotions. Au contraire, les représentants de la vision émotiviste (p. ex. Davies, 2001) suggèrent que la musique induirait directement des émotions ressenties par les auditeurs. La position émotiviste est appuyée par les études psychophysiologiques (Juslin et al., 2015) où la musique fait varier le rythme cardiaque, la pression sanguine et la conductance électrique de la peau (Chanda et Levitin, 2013). Ceci soutient la capacité de la musique à réguler le stress, les émotions et le niveau d'activation physiologique (Knight, 2001) dans la population non clinique (Juslin et Västfjäl, 2008 ; Schaefer, 2017) de même que réduire l'anxiété préopératoire chez des populations cliniques (Bradt et al., 2013).

L'effet stimulant et relaxant de la musique qui est observé dans ces études est largement attribué au tempo (Chanda et Levitin, 2013). Par exemple, la musique stimulante ayant généralement un tempo rapide, interprétée comme annonçant un événement important et est associée à une augmentation de l'activation du système sympathique. Au contraire, la musique relaxante a un tempo lent et est interprétée comme un signal apaisant et réduit l'activation du système sympathique. Outre le tempo, les pièces musicales peuvent aussi varier selon d'autres paramètres telle que l'intensité acoustique (Guillaume, 2006), les ondes sonores se multiplient selon le nombre d'instruments qu'il y a dans une pièce et plus l'intensité est forte.

Également, il a été démontré que les émotions musicales (p. ex. stimulantes, très agréables) modulent l'activation de structures cérébrales tels l'amygdale, le noyau accumbens, l'hippocampe et le cortex cingulaire (voir Koelsch, 2010 et Koelsch, 2014 pour des revues). Ces régions font partie d'un réseau de structures associé au traitement émotionnel, mais aussi à d'autres fonctions comme le contrôle attentionnel (voir Lindquist et al., 2012, pour une méta-analyse).

Les émotions induites par la musique modulent donc le réseau cérébral relié au traitement émotionnel et en particulier son caractère relaxant-stimulant influence le système sympathique. Il est postulé que cette capacité de la musique à moduler les aspects physiologique et cérébral en lien avec les émotions serait à l'origine de son impact sur la cognition.

Plusieurs études ont montré que la musique présentée avant (Husain et al., 2002 ; Schellenberg et al., 2007 ; Thompson et al., 2001) ou pendant une tâche (c.-à-d., la musique de fond : Begum & al., 2019 ; Mammarella & al., 2007 ; Kampfe & al., 2010) est bénéfique pour différentes tâches cognitives. Selon la *Théorie de l'activation et de l'humeur* (Schellenberg et Weiss, 2013 ; Thompson et al., 2001), la cognition serait favorisée par la capacité de la musique d'augmenter l'activation physiologique (ou d'éveiller, de stimuler) et d'améliorer l'humeur ou induire des émotions positives par son caractère agréable (Schellenberg et Weiss, 2013 ; Thompson et al., 2001). La musique de fond a la capacité d'influencer l'activation et l'humeur d'une personne sans qu'elle porte intentionnellement son attention à la musique (Schäfer et al., 2013), et donc affecter son fonctionnement lorsque cette dernière est occupée par une tâche cognitive.

Ces théories ont été utilisées pour expliquer les résultats divergents, parfois bénéfiques, néfastes ou nuls de l'effet de la musique de fond sur le CA. D'un côté, la musique à activation-élevée joyeuse a mené à des temps de réponse (TR) plus rapides lors de tâche de CA en comparaison avec de la musique à activation-élevée anxieuse (Marca et al., 2014) et à activation-faible (Fernandez & al., 2020). La musique stimulante a aussi amélioré l'attention et les fonctions exécutives en comparaison à des musiques douces, déprimantes et au silence (Begum et al., 2019). De plus, la musique triste a été associée avec la meilleure performance d'identification de cibles, suivie d'une performance intermédiaire avec de la musique joyeuse et calme, et la musique induisant de l'anxiété a mené à la pire performance (Jefferies et al., 2008). D'un autre côté, la musique stimulante joyeuse (Rowe et al., 2007 ; Xiao & al., 2020) et la musique calme (Rowe et al., 2007) ont nui au CA menant à une plus grande interférence en comparaison à une musique triste. Finalement, dans une étude où les participants ont jugé l'activation des extraits de manière

similaire, la musique relaxante et stimulante n'ont eu aucun effet sur la performance (Burkhard et al., 2018).

Ces divergences entre les résultats pourraient en partie s'expliquer par l'hétérogénéité du matériel musical relativement aux caractéristiques émotionnelles. En effet, les paramètres musicaux, en particulier ceux associés à l'expression des émotions musicales (p. ex., le tempo) sont souvent non décrits dans les études. De plus, les musiques sélectionnées par les chercheurs sont rarement jugées également par les participants. Il est donc possible que les intentions des chercheurs dans la sélection musicale (p. ex. choisir des musiques relaxantes) ne se reflètent pas dans les jugements émotionnels des participants. Cependant, à nouveau, il est rare que les jugements émotionnels des musiques soient évalués dans les études explorant l'effet de la musique de fond sur le CA. L'un des modèles largement utilisés pour évaluer les émotions (entre autres musicales) en neurosciences (Pichon et Vuilleumier, 2011) est celui de Russell (1980). Ce modèle comporte deux dimensions, l'activation et la valence. L'activation correspond au niveau d'activation-désactivation (ou d'activation faible ou élevée) qu'une émotion a sur le système, alors que la valence correspond au niveau agréable-désagréable de l'émotion (Cohrdes et al., 2017). L'utilisation de ce type d'évaluation des jugements émotionnels permettrait possible d'éclaircir les résultats inconsistants dans le domaine l'effet de la musique de fond sur la cognition. Par ailleurs, plusieurs études suggèrent que ces inconsistances peuvent être attribuées aux différences individuelles (Cassidy et Macdonald, 2007 ; Furnham et Allass, 1999 ; Küssner, 2017 ; Schellenberg et al., 2007 ; Schellenberg et Weiss, 2013). Notamment, l'expertise musicale s'est avérée être liée positivement à la performance du fonctionnement exécutif, dont les capacités d'attention (Stroop ; Criscuolo et al., 2019), d'attention sélective auditive verbale (Strait et Kraus, 2011 ; Tierney et al., 2020) et non-verbale (Tierney et al., 2020) et du contrôle attentionnel en tâche d'attention visuelle (Maturi et Sheridan, 2020 ; Barraza et Medina, 2019). Il est donc important de prendre en compte la formation musicale des participants dans les études explorant l'effet de la musique de fond sur le CA. La prochaine section introduira une autre variable différent d'un individu à l'autre, et connue pour moduler le contrôle attentionnel (van Steenbergen, 2015), l'anxiété.

L'anxiété

Les études rapportent l'existence d'une relation bidirectionnelle entre un CA réduit et l'anxiété, c'est-à-dire qu'un CA réduit est sous-jacent au développement et au maintien de l'anxiété, et que la sévérité de l'anxiété prédit la sévérité de difficultés en CA (voir Shi et al., 2019, pour une méta-analyse).

On retrouve dans la littérature différentes façons de concevoir l'anxiété. L'ajout considérable des théories actuelles à ces définitions comprend les composantes cognitives importantes de l'anxiété, par exemple la vigilance, l'attention, les processus attentionnels et les biais de jugements (Rachman, 2020). L'anxiété est aussi marquée par une vigilance accrue et une activation subjective ou psychologique élevée. De plus, la prédisposition à vivre de l'anxiété varie individuellement (Rachman, 2020) et est désignée comme le trait d'anxiété (Raymond et al., 2017). Ce dernier serait une disposition plus stable de la personne au cours de la vie, influençant la fréquence avec laquelle elle vivra de l'anxiété de manière générale, alors que l'état d'anxiété réfère à l'anxiété vécue en termes d'état émotionnel et d'activation dans une situation donnée (Spielberger et al., 1983 ; Spielberger, 1989). Un niveau élevé de trait d'anxiété prédispose à faire l'expérience d'état d'anxiété de manière plus intense (Servant, 2012). Les études sur le rôle respectif du trait et de l'état anxieux dans les processus attentionnels demeurent limitées, il est suggéré que l'interaction entre état et trait d'anxiété explique le biais attentionnel présent dans l'anxiété (Bardel et Colombel 2009). Lorsqu'elle est étudiée en lien avec le CA, les études utilisent communément (Shi et al., 2019) l'échelle STAI (Spielberger et al., 1983 ; Spielberger, 1989), dont la version francophone est l'inventaire d'Anxiété Situationnelle et d'Anxiété Trait (Gauthier & Bouchard, 1993). Cet inventaire mesure l'anxiété avec deux échelles ; l'échelle d'anxiété situationnelle (ou état d'anxiété) et celle du trait d'anxiété.

Une autre approche théorique, *la loi de Yerkes et Dodson* (1908), a été suggérée pour expliquer l'effet de l'activation sur la cognition (Husain et al., 2002). Cette loi a précédemment été utilisée dans la littérature pour prédire la relation entre l'activation des individus et la performance cognitive (p.ex. Watters et al., 1997). Celle-ci prédit qu'un niveau intermédiaire d'activation mène à une performance optimale, et que des niveaux insuffisant ou excessif d'activation sont nuisibles (courbe U-inversé, voir Figure 1).

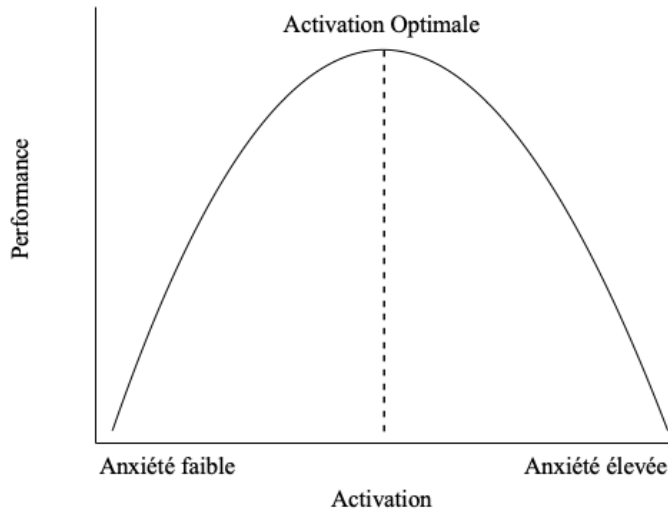


Figure 1. Loi en U-inversé d'Yerkes-Dodson adaptée à l'anxiété.

Dans ce qui suit, les biais attentionnels étant considérés par les théories neuropsychologiques comme un facteur de genèse et de maintien de l'anxiété (sous-clinique et clinique ; Musa et Lépine, 2014), la relation entre le contrôle attentionnel et l'état et le trait d'anxiété réunis sera expliquée.

L'anxiété et le contrôle attentionnel

Selon la *Théorie du contrôle attentionnel* (TCA), la faiblesse des processus attentionnels et des capacités d'inhibition est prédominante dans l'anxiété, l'état et le trait d'anxiété en sont responsables (Eysenck et al., 2007 ; Eysenck, 2010). Un haut niveau d'anxiété entraînerait une détection rapide des stimuli, suivi d'une sélection attentionnelle dirigée sur le stimulus saillant, accompagné d'une activation (arousal) élevée et d'un effort accru. Puis, les ressources attentionnelles seraient allouées à des stimuli non-pertinents pour la tâche au détriment de l'attention allouée à la tâche en raison de l'affect. Une prédiction centrale de la TCA est que l'anxiété nuit de manière plus importante à l'efficacité qu'à l'efficacé. C'est-à-dire que la réalisation de la tâche (efficacité) sollicite davantage de ressources attentionnelles chez l'individu anxieux, alors que la capacité à réaliser une tâche avec succès (l'efficacé) est préservée. Cette prédiction est soutenue par les études qui concluent à des déficits significatifs au niveau de l'efficacité du traitement, mais pas de l'efficacé (Shi et al., 2019 pour une méta-analyse). Le chevauchement entre les régions corticales (p. ex. amygdale, CCA), impliquées dans le contrôle attentionnel, l'inhibition et les processus affectifs semble en cause dans cette modulation

attentionnelle par l'affect (Fernandez-Duque et al., 2000 ; Moore, 2013 ; Pichon et Vuilleumier, 2011 ; van Steenbergen, 2015). Ces réseaux mitoyens favoriseraient l'interaction entre processus affectifs et cognitifs dans l'anxiété. Plus précisément, en situation d'anxiété, le cortex préfrontal ventro-latéral et le cortex cingulaire antérieur (CCA) dorsal sont sollicités pour résister à l'interférence (Clarke et Johnstone, 2013). Par ailleurs, chez les individus anxieux on remarque une plus grande activation du cortex préfrontal dorso-latéral (Park et al., 2016 ; Basten et al., 2011) et ventro-latéral, de l'amygdale, de l'hippocampe (Park et al., 2016) et du CCA (Comte et al., 2015). Cette activité compensatoire répond possiblement au recrutement moins efficace du cortex préfrontal en contrôle attentionnel (Bishop, 2009). Sachant que le CCA est déterminant dans la résolution de conflit (Botvinick et al., 2004), la résolution plus grande activation du cortex cingulaire antérieur (CCA ; Clarke, & Johnstone, 2013 ; Comte et al., 2015) nécessaire pour traiter l'interférence chez les individus anxieux est déterminante. D'ailleurs, la présence de biais attentionnels dans l'anxiété a été rapportée par plus de 150 études (Bardel et Colombel, 2009) et pourrait s'expliquer par une dominance du contrôle attentionnel dirigé par le stimulus (*bottom-up*) plutôt que dirigé sur un but (*top-down*; Duan et al., 2019 ; Yang et al., 2018 ; Balderston, et al., 2016). Par exemple, l'effet de ce CA vers un but inférieur peut prendre plusieurs formes. La réduction de l'efficacité du CA dans le traitement de l'interférence (Basten et al., 2011 ; Visu-Petra et al., 2013), les TR plus longs lorsque la tâche n'occupe pas toute l'attention (Bishop, 2009), puis un contrôle attentionnel réduit (Pacheco-Unguetti et al., 2010) démontrent la présence de difficultés attentionnelles quotidiennes rapportées dans l'anxiété. La difficulté de la tâche semble impliquée dans la performance de CA (Vytal & al., 2012), d'un côté le CA des individus anxieux s'avère inférieur au niveau attendu aussi lorsque la tâche sollicite moins l'attention (Berggren et Derakshan, 2013), puis les différences attentionnelles entre les sujets anxieux et non-anxieux semblent s'exprimer pleinement avec des tâches plus difficiles (Bishop, 2009).

En somme, un niveau d'anxiété plus élevée est associé à un CA plus faible en comparaison à un niveau d'anxiété moins élevé. À la lumière de ces connaissances, l'état et le trait d'anxiété pourraient avoir un rôle important dans l'étude de l'effet de la musique de fond sur le CA. Afin de mieux comprendre comment le contrôle attentionnel sera affecté dans un environnement musical en tenant compte des variations individuelles d'anxiété, nous poursuivrons avec l'étude de l'effet de la musique de fond sur l'anxiété.

Émotions musicales, anxiété et contrôle attentionnel

Les études sur les effets distincts de la musique de fond et de l'anxiété sur le CA présentent des conclusions intéressantes, on sait maintenant que le CA est diminué dans l'anxiété et que la musique peut améliorer le CA. Toutefois, considérer ces deux facteurs conjointement pourrait clarifier les conclusions hétérogènes relatives à la modulation du CA au quotidien. Les effets de ces facteurs sont regroupés à la Figure 2. En ce qui concerne la musique, elle aurait un effet bénéfique sur le CA, pourrait y nuire ou n'avoir aucune influence. Concernant l'anxiété, la capacité de CA serait réduite avec un trait et un état d'anxiété élevé. Enfin, les propriétés anxiolytiques de la musique pourraient réduire l'anxiété et son effet sur le CA.

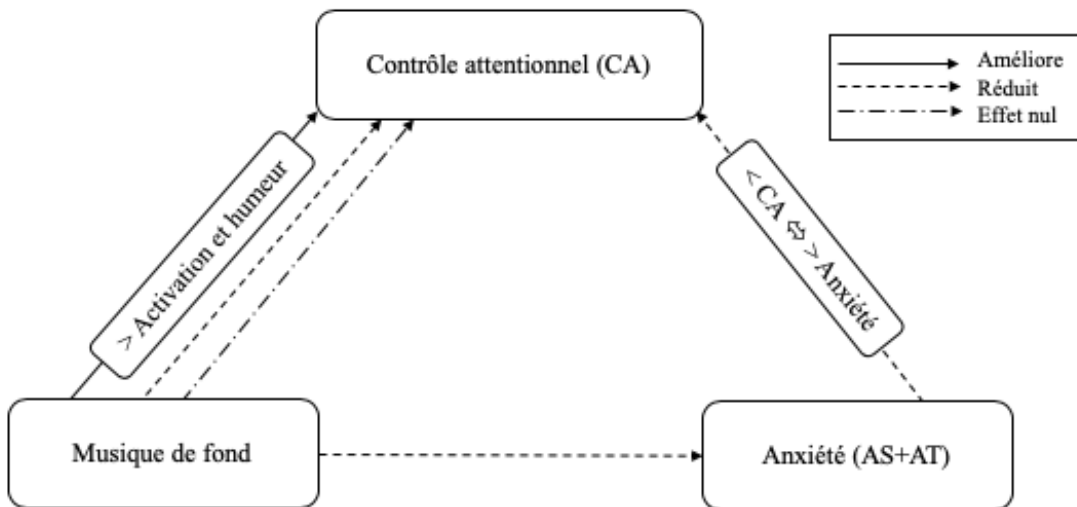


Figure 2. Modèle d'interaction entre contrôle attentionnel, musique de fond et anxiété.

Objectifs et hypothèses

La présente étude a pour objectif d'explorer à la fois l'effet de la musique et des variations individuelles d'anxiété sur le CA. Plus précisément, l'objectif principal est d'étudier l'effet de l'activation de la musique de fond sur le CA en prenant en considération l'état et le trait d'anxiété dans un échantillon adulte non-clinique. Pour cela, la version à flèches de la tâche Flanker d'Eriksen a été administrée auprès d'un groupe à anxiété faible (GAF) et d'un groupe à anxiété élevée (GAÉ). La tâche a été réalisée avec présentation de musique à activation-faible et à activation-élevée, et en silence. Il est prédit que les conditions auditives auront des effets différents sur la performance entre les groupes. Spécifiquement, pour le GAF, la performance à la tâche de Flanker sera supérieure dans la condition musique à activation-élevée en comparaison aux conditions musique à activation-faible et silence (GAF : musique à activation-élevée > musique à activation-faible = silence). Pour le GAÉ, des prédictions distinctes ont été formulées sur la base de la théorie de l'activation et de l'humeur et de la loi d'Yerkes-Dodson. Cette loi prédit que la musique à activation-faible, calmera l'anxiété du GAÉ et améliorera leur contrôle attentionnel, alors que la musique à activation-élevée augmentera l'activation et dépassera le seuil optimal chez le GAÉ, ce qui nuira à la performance (GAÉ, loi d'Yerkes-Dodson : musique à activation-faible > musique à activation-élevée). Au contraire, la Théorie de l'activation et de l'humeur prédit que la musique à activation-faible aura un effet relaxant et réduira la performance du GAF, alors que la musique à activation-élevée augmentera le niveau d'activation et donc favorisera le contrôle attentionnel (GAÉ, Théorie de l'activation et de l'humeur : musique à activation-élevée > musique à activation-faible). En lien avec les prédictions de la TCA qui prédit que l'efficacité est réduite dans l'anxiété alors que l'efficacité est préservée, il est prédit que la performance du GAÉ sera similaire à celle du GAF pour les ERR (ERR GAÉ = ERR GAF), mais que leur performance en termes de TR sera inférieure (TR GAÉ < TR GAF).

Article

Effect of background music on attentional control

Impact of individual variations in anxiety

Catherine Houde-Archambault (1), Amélie Cloutier (1) and Nathalie Gosselin (1)
(1) International Laboratory for Brain, Music and Sound Research (BRAMS), Center for
Research on Brain, Language and Music (CRBLM) and Laboratory for Music, Emotion and
Cognition Research (MUSEC), and Department of Psychology, University of Montreal,
Canada

Running title: Background music and attentional control, influence of anxiety

*Keywords: Flanker task, attentional control, interference, background music, musical
emotions, arousal, anxiety,*

Abstract

Daily, attentional control is solicited to maintain attention on a desired task and inhibit distractions. Knowingly, emotional factors are studied to further understand attentional modulation. With the omnipresence of music, and the emotions it induces, in daily activities, its impact on attentional control arises questioning. Studies exploring the effect of background music on attentional control have shown inconsistent results, supporting its effect is sometimes detrimental or null, but mostly beneficial. Differences in the emotional characteristics of music could possibly explain the inconsistent results shown in studies exploring the effect of emotions on attentional control. Additionally, individual variations in emotional states have been shown to impact attentional control capacities, namely variations in anxiety (low/high trait and state anxiety). Considering activation levels of music (stimulating/relaxing) and individual levels of anxiety (low/high) could clarify how attentional control is impacted in the daily life. This study aims explored the effect of (a) the activation levels of background music and (b) individual differences in anxiety on attentional control capacities using the Flanker task. To this aim, a low state-and-trait anxiety group and a high state-and-trait anxiety groups drawn form a non-clinical population were tested under three conditions: with presentation of stimulating and relaxing music, and in silence. For the low-anxiety group, the Flanker effect was similar between the three conditions. On the other hand, for the high-anxiety group, the Flanker effect was significantly increased with the relaxing background music compared to silence. These results suggest that the effect of background music activation levels on attentional control varies as a function of anxiety levels.

Introduction

Attentional control (AC) allows the focus of attention on relevant information and inhibition of distractions (Friedman & Miyake 2004). This cognitive function is of great importance to many daily activities (e.g. driving a car, taking notes during a class). Since attentional and emotional neural circuits are known to overlap closely (Fernandez-Duque, 2000; van Steebergen, 2005), it is unsurprising to notice the large body of studies supporting the influence of affect in AC (Dignath et al., 2020). Hence, to fully understand the effect of background music on AC, it is essential to consider the emotional characteristics of musical stimuli and auditors' affect (e.g. anxiety levels). It is suggested that music modulates attention with its ability to enhance physiological activation and mood (Thompson & al., 2001). Studies addressing the effect of background music on cognition have shown conflicting results (Kampfe et al., 2010; Küssner, 2017), concerning its effect on AC results vary across studies. Nevertheless, a growing body of studies suggest it could enhance AC performance. On the other hand, attentional biases towards distractions characterise anxiety, an emotional state that influences physiological activation and can modulate AC (Eysenck, 2007). Indeed, many studies evidence an impairment of AC in anxiety (Shi & al., 2019). Considering both the effects of the emotional characteristics of background music and levels of anxiety should allow a better understanding of background music's effect on AC. Therefore, this study aimed to explore the effect of background music's arousal (low/high) and levels of anxiety (low/high) on AC.

A common example of attentional control (AC) is when surrounding conversations make it difficult to focus on the conversation you're having with the person standing right next to you. Thus, AC is the voluntary direction of attention found in inhibition (Friedman & Miyake 2004), which combined maintenance of on-task attention (AC) and inhibiting distractions such as irrelevant stimuli (Friedman & Miyake, 2004; Miyake & al., 2000). This ability is commonly evaluated with Eriksen's Flanker task (Eriksen & Eriksen, 1974) where the direction of a target arrow must be identified, while flanked arrows either point in the same or opposite direction as the target, and must be ignored to answer correctly (Kok, 1999). Doing so evaluates resistance to interference.

It is known that affective factors such as mood and arousal strongly influence attentional control (van Steenbergen, 2015). The existing literature on emotional modulation of AC is established in two different fields: music cognition and anxiety.

With music being predominant in daily activities such as driving, working and studying (North, & al., 2004), the effect of music on cognitive performance were studied. Many studies have shown that music presented before (Husain & al., 2002; Schellenberg & al., 2007; Thompson & al., 2001) or during a task (e.g., background music; Begum & al., 2019; Mammarella & al., 2007; Kampfe & al., 2010) is beneficial for different cognitive tasks. These positive effect of music on cognition are explained by referring to the Arousal and Mood Theory (AMT ; Thompson & al., 2001). According to this theory, music improves cognitive performance with its ability to enhance arousal and mood (Thompson & al., 2001; Schellenberg & Weiss, 2013). Musical tempo is dominantly responsible for arousal modulation (Chanda & Levitin, 2013). Namely, a fast tempo, is generally found in stimulating music, is associated with an increased arousal (including heart rate), whereas a slow tempo, found in relaxing music, is associated with a decreased arousal. As for mood, it is suggested to be enhanced by music with a positive valence (pleasantness) and a major mode.

In order to distinguish what effect these musical parameters have on listeners, it is important to assess how the musical stimuli are perceived by them when comparing performance. To measure the effect of stimuli, such as music, on emotions; the dimensional model of emotions (Russell, 1980) is commonly used, which allows classification of emotions on two dimensions: arousal and valence. Arousal refers to the level of activation-deactivation (or stimulation-relaxation) that an emotion has on your system, and valence refers to the level of pleasantness-unpleasantness experienced with the emotion (Cohrdes & al., 2017).

Relatively to music's specific effect on AC, conflicting results emerge between a positive effect, a detrimental effect or no effect at all. On one hand, arousing happy music led to faster response times (RT) in an AC compared to arousing anxious music (Marca & al., 2014) and low-arousal music (tenderness and sad; Fernandez & al., 2020). Stimulating happy music also enhanced attention and executive functions compared to stimulating stressful music, soft music and silence (Begum & al., 2019). Additionally, target identification was best with sad music, intermediate with calm and happy music, and worst with anxiety-inducing music (Jefferies & al., 2008). On the contrary, arousing happy (Rowe & al., 2007; Xiao & al., 2020) and calm (Rowe & al., 2007) music was found to increase interference compared to sad music. Finally, relaxing and stimulating background music have also been reported to have no effect on AC (Burkhard et al., 2018), although arousal of the musical excerpts from this study were judged similarly by participants. The heterogeneity in the musical material in terms of emotional characteristics (e.g., arousal) across studies might explain the equivocal conclusions.

Anxiety is an individual characteristic that can also modulate arousal and could help clarify musical modulation of AC. Amidst different definitions of anxiety available in the literature, Rachman (2020) synthesizes the different theories and central cognitive components. Anxiety is described as an unsettling anticipation of an unidentifiable threatening event, and a persistent elevated vigilance and psychological activation (Rachman, 2020). Predisposition to anxiety, defined as trait anxiety (Raymond & al., 2017), varies individually (Rachman, 2020) and is a rather stable disposition across lifetime (Spielberger et al., 1983; Spielberger, 1989). State anxiety refers to the emotional and physiological reaction to a situation, the feeling of anxiety in a given situation. It is suggested that trait and state anxiety interaction is responsible for attentional biases in anxiety, although studies exploring their respective effects are limited and respective roles haven't been determined yet (Bardel & Colombel, 2009). A widely used tool measuring the vulnerability to anxiety is the State and Trait Anxiety Inventory (STAI; Spielberger et al., 1983; Spielberger, 1989).

Accordingly, the Attentional Control Theory (ACT), impairment of attentional processes (Eysenck & al., 2007) and inhibition capacities, described earlier in *Attentional control*, are related to trait anxiety. Due to high arousal, attentional resources are allocated to irrelevant

stimuli, which interfere with the allocation of attention to the task (Eysenck, 2007). A recent meta-analysis further concludes that low AC capacities underline anxiety and attentional biases, which in turn affects AC performance in anxiety (Shi & al., 2019), which is mostly measured with trait and/or state anxiety. More than 150 studies support the attentional bias and poor AC in anxiety (Bardel & Colombel, 2009). The intimate relation between emotional and AC processes explains this effect (Fernandez-Duque & al., 2000). In fact, in concordance with the ACT, high levels of trait anxiety have been associated with poorer performances compared to low levels of anxiety on when measuring AC with a Flanker task (Bishop, 2009; Pacheco-Unguetti & al., 2010) and a Stroop task (Basten & al., 2011). Notably, when the task doesn't occupy all attentional resources, individuals with high trait anxiety, have longer response times (RT) when identifying the target stimulus in a Flanker task (Bishop, 2009) and their attentional differences with non-anxious individuals fully manifest (Bardel & Colombel, 2009). More specifically, the ACT describes AC impairment found in anxiety in terms of efficiency rather than effectiveness. When processing information, efficiency refers to the cost in attentional resources (response time), while effectiveness refers to successfully reaching a result (correct answers). The predicted preservation of effectiveness, shown by similar error rates, and impairment of efficiency, shown by larger interference effect, have been validated with tasks measuring inhibition in high trait anxiety (e.g. Basten & al., 2011).

For example, Husain and his colleagues (2002) had previously related to the arousal effect of music on cognition to *Yerkes-Dodson's law* (1908). This law has been used to predict the relation between individual activation and cognitive performance (Watters & al., 1997). According to this law, there is an inverted-U relationship between arousal and cognitive performance, where both insufficient and excessive arousal have a detrimental effect on performance. Thus, the optimal activation zone would be intermediate.

Taken together, the trait and state anxiety, and the arousal dimension of background music could clarify the emotional modulation of attentional control.

The study aimed to explore both the effect of background music's arousal levels and individual variations in state-trait anxiety on AC. To this aim, an arrow version of the Flanker task was administered to a low anxiety group (LAG) and a high anxiety group (HAG) while presenting low-arousal and high-arousal background music, or in silence. The prediction of this study is the arousal levels of music would have a different effect on performance on the Flanker task according to groups. The performance of the LAG is expected to be higher with high-arousal music compared to silence and low-arousal music. For the HAG, opposite predictions are drawn based on the Arousal and Mood Theory (AMT) and Yerkes-Dodson's law. According to the latter, low-arousal music could reduce anxiety and enhance performance for the HAG and high-arousal music would increase arousal further than the optimal level and impair AC for the HAG. Contrarywise, according to the AMT, low-arousal music should reduce arousal and impair AC, whereas high-arousal music would enhance arousal and mood and facilitate AC. Because anxiety impairs attentional control, we also predicted the HAG would have lower performance at the Flanker task as compared to the LAG. In line with the ACT which predicted an impaired efficiency and a preserved effectiveness in anxiety, we predicted the LAG would have faster RT compared to the HAG and that both groups would have similar ERR.

Method

Participants

A total sample of 47 non-clinical, non-musician and French-speaking adults (aged 19.75 to 32.50 years, $M = 23.99$; 32 women) were recruited. They all reported having no neurological, psychological or neurodevelopmental disorders and not taking psychoactive medication. All participants also reported having normal hearing and normal or corrected-to-normal vision. This study was approved by the University of Montreal's ethics committee for research. One participant was very slow in his responses and his data was withdrawn (see Data processing Section).

From this total sample, two non-clinical anxiety groups, Low-Anxiety Group (LAG), and High-Anxiety Group (HAG) were selected according to the French-Canadian adaptation of the State and Trait Anxiety Inventory, form Y (STAI-Y ; Gauthier & Bouchard, 1993).

Material and procedure

State and Trait Anxiety Inventory

Prior testing, the STAI-Y was used to measure state and trait anxiety levels in participants. This questionnaire includes two 20 items four-point scales (1-4); the state anxiety scale (SA) and the trait anxiety scale (TA). This measure is widely used, administration and scoring are brief and easy, and the trait scale allows an evaluation of a longstanding trait (Julian, 2011). The French-Canadian adaptation of the STAI form Y (Spielberger & al., 1983) translated and validated by Gauthier and Bouchard (1993) was used to select Low and High Anxiety Groups.

Group selection procedure is described in Figure 3. First, the total sample ($n = 46$) was divided with the median separately for SA and TA scales. For the SA scale, the median of the total sample is 24th percentile, with 23 participants below the median (0-21st percentile = Low SA), and 23 participants above the median (27th-92nd percentile = high SA). Similarly, for the TA scale, the median of the total sample is 26th percentile, with 23 participants below the median (0-24th percentile = low TA), and 23 participants above the median (27th-85th percentile = high

TA). Secondly, participants with only both low SA and low TA were included in the LAG (n = 18), and participants with only both high SA and high TA were included in the HAG (n = 18).

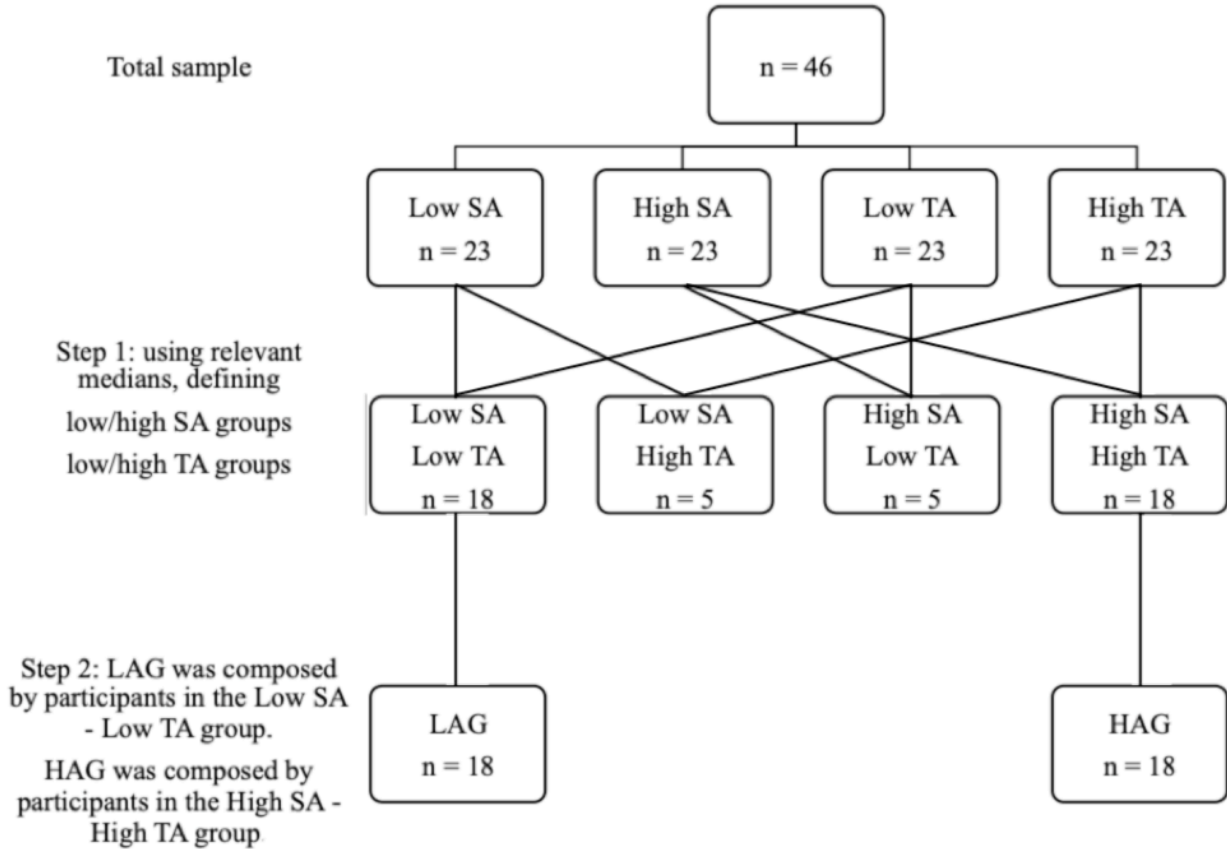


Figure 3. Procedure for LAG and HAG selection.

Flanker task

The stimuli presented in our arrow version of the Flanker task (Eriksen & Eriksen, 1974) consist of a target arrow flanked by two arrows on either side that were either congruent (e.g. <<<<<) or incongruent (e.g. >><>>) with the target's direction. Incongruent trials entail longer response times (RT) and higher percentage of error (Kok, 1999). Participants were instructed to respond to the direction of the target (central) arrow (left or right) as fast and as precisely as possible. The course of a trial is depicted in Figure 4. All trials started with a fixation cross screen for 500 ms, followed by arrows stimulus presented for 250 ms (incongruent and

congruent trials, both with left or right target). After the disappearance of the arrows' stimulus, the participants had a maximum of 2000 ms to answer, followed by a 500 ms post-answer blank screen. Finally, the symbol “ - - ” appeared for a delay varying between 850 and 950 ms, marking the end of a trial leading to the following trial.

The Flanker task was administered with Matlab (Mathworks, 2015). Participants were installed at a viewing distance of 100 cm from the ViewSonic LCD screen (22”). On this screen, arrows were separated by 0.3° of visual angle and measured 0.4° and 0.6° of vertical and horizontal visual angle respectively. The responses were given with the keyboard's left and right arrow keys.

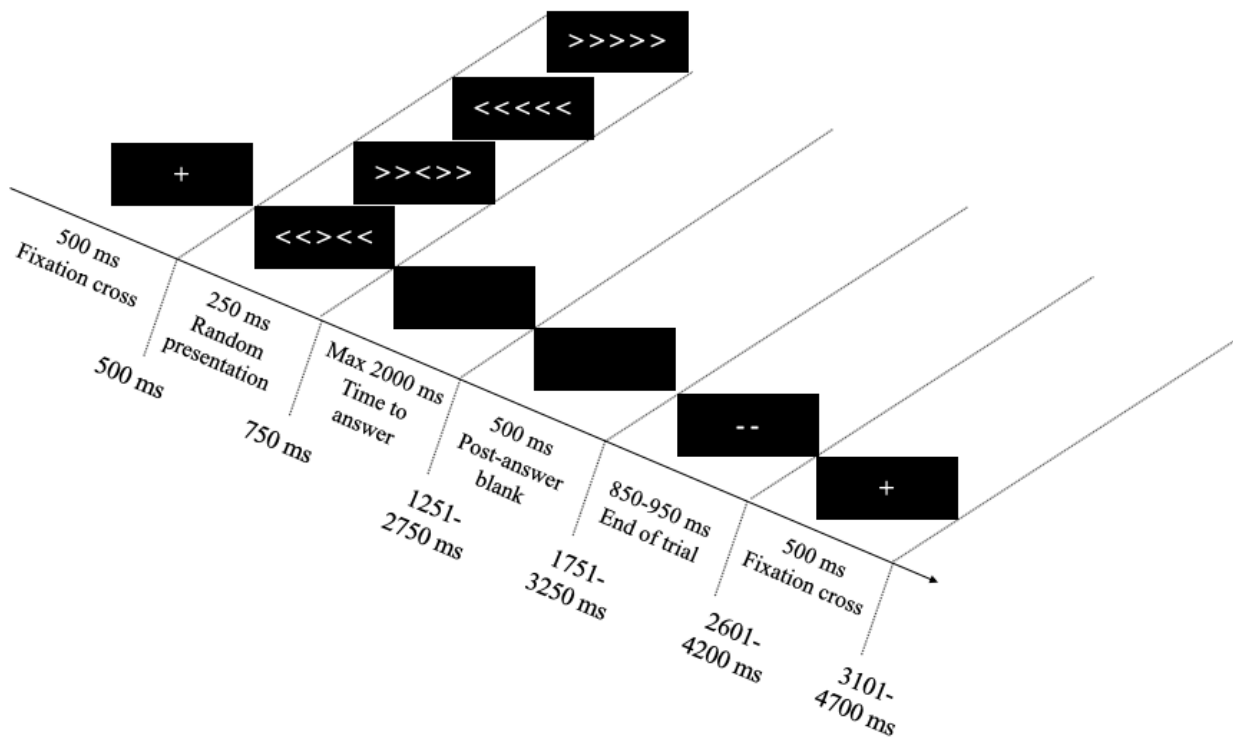


Figure 4. Trial course of the arrow Flanker task.

Participants were first familiarised with the Flanker task by completing a practice block of 32 trials (half congruent, half incongruent). For this practice only, feedback was given after every trial (“correct”, “incorrect” or “no response”). Afterwards, the experiment comprised 21 blocks of 32 trials each (half congruent and half incongruent, for a total of 672 trials), where

both blocks and trials were randomly presented across participants. After each block, participants could rest. Of the 21 blocks, 7 were attributed to each of the three auditory conditions: (a) high-arousal music, (b) low-arousal music, and (c) silence. We included a silence condition as a passive control condition which allows to compare the effect of background music to absence of music as well as compare high and low arousal music, conforming to Chanda and Levitin's recommendations (2013). For both high-arousal and low-arousal musical conditions, one musical excerpt was presented by block.

Musical stimuli and emotional judgments measures

Fourteen instrumental musical stimuli were selected from the classical repertoire by three researchers from the International Laboratory for Brain, Music, and Sound Research (BRAMS) with an interjudge agreement. They agreed on the arousal level (low/high arousal or relaxing/stimulating) and positive valence (all pleasant) of the musical excerpts. Seven excerpts with a high-arousal and fast tempo ($M = 153.14$ beat per minutes [bpm], see Table 1) were selected for the high-arousal music condition, and seven excerpts with a low-arousal and slower tempo ($M = 59.29$ bpm) were selected for the low-arousal music condition. All the musical excerpts were composed in a major mode. They were on average 1 min 42 s long. Each excerpt was played during one block until the 32 trials were completed and repeated until the block was finished. The musical stimuli were processed with Adobe Audition (Version 3.0; Adobe Systems, 2007) for normalisation and addition of fade-ins and fade-outs. The music was presented through Beyersdynamic DT 770 Pro headphones (250 Ω) adjusted at a comfortable volume level, that participants wore for the complete duration of the task.

Table I. *List of the musical material with tempo and duration.*

Musical condition	Composer	Title	BPM	Length (min, s)
High-arousal	J S Bach	Suite no.3 in D major GIGUE, BWV 1068	109	1:39
	A Dvorak	Slavonic Dances, Opus 46, No. 1 in C major : Presto (furiant)	137	1:42
	J Offenbach	Can Can Music	164	1:42
	A Ponchielli	Dance of the Hours	180	1:48
	G Rossini	William Tell Overture : Final	165	1:40
	J Strauss	Thunder and Lightning Polka, Opus 324	162	1:42
	P I Tchaikovski	The Nutcracker Suite, Russian Dance (Trepak)	155	1:31
Low-arousal	J S Bach	Orchestral Suite No.3 in D major, BWV 1068, Air (Air on a G string)	55	1:42
	J S Bach	Goldberg Variations, BWV 988, Aria Da Capo	45	1:41
	F Chopin	Nocturne op.9 no.2	60	1:42
	C Debussy	Suite Bergamasque, Clair de Lune	65	1:36
	E Satie	Gymnopédie no.1	50	1:41
	C Gounod	Ave Maria	60	1:52
	W A Mozart	Clarinet Concerto in A major, K.622, Adagio	80	1:50

Note. BPM = beat per minute

Following Chanda and Levitin’s recommendations (2013), emotional judgments were collected to confirm that high-arousal music was judged as high-arousal and pleasant, and the low-arousal music judged as low-arousal and pleasant by our groups. After completing the Flanker task, participants judged each musical stimulus in terms of arousal and valence by using visual analogue scales (VAS, horizontal lines of 100 mm). These evaluations are reliable as people tend to accurately rate their emotions while listening to music (Juslin & al., 2010). Accordingly, arousal was assessed with a VAS anchored with the labels “relaxing” (extreme left) and “activating” (extreme right), and valence was assessed with a VAS anchored with the labels “unpleasant” (extreme left) and “pleasant” (extreme right). While participants listened attentively to the presented excerpts, they gave their evaluation by clicking on each 100 mm scales with the mouse pointer.

Data processing

Participants

Groups characteristics, including composite anxiety score, were analysed with chi-square and independent t-tests.

Flanker task

When a participant pressed the response key matching the target arrow presented, the answer was recorded as “correct”. When he pressed the response key unmatching the target arrow presented, the answer was recorded as “incorrect”. Finally, when no answer was given during the 2000 ms answer interval, the response was recorded as a “no response”. Based on these recorded answers, three dependant variables were computed: percentage of error ($ERR = \left(\frac{\text{number of incorrect responses}}{\text{total number of trials}} \right) \times 100$), mean response times (RT) and the Flanker effect. Analyses of the RT and the Flanker effect were limited to “correct” answers. The Flanker effect was calculated by the difference in mean RT between incongruent trials and congruent trials (Kanske & Kotz, 2010). This effect is known as the time cost for resolving interference caused by the congruency conflict. The residual RT represent the time allocated to processing the conflict and inhibiting the incorrect response when Flankers are incongruent with the target arrow. This dependant variable reveals individual efficiency (allocation of attentional resources) of resistance to interference. In other words, a smaller Flanker effect shows a better resistance to interference, and a larger Flanker effect shows a poorer resistance to interference.

Before computing the dependant variables, outliers were identified by computing z-scores for ERR and RT for each experimental condition (congruency X auditory conditions), as well for the Flanker effect for each auditory condition. These z-scores were computed for within-subject and within-group analyses of outliers. Scores deviating by more than 3.29 SD from the mean for their respective experimental condition were removed from analysis.

All three variables (RT, ERR and Flanker effect) were analysed with order of presentation as within-subject factor, since no main effect of order, nor interactions were significant (all $p < .05$), this factor was not taken into consideration in the following results. For all analyses, Greenhouse-Geisser were used with ANOVA when needed, significance level was set at $\alpha = 0.05$, and Bonferroni correction were applied for multiple comparisons.

Emotional judgments of music

For every participant, mean ratings of emotional judgments (arousal and valence) were calculated respectively for each musical condition (high-arousal and low-arousal music). One participant judged low-arousal music as less pleasant ($M = 37.21$) than his group ($M = 86.29$, $SD = 15.45$) and was considered an outlier. This emotional judgement was removed from analysis using the procedure previously described.

Results

Participants

Groups were similar in terms of sex ($p > .05$, with chi-square), as well as education, and musical training (both $p > .05$, with t-tests) as you can see in Table II. Although groups varied significantly in age ($t(26) = 2.12$, $p = .043$, $d = 0.707$), no significant relationship between age and the dependant variables for both LAG and HAG (r from -0.13 to 0.21 , all $p > .05$) revealing no linear relation between age and the dependant variables, which should correlate when conducting an ANCOVA (Yergeau & Poirier, 2013). What prevented us to control for this difference by including age as a covariable is that a covariable must be independent from the group factor as analysed by an ANOVA (Field, 2009). Consequently, age was not used as a covariable in following analysis. Finally, as expected, the composite anxiety score for the LAG was significantly lower than the HAG ($t(21) = -11.04$, $p = .001$, $d = 3.679$).

Table II. *Characteristics detailed by groups.*

Characteristics	Low anxiety group n=18	High anxiety group n=18
Sex	13F/ 5M	12F/ 6M
Age	25.07 (4.03)	22.76 (2.21)
Education	16 (2.25)	15.82 (1.71)
Musical training	Instrument lessons	1.17 (2.83)
	Singing lessons	0.61 (1.97)
Composite anxiety score	17.44 (2.72)	104.78 (31.53)

Note. Age, education and musical training (e.g., instrument and singing lessons) are reported in terms of the number of years. SD are also presented in parentheses.

Flanker task

ERR and RT obtained at the Flanker task were analysed separately with repeated measures mixed ANOVAs with group (LAG, HAG) as between-subject factor, as well as auditory conditions (high-arousal music, low-arousal music, silence), and congruency (congruent, incongruent) as within-subject factors.

For **ERR**, no triple nor double interactions were significant (all $p > .05$). There was a significant main effect of congruency, $F(1, 32) = 114.07, p < .001, \eta^2 = .781$. As expected, incongruent trials yielded greater percentage of errors ($M = 7.45, SD = 4$) than congruent trials ($M = .57, SD = .71$). No other main effect was significant (all $p > .05$).

For **RT** no triple interaction reached significance $p > .05$). However, the interaction between congruency and group was significant, $F(1, 32) = 5.11, p = .031, \eta^2 = .138$. Following single factor ANOVA for mean RT of congruent and incongruent trials revealed a significant interaction between groups and congruency, $F(1,32) = 5, p = .031, partial \eta^2 = .138$. as well as a significant main effect of congruency, $F(1, 32) = 654, p < .001, \eta^2 = .953$. Following independent T-Tests revealed groups were not significantly different for the incongruent or the congruent trials ($p > .05$), independently of music. There was also a bordering significance interaction between congruency and auditory condition, $F(2, 64) = 3.12, p = .051, \eta^2 = .089$. Considering these main effects, follow-up one factor repeated-measures ANOVAs were conducted separately for each group. For the LAG, there was no significant interaction ($p = .525$). For the HAG, there was a significant interaction between congruency and auditory conditions, $F(2, 32) = 43.84, p = .032, partial \eta^2 = .194$. However, follow-up paired t-tests comparing RT between high-arousal and low-arousal music, low-arousal music and silence and high-arousal music and silence for the HAG were not significant (all $p > .05$). A significant main effect of congruency was found, $F(1, 32) = 654.31, p < .001, \eta^2 = .953$. This indicates that participants from both groups took more time to respond when the Flankers were incongruent with the target arrow ($M = 477$ ms, $SD = 41.52$ ms), compared to congruent Flankers ($M = 415$ ms, $SD = 34.68$ ms). There was no other significant main effect on RT.

In sum, independent of auditory conditions and groups, incongruent trials yielded both greater ERR and RT than congruent trials.

The **Flanker effect** was analysed with a repeated measure mixed ANOVA with group (LAG, HAG) as between-subject factor by auditory conditions (high-arousal music, low-arousal music, silence) as within-subject factor. Whereas the interaction between groups and auditory conditions was not significant ($p = .305$), a significant main effect of group, $F(1, 32) = 5.11$, $p = .031$, $\eta^2 = .138$, and a marginally significant effect of auditory conditions, $F(2, 64) = 3.12$, $p = .051$, $\eta^2 = .089$, were obtained (see Figure 3). Considering these main effects, follow-up one factor repeated-measures ANOVAs were conducted separately for each group. For the LAG, there was no significant effect of auditory conditions ($p = .525$). On the other hand, for the HAG, there was a significant effect of auditory conditions, $F(2, 32) = 43.84$, $p = .032$, $\eta^2 = .194$ (see Figure 5). Following pairwise comparisons revealed a significant increase in the Flanker effect for the HAG with low-arousal music ($M = 72$, $SD = 15$ ms), compared to silence ($M = 63$, $SD = 18$ ms), $t(16) = 32.77$, $p = .044$, $r = .324$.

In sum, LAG and HAG were influenced differently by auditory conditions. The low-arousal music condition was detrimental to the HAG's resistance to interference compared to silence, although there was no difference for the LAG. This confirms the AMT prediction that low-arousal music would be detrimental to HAG's AC. However, the AMT prediction concerning a better performance for the HAG and the LAG with high-arousal music compared to silence and low-arousal music is infirmed.

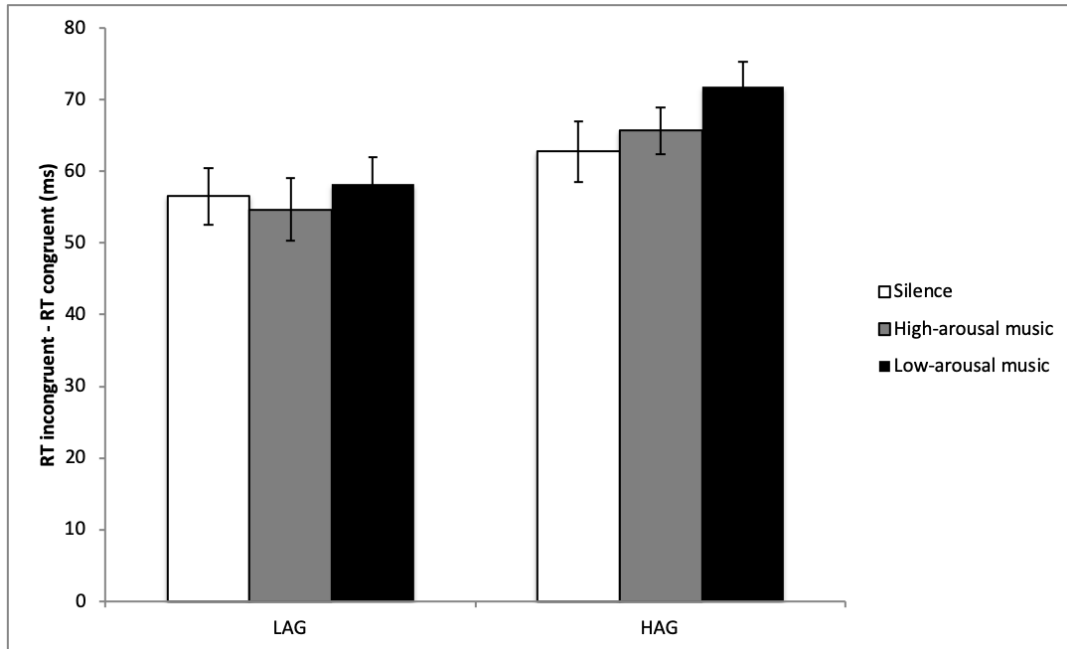


Figure 5. Flanker effect is presented as a function of group (LAG, HAG) and auditory condition (silence, high-arousal music and low-arousal music). Error bars correspond to SE.

Emotional judgments of music

The arousal and valence judgments (see Figure 6) were analysed separately with repeated measures mixed ANOVAs, with between-subject factor group (LAG, HAG) by within-subject factor musical conditions (high and low-arousal music).

For valence judgements, there was a significant effect of musical conditions, $F(1, 33) = 40.34, p < .001, \eta^2 = .550$, indicating that participants judged the low-arousal music as more pleasant ($M = 87.33, SD = 11.38$) than the high-arousal music ($M = 59.66, SD = 26.43$). However, group effect and interaction were not significant.

For arousal judgements, there was a significant interaction between musical conditions and groups, $F(1, 34) = 8.02, p = .008, \eta^2 = .191$. This interaction was further investigated with pairwise t-tests. As expected, both groups judged the high-arousal music as more activating than the low-arousal music [LAG $t(17) = 33.11, p < .001, d = 0.985$; HAG $t(17) = 21.68 (22), p < .001, d = 0.965$]. Independent t-tests indicated that high-arousal music was judged significantly more activating by the LAG ($M = 88.45, SD = 7.77$) compared to the HAG ($M = 82.42, SD =$

8.61), $t(34) = 2.21$ (2), $p = .034$, $d = .126$. The LAG tended to judge low-arousal music more relaxing ($M = 7.94$, $SD = 7$) than the HAG ($M = 13.26$, $SD = 9.25$), $t(34) = -1.95$ (-2), $p = .06$, $d = .101$.

In sum, groups' judgements of arousal were significantly different for the high-arousal music and approached significance for the low-arousal music.

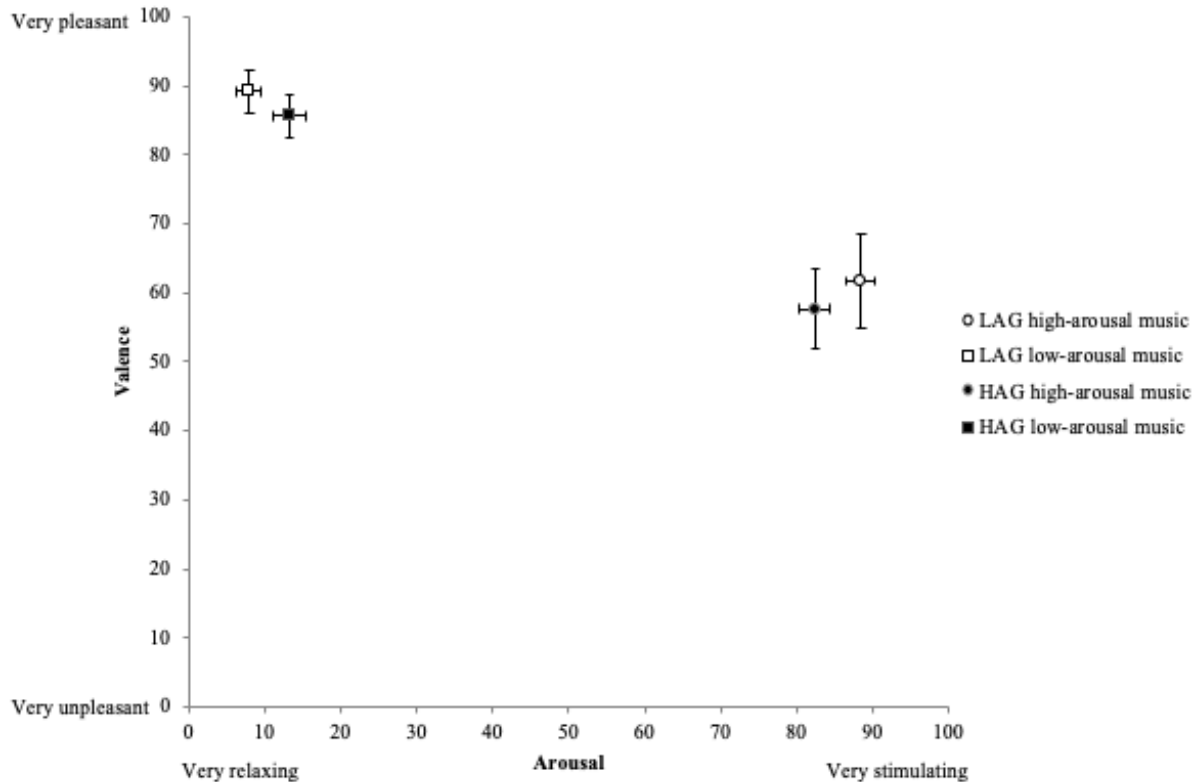


Figure 6. Valence and arousal judgements are presented according to low- and high-arousal musical conditions as well as low and high anxiety groups. Error bars represent SE.

The effect of arousal rating on the Flanker effect was then explored separately for high and low-arousal music with a one-way ANCOVAs with group (LAG, HAG) as between-subject factor and arousal judgement as covariate. For low-arousal music, while the main effect of arousal judgement ($p = .817$) was not significant, a significant main effect of group was obtained, $F(1, 31) = 6$, $p = .030$, *adjusted* $\eta^2 = .129$ (see Figure 4). This result indicated that the HAG had a greater Flanker effect than the LAG and is consistent with above analyses, also

showing a group effect for the Flanker effect. For high-arousal music, neither the main effect of group ($p = .094$) nor the arousal judgment ($p = .755$) were significant.

In sum, when including arousal judgement to the analysis, the Flanker effect analysis is different across groups and musical conditions, similarly to results obtained with the ANOVA. When performing the Flanker task, the HAG was more sensitive to interference compared to the LAG, with low-arousal background music only.

Discussion and conclusion

The aim of this study was to investigate (a) the effect of background music's arousal levels and (b) individual variations in anxiety on AC. To this aim, two groups with low and high state and trait anxiety were tested with a Flanker task while listening to low and high-arousal background music or in silence. The central prediction of this study was that musical emotions' effect on performance would be different for the LAG and the HAG. Precisely, it was predicted that high-arousal music would lead to better performance for the LAG, compared to silence and low-arousal music. Yet its predicted effect on the HAG was unclear, it could either impair or enhance performance. Similarly, low-arousal music could either impair or enhance performance for the HAG. Finally, we also predicted the HAG would have a poorer performance compared to the LAG in terms of RT, but ERR would be similar between groups.

For the HAG, results showed that low-arousal background music increases the Flanker effect (RT for incongruent trials minus RT for congruent trials) as compared to silence. Therefore, the HAG had greater difficulty resolving incongruency (response conflict) while listening to low-arousal music compared to silence, clarifying one of the conflicting predictions relative to musical arousal and individual anxiety. That is to say, the AMT's prediction for low-arousal music impairing AC is confirmed, and Yerkes-Dodson's prediction for low-arousal music reducing anxiety and facilitating AC is not supported. Our results are inconsistent with those from Rowe & al. (2007) and Xiu & al. (2020) and did not show larger interference with arousing happy music or calm music, but we also did not compare performance to a sad music condition. Though our results do corroborate studies reporting larger interference with high trait anxiety compared to low trait anxiety (Basten & al., 2011; Pacheco-Unguetti & al., 2010; Visu-Petra et al., 2013). Accordingly, our findings support ACT's prediction that anxiety impairs efficiency, the allocation of resources to successfully perform a task. At last, in line with Yerkes-Dodson optimal performance law and the AMT, the low-arousal music might have reduced the HAG's activation to a suboptimal level, intensifying the interference effect, compared to silence.

For the LAG, was similar across auditory conditions; no musical condition enhanced nor reduced AC compared to silence, contrary to what was predicted. The LAG might have sufficiently good AC capacities, compared to the HAG, to resist to Flanker effect independent of auditory conditions. The LAG possibly had good enough and adapted AC and free of anxiety-

related attentional biases could explain these results. While this doesn't clarify why high-arousal music did not enhance AC for the LAG, perhaps the stimulating music was so arousing such that it was distracting. Seeing that stimulating music's physiological effect enhances arousal, when stimulating to a greater extent it could also induce stress.

Taken together, results for both groups suggest that background music's effect is different depending on anxiety levels, since only low-arousal background music has a detrimental effect on resisting to interference for the HAG in particular. This is a promising start in clarifying the conflicting results found in the literature (Kampfe & al., 2010), where background music sometimes enhances, impairs or has no effect on cognition, leading forthcoming investigations to consider individual emotional and arousal determinants when studying background music and AC.

Regarding the ERR and RT results, the congruency effect confirmed the efficacy of our Flanker task to induce interference, indicating that incongruent trials yielded more incorrect answers and longer response times compared to congruent trials. This validates the use of our version of the arrow Flanker task to evaluate AC with a conflict paradigm (Eriksen & Eriksen, 1974 ; Kok, 1999). However, no group nor auditory condition difference was found with ERR and RT, contradicting the faster RT expected with stimulating music according to the AMT. We demonstrate similar results to Basten & al. (2011) who found no differences in error rates, supporting the preserved effectiveness in anxiety predicted by the ACT. However, we failed to replicate results from Marca & al. (2014) and Fernandez & al. (2020) showing faster RT with high-arousing music and supporting the AMT. The absence of group effect is conflicting with previous studies where higher levels of anxiety compared to lower levels of anxiety yielded significantly longer response times (Bishop, 2009 ; Fernandez & al., 2020 ; Marca & al., 2014) and poorer performances (Pacheco-Unguetti & al., 2010). Although, our results do replicate Burkhard & al.'s (2018) findings with similar RT across conditions. Perhaps, considering the sample had moderate scores on SA (mdn 24th percentile) and TA scales (mdn 26th percentile), the limited range of anxiety levels might explain why we failed to replicate these results. These low medians (instead of approximating the 50th percentile) points to groups situated moderately low on the anxiety manifestations continuum. Nonetheless, this similarity in ERR across anxiety levels in the present study can be understood within the predictions of the ACT, which supports

that anxiety doesn't necessarily impair performance in terms of effectiveness (Eysenck, 2007 ; 2010).

Regarding musical material, selection of musical stimuli was based on specific criteria in response to the heterogeneity of the emotional parameters within the musical material across studies. Relatively to emotional judgements (arousal and valence), participants converge with the inter-judge agreement for musical selection. However, the LAG tended to judge music on the extremities of arousal scales (very relaxing, very stimulating) more than the HAG, for both relaxing and stimulating music. Perhaps, the contrast between both groups' activation levels and the arousal of background music was different, in line with anxiety's physiological manifestations. Maybe the LAG was able to react more freely to emotional variations in music, since their internal state was less occupied by personal emotions (anxiety) than the HAG. Inversely, the HAG might have been occupied with regulating or perceiving anxiety and less reactive to emotional variations in music, thus judging music less intensely. In fact, music listeners tend to perceive musical emotions congruent with their mood (Hunter & al., 2011). Since all the music were positively rated, and anxiety is a negative mood, it could be that the LAG attended the musical emotions more than the HAG, and this influenced their judgement. Finally, when considering arousal judgements, results were consistent with our previous analysis, showing that the HAG still had a larger Flanker effect compared to the LAG, while listening to low-arousal music. Thus, the AC capacity discrepancy between both groups was apparent with low-arousal music only.

Study contributions, limits and future directions. The main strength of this study is considering musical arousal and levels of state and trait anxiety in the same study, which shed some light on the impact of both these factors. In turn, this contributes to the comprehension on the effect of background music on AC. Considered with other studies assessing the effects of music in adults with anxiety, the results presented in this study will improve the use of music as a tool for enhancing AC capacities in adults in general by encouraging recommendations to consider individual levels of anxiety and to avoid suggesting relaxing music for enhancing AC in adults with high anxiety. From now on, it is important to consider levels of anxiety when the effect of background music on attentional control is studied. A principal limitation of this study

is the sample size. A larger sample could solidify our conclusions by giving more power to our analyses and provide more variations in anxiety between groups. Despite our efforts to obtain a cleavage between our groups in terms of anxiety, it remains that the anxiety represented in this study is globally low. To secure steady differences in terms of anxiety between groups, it would be interesting for future studies to extend their sample scope and include anxiety disorders.

In conclusion, the present study findings indicate that low-arousal music impairs attentional control in individuals with high levels of anxiety. Thus, to predict attentional control performance, the interaction between anxiety levels and musical arousal should be considered. In this way, the study contributes to a better understanding of contradictions found in the literature related to the effect of background music on attentional control. Our results suggest that for individuals with a higher level of state and trait anxiety, the decrease in physiological activation associated relaxing music could have also decreased alertness, in turn increasing the Flanker effect. Consequently, relaxing music led to a slower processing of interference. In a more global aspect, conclusions reached within this study lead to precisions on the effect of emotional and arousal level of background music on attentional control. Ultimately, this clarification can also contribute to the understanding of music's effect on cognition in general.

Discussion générale

La présente étude visait à explorer à la fois (a) l'effet des niveaux d'activation de la musique de fond et (b) l'effet des niveaux individuels d'anxiété sur le CA. Pour étudier la question, un groupe à état et trait d'anxiété faibles (GAF) et un groupe à état et trait d'anxiété élevés (GAÉ) ont été testés avec la version fléchée de la tâche Flanker pour évaluer l'influence de la musique de fond à activation-élevée et à activation-faible sur les capacités de CA. La prédiction centrale de cette étude était que l'effet des émotions musicales sur la performance serait différent pour le GAF et GAÉ. Précisément, il était attendu que l'activation musicale interagisse avec l'état et le trait d'anxiété sur la performance. Il était aussi prédit que la musique à activation-élevée mènerait à une meilleure performance pour le GAF. Cependant, son effet prédit sur le GAÉ était moins clair, soit il nuirait à la performance ou l'améliorerait pour le GAÉ. De manière similaire, les prédictions étaient que la musique à activation-faible pouvait soit nuire ou améliorer la performance du GAÉ. Finalement, puisque l'anxiété affecte le CA, il était aussi attendu que le GAF ait une meilleure performance générale que le GAÉ en termes de TR et une performance similaire entre les groupes en termes de ERR.

Pour le GAÉ, nos résultats suggèrent que lorsque la musique de fond à activation-faible est présentée en tâche de CA, l'effet Flanker (TR essais non-congruents moins TR essais congruents) est amplifié comparativement au silence. Cet effet indique que le temps requis pour résoudre l'interférence était plus long avec la musique relaxante en comparaison avec le silence, ce qui confirme une de nos prédictions contradictoires reliées à l'activation musicale et l'anxiété état et trait élevée. C'est à dire que la prédiction basée sur la Théorie de l'activation et de l'humeur proposant que la musique à activation-faible réduise le CA est confirmée, puis celle basée sur la loi de Yerkes-Dodson prédisant que la musique à activation-faible améliore le CA en réduisant l'anxiété n'est pas soutenue. Nos résultats divergent de ceux rapportés par Rowe et al. (2007), puis Xiu et al. (2020) puisque l'interférence n'était pas plus grande avec la musique stimulante. Cependant, les participants n'ont pas complété la tâche Flanker avec de la musique triste comme dans ces études. Néanmoins, nos résultats corroborant l'interférence plus importante rapportée avec un trait d'anxiété élevé (Basten et al., 2011; Berggren et Derakshan, 2014; Pacheco-Unguetti et al., 2010; Visu-Petra et al., 2013). De cette manière, nos résultats soutiennent les prédictions de la TCA concernant le CA réduit dans l'anxiété. Il semblerait que

la musique à activation faible ait réduit l'activation du GAÉ à un niveau sous-optimal, en accord avec la Théorie de l'activation et de l'humeur et sous le seuil optimal de la loi de Yerkes-Dodson, intensifiant l'effet Flanker observé. Cependant, ceci est en contradiction avec la littérature sur l'anxiété rapportant que l'augmentation de l'activation entraîne des biais attentionnels et réduit le CA chez les sujets anxieux (Eysenck, 2007 ; Rachman, 2020). Il serait plutôt attendu que la musique relaxante diminue l'activation, réduisant les biais attentionnels et améliorant le CA du GAÉ. Une piste intéressante pour comprendre nos résultats est celle des résultats en imagerie, qui montrent que la résolution de l'interférence nécessite une plus grande activation du cortex cingulaire antérieur (CCA ; Clarke, & Johnstone, 2013 ; Comte et al., 2015) chez des individus anxieux. Sachant que le CCA est déterminant dans la résolution de conflit, il est possible que la musique à activation-faible ait réduit l'activation du CCA nécessaire pour traiter l'interférence, compte tenu de l'implication du CCA dans le traitement émotionnel de la musique (Koelsch ; 2010). Ces liens demeurent hypothétiques et pourront être confirmés par des études futures.

Au-delà des structures, l'étude des mécanismes explicatifs ouvrirait sur plusieurs champs, nous avons choisi de vous présenter les suivants : la dominance du CA par un stimulus ou par un but (ascendante ou *bottom-up*, et descendante ou *top-bottom*) et la demande attentionnelle de la tâche. Il semblerait que la voie de CA (dirigée vers un but ou dirigée par un stimulus) soit influencée en partie par la demande attentionnelle de la tâche (Vytal et al., 2012 ; Clarke et Johnstone, 2013). Plusieurs études suggèrent que le CA dirigé par le stimulus (*bottom-up*) est caractéristique l'anxiété (Duan et al., 2019 ; Yang et al., 2018 ; Balderston, et al., 2016), en accord avec la TCA. Lorsque la tâche sollicite moins l'attention, le CA des individus anxieux serait inférieur au niveau attendu (Berggren et Derakshan, 2013). Au contraire, le CA dirigé vers un but (*top-down*) serait favorisé en tâche à demande attentionnelle élevée (Balderston et al., 2016). Donc, lorsque la tâche n'occupe pas toutes les ressources attentionnelles, les stimuli non-liés à la tâche peuvent causer de l'interférence et déclencher le contrôle *Bottom-up* de l'attention des individus anxieux. Si nous mettons en lien ces données avec notre étude, il n'est pas clair quelle voie de CA a été privilégiée, ni si la demande attentionnelle a varié avec la musique à activation-faible. Dans notre étude, les stimuli visuels sont les mêmes pour toute la tâche, la demande attentionnelle est donc semblable à travers les conditions. Cependant, on

observe une différence qualitative de la demande attentionnelle sollicitée par la musique selon la condition. Les extraits musicaux à activation faible sont majoritairement (4 sur 7) joués à un instrument, alors que les extraits à activation élevée sont tous joués par un orchestre. Cette différence réfère à l'intensité acoustique, plus il y a d'instruments dans une pièce musicale, les ondes sonores se multiplient et plus l'intensité est forte (Guillaume, 2006). Il serait donc intéressant d'explorer par analyse acoustique s'il y a une différence de densité sonore significative dans notre étude. De plus, la dominance des contrôles *de l'attention top-down* ou *bottom-up* impliqués dans le traitement attentionnel et émotionnel du groupe à anxiété-élevée n'a pas été mesurée dans notre étude et il n'est pas clair si le contrôle *top-down* a été favorisé tel que supporté par des études dans le domaine (Duan et al., 2019 ; Yang et al., 2018 ; Balderston, et al., 2016). Nous croyons qu'avec la musique à activation-faible, un contrôle de l'attention par le stimulus (*bottom-up*) a été privilégié chez le groupe à anxiété-élevée au détriment d'un bon CA. Ces liens demeurent hypothétiques, et nécessiteront des études pour les confirmer.

Pour le GAF, la performance était semblable indépendamment de la condition sonore, ce qui suggère que ni la musique à activation-élevée, ni la musique à activation-faible, n'améliorent ou nuisent à la performance de contrôle attentionnel en comparaison au silence. Contrairement à ce qui avait été prédit, les conditions musicales n'ont pas eu d'effet sur le contrôle attentionnel du GAF. Le fait que les individus de ce groupe puissent avoir un niveau de CA suffisamment bon et adapté, ou qu'ils ne présentent pas de biais attentionnel lié à l'anxiété, pourrait expliquer pourquoi l'effet Flanker ne se distinguait pas significativement dans une condition sonore pour le groupe à anxiété faible. Ensemble, ces résultats suggèrent que l'effet de la musique de fond sur le CA, tel que mesuré par l'effet Flanker, varie selon les niveaux individuels d'anxiété. Ceci confirme la prédiction liée à l'effet différent de la musique de fond pour les deux groupes. Ces résultats constituent un début prometteur dans la clarification des données divergentes sur l'effet de la musique de fond (Kampfe et al., 2010), où il est parfois bénéfique, néfaste ou nul. Dorénavant, les études devraient considérer les niveaux émotionnels et d'activation individuelle dans l'étude de l'effet de la musique de fond sur le CA.

Concernant les **ERR et les TR**, l'effet de congruence valide l'efficacité de notre tâche Flanker à induire de l'interférence. En d'autres mots, ceci indique que tous les participants ont

donné moins de réponses correctes et ont nécessité plus de temps pour donner une réponse correcte lorsque les flèches entourant la cible étaient non-congruentes avec la flèche cible, en comparaison aux essais congruents. Ceci valide l'utilisation de notre version de la tâche Flanker fléchée pour évaluer le CA (Eriksen et Eriksen, 1974 ; Kok, 1999). Cependant, aucune différence de groupe ou de condition auditive n'a été trouvée avec les ERR ou les TR, contrairement aux prédictions de la Théorie de l'Activation et de l'humeur où des TR plus rapides seraient attendus avec la musique stimulante. Nos résultats sont similaires à ceux de Basten & al. (2011) qui n'ont relevé aucune différence de taux d'erreurs, en accord avec la prédiction par la TCA de l'efficacité préservée dans l'anxiété. Toutefois, nous n'avons pas répliqué les résultats de Marca et al. (2014) ni de Fernandez et al. (2020) qui démontrent des TR plus rapides avec la musique à activation-élevée et soutiennent la Théorie de l'activation et de l'humeur. Plus spécifiquement, l'absence d'effet de groupe est contradictoire avec ce qui est présent dans la littérature où des niveaux plus élevés d'anxiété sont liés à des TR plus longs (Bishop, 2009). Cependant, nos résultats corroborent ceux de Burkhard et al. (2018) qui n'ont pas relevé de différences entre les TR des conditions musicales. Possiblement que la petite taille de l'échantillon est en cause. Ce qui pourrait aussi expliquer les TR similaires est l'étendue limitée des niveaux d'anxiété représentés dans l'échantillon. Considérant les scores l'échantillon sur l'échelle AS (mdn 24^e percentile) et TA (mdn 26^e percentile) étaient modérés, la moitié des participants se situant dans le premier quartile. Cette médiane plutôt faible (contrairement à une médiane approchant le 50^e percentile) suggère que les groupes ne représentent qu'une partie du continuum de l'anxiété. Néanmoins, dans la présente étude, la similitude en TR indépendamment des niveaux d'anxiété peut être comprise dans le cadre des prédictions faites par la TCA. La performance comparable des deux groupes, mesurée en TR, confirme la prédiction que l'anxiété n'affecte pas nécessairement la performance en termes d'efficacité (Eysenck, 2007 ; 2010). En contrepartie, la TCA prédit aussi que l'anxiété nuit à l'efficacité, le coût en ressources requises pour réussir une tâche. À ce propos, les TR globaux ne permettent pas l'évaluation de l'efficacité, mais l'effet Flanker, le temps alloué au traitement de l'interférence, mesure précisément cela. Soutenant les prédictions de la TCA, nos résultats démontrent que ce dernier varie en fonction de l'activation de la musique de fond et des groupes d'anxiété, l'effet est amplifié avec la musique à activation-faible pour le GAÉ seulement.

Tous ces résultats ont été obtenus avec du **matériel musical** sélectionné sur la base de critères spécifiques en réponse à l'hétérogénéité du matériel musical des études existantes en termes de paramètres émotionnels. Pour valider cette sélection, le jugement émotionnel de la musique a été mesuré pour chaque extrait. Relativement aux jugements des paramètres émotionnels de la musique, nos résultats abondent avec l'accord interjuge pour la sélection musicale. Les participants ont jugé la musique à activation-élevée comme plaisante et stimulante, et la musique à activation-faible comme plaisante et relaxante, comme attendu. Toutefois, le GAF a eu tendance à évaluer la musique davantage sur les extrêmes du continuum d'activation (très relaxant, très stimulant) que le GAÉ. Puisque l'activation physiologique des groupes était sûrement différente en lien avec l'anxiété, possiblement que le GAF était libre de ressentir les émotions musicales plus fortement, en comparaison au GAÉ qui percevait probablement déjà une certaine activation émotionnelle interne. Inversement, le GAÉ a pu être moins réactif aux émotions musicales, puisque déjà engagé dans sa gestion émotionnelle. D'ailleurs, il est montré que les émotions musicales perçues sont biaisées par notre humeur (Hunter & al., 2011), donc avec nos musiques à valence positives, et l'anxiété étant une émotion négative, le GAÉ a peut-être moins investi les émotions musicales que le GAF. En ce sens, ils ont possiblement eu une impression différente de l'activation. Finalement, lorsque le jugement de l'activation a été intégré aux analyses pour l'effet Flanker, les résultats demeurent similaires à l'analyse précédente et montrent que le GAÉ a eu un plus de difficulté à résister à l'interférence avec l'écoute de la musique à activation-faible en comparaison au GAF après avoir contrôlé pour le jugement d'activation des musiques. Nos résultats corroborent les résultats d'études appuyant que le trait d'anxiété élevé est associé à un traitement moins efficace de l'interférence (Basten et al., 2011 ; Pacheco-Unguetti et al., 2010). Cependant, dans notre étude les différences de capacités de CA entre le GAÉ et le GAF étaient notables seulement avec la musique à activation-faible.

Apports de l'étude

La principale force de cette étude est d'avoir pris en considération dans la même étude à la fois l'activation de la musique et le niveau d'état/trait d'anxiété. Ceci a permis d'éclairer l'impact réuni de ces facteurs et d'améliorer la compréhension de l'effet de la musique de fond

sur le CA. En considérant les résultats présentés conjointement avec ceux des études existantes explorant l'effet de la musique chez des adultes anxieux, les résultats présentés permettront d'améliorer l'utilisation de la musique de fond comme outil influençant le fonctionnement cognitif chez l'adulte de manière générale. Par ailleurs, dans l'optique d'optimiser les capacités de CA, les recommandations tiendront compte des niveaux individuels d'anxiété et éviteront de recommander la musique à activation-faible pour les adultes présentant un niveau élevé d'anxiété.

Limites de l'étude

Une des limites principales de cette étude est la taille de l'échantillon. Un échantillon plus grand permettrait d'améliorer la puissance de nos analyses et ainsi solidifier nos conclusions. Considérant l'anxiété comme un continuum, un échantillon plus grand permettrait aussi d'augmenter la variabilité de l'anxiété avec un plus grand éventail de présentation. Malgré nos efforts pour obtenir un clivage entre nos groupes, il demeure que le niveau d'anxiété représenté dans cette étude est globalement moyen, et l'écart entre nos groupes est petit. De plus, au sujet de l'échantillon, nous n'avons pas mesuré l'expérience avec des jeux vidéo et la vitesse de réponse motrice, ce qui pourrait avoir des implications dans l'analyse des TR.

En termes de généralisation des résultats, un défi additionnel rencontré dans cette étude est en lien avec la sélection musicale. Il est possible que d'avoir limité le matériel musical à des extraits tirés du répertoire de musique classique ait restreint la portée écologique et l'implication de l'effet observé en comparaison à une sélection musicale personnalisée. Par ailleurs, il est possible qu'en sélectionnant des extraits musicaux diamétralement opposés sur le continuum d'activation musicale, le niveau d'activation de la musique stimulante ait été trop stimulante, au point d'induire un stress et d'être désagréable, et que celui de la musique relaxante ait été si lent qu'il était analgésique. De plus, l'ajout d'une condition de contrôle actif, par exemple un livre audio, permettrait de comparer la performance en silence et en conditions musicales avec une condition sonore présentant un son agréable non-musical. Cette dernière permettrait de distinguer les apports musicaux et des apports sonores agréables en comparaison au silence. Enfin, les résultats que nous avons obtenus ne sont pas généralisables au contrôle attentionnel en général, puisqu'ils concernent le contrôle attentionnel visuel en tâche Flanker seulement. Il

serait utile de répliquer l'expérience avec d'autres tâches de contrôle attentionnel, par exemple la tâche Stroop.

Directions futures

Pour les études futures, puisque l'anxiété du GAÉ n'est pas si élevée, malgré qu'elle soit plus élevée que celle du GAF, la division des groupes devrait être faite avec des mesures aux catégories claires en termes d'anxiété pour assurer une différence solide entre les groupes. Conséquemment, étendre l'étude de l'effet de l'activation musicale et des niveaux d'anxiété sur le CA à l'étude des troubles anxieux s'avère intéressant. Il serait aussi intéressant d'étendre l'étude pour explorer la contribution respective du trait d'anxiété et de l'anxiété situationnelle dans l'interaction entre l'anxiété et la musique de fond. Ultimement, à la lumière des résultats présentés, les recherches futures devraient inclure des mesures de capacité attentionnelle. Il est légitime d'entrevoir que les capacités attentionnelles aient pu constituer une différence interindividuelle ou intergroupe et que ces différences puissent interagir avec le CA, l'anxiété et l'effet de la musique de fond. Ces considérations pourraient permettre de préciser davantage l'effet de l'activation de la musique de fond et des variations individuelles d'anxiété sur le CA.

Conclusion

Les résultats de la présente étude indiquent que la musique de fond à activation-faible nuit à la performance de contrôle attentionnel des individus avec un niveau d'anxiété élevé. Par ailleurs, ils démontrent que le jugement d'activation de la musique ne module pas cet effet, bien qu'il varie en fonction du niveau d'anxiété. Donc, dans la prédiction de la performance en contrôle attentionnel, la relation entre les niveaux d'anxiété, l'activation musicale et le jugement de l'activation musicale devraient être considérés. De cette manière, cette étude contribue à préciser la compréhension des contradictions présentes dans la littérature en lien avec les résultats hétérogènes de l'effet de la musique de fond sur le contrôle attentionnel. Pour les individus plus anxieux, le traitement plus lent de l'interférence lié à l'augmentation de l'effet Flanker associée avec la musique de fond à activation-faible suggère que la musique relaxante ait réduit le niveau d'alerte. De manière plus globale, les conclusions tirées au terme de cette étude apportent des précisions sur l'effet des paramètres émotionnels de la musique sur le contrôle attentionnel. En conclusion, ces clarifications pourront aussi clarifier l'effet de la musique sur la cognition dans l'ensemble.

Références

- Adobe Systems (2007), Adobe Audition 3 (Version 3.0.1) [Logiciel]. San Jose, CA : Adobe Inc.
- Balderston, N.L., Quispe-Escudero, D., Hale, E., Davis, A., O'Connell, K., Ernst, M. et Grillon, C. (2016), Working memory maintenance is sufficient to reduce state anxiety. *Psychophysiol*, 53: 1660-1668. doi:[10.1111/psyp.12726](https://doi.org/10.1111/psyp.12726)
- Barber, A. D., Caffo, B. S., Pekar, J. J., et Mostofsky, S. H. (2013). Effects of Working Memory Demand on Neural Mechanisms of Motor Response Selection and Control. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 25(8), 1235-1248. doi:[10.1162/jocn_a_00394](https://doi.org/10.1162/jocn_a_00394)
- Bardel, M. H., et Colombel, F. (2009). Rôles spécifiques de l'anxiété trait et état dans l'apparition et le maintien des biais attentionnels associés à l'anxiété : État des lieux et pistes d'investigation. [Specific trait and state anxiety's roles in emergence and maintenance of attentional biases associated with anxiety: Inventories and investigation tracks.]. *L'Encéphale : Revue de psychiatrie clinique biologique et thérapeutique*, 35 (5), 409-416. doi:[10.1016/j.encep.2008.08.004](https://doi.org/10.1016/j.encep.2008.08.004)
- Barraza, P., et Medina, D. (2019). Efficiency of attentional networks in musicians and non-musicians. *Heliyon*, 5, 1-17. doi:[10.1016/j.heliyon.2019.e01315](https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2019.e01315)
- Basten, U., Stelzel, C., et Fiebach, C. J. (2011). Trait anxiety modulates the neural efficiency of inhibitory control. *Journal of cognitive neuroscience* 23 (10), 3132-3145. https://doi.org/10.1162/jocn_a_00003
- Begum, M. M., Uddin, M. S., Rithy, J. F., Kabir, J., Tewari, D., Islam, A., et Ashraf, G. M. (2019). Analyzing the Impact of Soft, Stimulating and Depressing Songs on Attention Among Undergraduate Students: A Cross-Sectional Pilot Study in Bangladesh. *Front Psychol*, 10, 161. doi:[10.3389/fpsyg.2019.00161](https://doi.org/10.3389/fpsyg.2019.00161)
- Berggren, N., et Derakshan, N. (2014). Inhibitory deficits in trait anxiety: increased stimulus-based or response-based interference? *Psychon Bull Rev*, 21(5), 1339-1345. doi:[10.3758/s13423-014-0611-8](https://doi.org/10.3758/s13423-014-0611-8)
- Bishop, S.J. (2009). Trait anxiety and impoverished prefrontal control of attention. *Nature Neuroscience* 12, 92–98. doi:[10.1038/nn.2242](https://doi.org/10.1038/nn.2242)
- Botvinick, M. M., Cohen, J. D., et Carter, C. S. (2004). Conflict monitoring and anterior cingulate cortex: an update. *Trends in Cognitive Sciences*, 8 (12), 539-546. doi:<https://doi.org/10.1016/j.tics.2004.10.003>
- Bradt, J., Dileo, C., et Shim, M. (2013). Music interventions for preoperative anxiety. *The Cochrane database of systematic reviews*, (6), CD006908. <https://doi.org/10.1002/14651858.CD006908.pub2>

- Burkhard, A., Elmer, S., Kara, D., Brauchli, C., et Jäncke, L. (2018). The Effect of Background Music on Inhibitory Functions: An ERP Study. *Frontiers in Human Neuroscience*, 12 (293). doi:10.3389/fnhum.2018.00293
- Cassidy, G., et MacDonald, R. A. R. (2007). The effect of background music and background noise on the task performance of introverts and extraverts. *Psychology of Music*, 35(3), 517-537. doi:10.1177/0305735607076444
- Chanda, M. L., et Levitin, D. J. (2013). The neurochemistry of music. *Trends in Cognitive Sciences*, 17 (4), 179-193. doi:10.1016/j.tics.2013.02.007
- Chen, C., Yang, J., Lai, J., Li, H., Yuan, J., & Abbasi, N. u. H. (2015). Correlating Gray Matter Volume with Individual Difference in the Flanker Interference Effect. *PLOS ONE*, 10(8), e0136877. doi:10.1371/journal.pone.0136877
- Cieslik, E. C., Mueller, V. I., Eickhoff, C. R., Langner, R., et Eickhoff, S. B. (2015). Three key regions for supervisory attentional control: evidence from neuroimaging meta-analyses. *Neuroscience and biobehavioral reviews*, 48, 22–34. <https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2014.11.003>
- Clarke, R. et Johnstone, T. (2013). Prefrontal inhibition of threat processing reduces working memory interference. *Frontiers in Human Neuroscience*, 7(228). doi:10.3389/fnhum.2013.00228
- Cohrdes, C., Wrzus, C., Frisch, S., et Riediger, M. (2017). Tune Yourself In: Valence and Arousal Preferences in Music-Listening Choices From Adolescence to Old Age. *Developmental Psychology*, 53(9), 1777-1794. doi:10.1037/dev0000362
- Comte, M., Cancel, A., Coull, J.T., Schön, D., Reynaud, E., Boukezzi, S., Rousseau, P.-F., Robert, G., Khalfa, S., Guedj, E., Blin, O., Weinberger, D.R. and Fakra, E. (2015), Effect of trait anxiety on prefrontal control mechanisms during emotional conflict. *Hum. Brain Mapp.*, 36 : 2207-2214. doi:[10.1002/hbm.22765](https://doi.org/10.1002/hbm.22765)
- Criscuolo, A., Bonetti, L., Särkämö, T., Kliuchko, M. et Brattico, E. (2019). On the Association Between Musical Training, Intelligence and Executive Functions in Adulthood. *Frontiers in Psychology*, 10 (1704). doi:10.3389/fpsyg.2019.01704
- Davies S (2001) Philosophical perspectives on music's expressiveness. In Juslin PN, Sloboda JA (eds), *Music and Emotion: Theory and Research*. Oxford : Oxford University Press, pp. 23–44.
- Dignath, D., Eder, A. B., Steinhauser, M., & Kiesel, A. (2020). Conflict monitoring and the affective-signaling hypothesis—An integrative review. *Psychonomic Bulletin & Review*, 27(2), 193-216. doi:10.3758/s13423-019-01668-9

- Duan, H., Wang, X., Wang, Z., Xue, W., Kan, Y., Hu, W., & Zhang, F. (2019). Acute Stress Shapes Creative Cognition in Trait Anxiety. *Frontiers in psychology, 10*, 1517. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2019.01517>
- Eriksen, B. A., et Eriksen, C. W. (1974). Effects of noise letters upon the identification of a target letter in a nonsearch task. *Perception & Psychophysics, 16* (1), 143-149. doi:10.3758/BF03203267
- Eysenck, M. W., Derakshan, N., Santos, R., et Calvo, M. G. (2007). Anxiety and cognitive performance: Attentional control theory. *Emotion, 7*(2), 336-353. doi:10.1037/1528-3542.7.2.336
- Eysenck, M. W. (2010). Attentional Control Theory of Anxiety: Recent Developments. In Aleksandra Gruszka, Gerald Matthews, & Blazej Szymura (Eds.), *Handbook of Individual Differences in Cognition : attention, memory, and executive control* (pp. 195-204). London : SpringerFriedman, N. P., & Miyake, A. (2004). The Relations Among Inhibition and Interference Control Functions: A Latent-Variable Analysis. *Journal of Experimental Psychology: General, 133*(1), 101-135. doi:10.1037/0096-3445.133.1.101
- Fernandez, N. B., Trost, W. J. et Vuilleumier, P. (2020). Brain networks mediating the influence of background music on selective attention. *Social Cognitive and Affective Neuroscience, 14*(12), 1441-1452. doi:10.1093/scan/nsaa004
- Fernandez-Duque, D., Baird, J. A. et Posner, M. I. (2000). Executive attention and metacognitive regulation. *Conscious Cogn, 9*(2 Pt 1), 288-307. doi:10.1006/ccog.2000.0447
- Field, A. (2013). *Discovering Statistics using IBM SPSS Statistics*: Sage Publications Ltd.
- Friedman, N. P. et Miyake, A. (2004). The relations among inhibition and interference control functions: a latent-variable analysis. *J Exp Psychol Gen, 133* (1), 101-135. doi:10.1037/0096-3445.133.1.101
- Furnham, A., et Allass, K. (1999). The influence of musical distraction of varying complexity on the cognitive performance of extroverts and introverts. *European Journal of Personality, 13*(1), 27-38. doi:10.1002/(sici)1099-0984(199901/02)13:1<27::Aid-per318>3.0. Co ; 2-r
- Gauthier, J., et Bouchard, S. (1993). Adaptation canadienne-française de la forme révisée du State-Trait Anxiety Inventory de Spielberger. *Revue canadienne des sciences du comportement, 25* (4), 559-578.
- Guillaume, P. (2006). *Music and Acoustics*. London : ISTE.p.27

- Hunter, P. G., Schellenberg, E. G., et Griffith, A. T. (2011). Misery loves company: Mood-congruent emotional responding to music. *Emotion*, 11(5), 1068-1072. doi:10.1037/a0023749
- Husain, G., Thompson, W. F., et Schellenberg, E. G. (2002). Effects of Musical Tempo and Mode on Arousal, Mood, and Spatial Abilities. *Music Perception: An Interdisciplinary Journal*, 20(2), 151. doi:10.1525/mp.2002.20.2.151
- IBM SPSS Statistics for Macintosh, Version 25.0. [Logiciel]. Armonk, NY: IBM Corp.
- Jefferies, L. N., Smilek, D., Eich, E., et Enns, J. T. (2008). Emotional Valence and Arousal Interact in Attentional Control. *Psychological Science*, 19(3), 290-295. doi:10.1111/j.1467-9280.2008.02082.x
- Juslin, P., et Västfjäll, D. (2008). Emotional Responses to Music: The Need to Consider Underlying Mechanisms. *The Behavioral and brain sciences*, 31, 559-575; discussion 575. doi:10.1017/S0140525X08005293
- Juslin, P. N., Barradas, G., et Eerola, T. (2015). From Sound to Significance: Exploring the Mechanisms Underlying Emotional Reactions to Music. *Am J Psychol*, 128(3), 281-304. doi:10.5406/amerjpsyc.128.3.0281
- Juslin, P. N., Liljeström, S., Västfjäll, D. et Lundqvist, L-O. (2010). How does music evoke emotions? Dans Juslin, P.N. (dir), *Handbook of Music and Emotion: Theory, Research, Applications*. Oxford Scholarship Online. <http://dx.doi.org/10.1093/acprof:oso/9780199230143.003.0022>
- Juslin, P. N., Barradas, G., & Eerola, T. (2015). From Sound to Significance: Exploring the Mechanisms Underlying Emotional Reactions to Music. *Am J Psychol*, 128(3), 281-304. doi:10.5406/amerjpsyc.128.3.0281
- Kampfe, J., Sedlmeier, P., et Renkewitz, F. (2011). The impact of background music on adult listeners: A meta-analysis. *Psychology of Music*, 39(4), 424-448. doi:10.1177/0305735610376261
- Kim, C., Johnson, N. F., Cilles, S. E., et Gold, B. T. (2011). Common and Distinct Mechanisms of Cognitive Flexibility in Prefrontal Cortex. *The Journal of Neuroscience*, 31(13), 4771. doi:10.1523/JNEUROSCI.5923-10.2011
- Kivy P (1990) *Music Alone: Philosophical Reflections on the Purely Musical Experience*. Ithaca, NY: Cornell University Press.
- Knight, W. E. J., et Rickard, N. S. (2001). Relaxing Music Prevents Stress-Induced Increases in Subjective Anxiety, Systolic Blood Pressure, and Heart Rate in Healthy Males and Females. *Journal of Music Therapy*, 38(4), 254-272. doi:10.1093/jmt/38.4.254

- Koelsch, S. (2010). Towards a neural basis of music-evoked emotions. *Trends Cogn Sci*, 14 (3), 131-137. doi:10.1016/j.tics.2010.01.002
- Koelsch, S. (2014). Brain correlates of music-evoked emotions. *Nature Reviews Neuroscience*, 15 (3), 170-180. doi:10.1038/nrn3666
- Koelsch, S., Fritz, T., V Cramon, D. Y., Müller, K., et Friederici, A. D. (2006). Investigating emotion with music: an fMRI study. *Human brain mapping*, 27(3), 239–250. <https://doi.org/10.1002/hbm.20180>
- Kok, A. (1999). Varieties of inhibition: Manifestations in cognition, event-related potentials and aging. *Acta Psychologica*, 101(2-3), 129-158. doi:10.1016/S0001-6918 (99) 00003-7
- Küssner, M. B. (2017). Eysenck’s theory of personality and the role of background music in cognitive task performance : a mini-review of conflicting findings and a new perspective. *Front. Psychol.* 8 : 1991. doi : 10.3389/fpsyg.2017.01991
- Lindquist, K. A., Wager, T. D., Kober, H., Bliss-Moreau, E. et Barrett, L. F. (2012). The brain basis of emotion: a meta-analytic review. *The Behavioral and brain sciences*, 35(3), 121–143. <https://doi.org/10.1017/S0140525X11000446>
- Mammarella, N., Fairfield, B., et Cornoldi, C. (2007). Does music enhance cognitive performance in healthy older adults? The Vivaldi effect. *Aging Clin Exp Res*, 19(5), 394-399.
- Marti Marca, Angela B.; Nguyen, Tram; and Grahn, Jessica. (2014). "The Effects of Musical Mood and Musical Arousal on Visual Attention". [Undergraduate Honors Theses Western University]. 18. https://ir.lib.uwo.ca/psychd_uht/18
- Maturi, K.S., Sheridan, H. Expertise effects on attention and eye-movement control during visual search: Evidence from the domain of music reading. *Atten Percept Psychophys* (2020). <https://doi.org/10.3758/s13414-020-01979-3>
- MATLAB. (Version R2018a). [Logiciel]. Natick, Massachusetts: The MathWorks Inc.
- Miyake, A., Friedman, N. P., Emerson, M. J., Witzki, A. H., Howerter, A., et Wager, T. D. (2000). The Unity and Diversity of Executive Functions and Their Contributions to Complex “Frontal Lobe” Tasks: A Latent Variable Analysis. *Cognitive Psychology*, 41(1), 49-100. doi:<https://doi.org/10.1006/cogp.1999.0734>
- Moore, K. S. (2013). A Systematic Review on the Neural Effects of Music on Emotion Regulation: Implications for Music Therapy Practice. *Journal of Music Therapy*, 50(3), 198-242. doi:10.1093/jmt/50.3.198

- Mullane, J. C., Corkum, P. V., Klein, R. M., & McLaughlin, E. (2009). Interference Control in Children with and without ADHD: A Systematic Review of Flanker and Simon Task Performance. *Child Neuropsychology*, *15*(4), 321-342. doi:10.1080/09297040802348028
- Musa, C. et Lépine, J. (2014). 10. Neuropsychologie des troubles anxieux. Dans : Jean-Philippe Boulenger éd., *Les troubles anxieux* (pp. 92-102). Cachan, France : Lavoisier. doi:10.3917/lav.boule.2014.01.0092.
- North, A. C., Hargreaves, D. J., et Hargreaves, J. J. (2004). Uses of Music in Everyday Life. *Music Perception: An Interdisciplinary Journal*, *22*(1), 41-77. doi:10.1525/mp.2004.22.1.41
- Pacheco-Unguetti, A. P., Acosta, A., Callejas, A., et Lupiáñez, J. (2010). Attention and Anxiety: Different Attentional Functioning Under State and Trait Anxiety. *Psychological Science*, *21*(2), 298-304. doi:10.1177/0956797609359624
- Park, J. I., Kim, G. W., Jeong, G. W., Chung, G. H., & Yang, J. C. (2016). Brain Activation Patterns Associated with the Effects of Emotional Distracters during Working Memory Maintenance in Patients with Generalized Anxiety Disorder. *Psychiatry investigation*, *13*(1), 152–156. <https://doi.org/10.4306/pi.2016.13.1.152>
- Pelletier, C. L. (2004). The Effect of Music on Decreasing Arousal Due to Stress: A Meta-Analysis. *Journal of Music Therapy*, *41*(3), 192-214. doi:10.1093/jmt/41.3.192
- Pichon, S., et Vuilleumier, P. (2011). Neuro-imagerie et neuroscience des émotions. *Med Sci (Paris)*, *27*(8-9), 763-770. Retrieved from <https://doi.org/10.1051/medsci/2011278019>
- Rachman, S.J. (2020). *Anxiety* (4th ed.). Routledge.
- Raymond, J. G., Steele, J. D., et Seriès, P. (2017). Modeling Trait Anxiety: From Computational Processes to Personality. *Frontiers in Psychiatry*, *8* (1). doi:10.3389/fpsyg.2017.00001
- Ribeiro, F. S., Santos, F. H., Albuquerque, P. B., et Oliveira-Silva, P. (2019). Emotional Induction Through Music: Measuring Cardiac and Electrodermal Responses of Emotional States and Their Persistence. *Frontiers in Psychology*, *10* (451). doi:10.3389/fpsyg.2019.00451
- Rowe, G., Hirsh, J. B., et Anderson, A. K. (2007). Positive affect increases the breadth of attentional selection. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, *104*(1), 383. doi:10.1073/pnas.0605198104
- Russell, J. A. (1980). A circumplex model of affect. *Journal of Personality and Social Psychology*, *39*(6), 1161-1178. doi:10.1037/h0077714
- Schäfer, T., Sedlmeier, P., Städtler, C., et Huron, D. (2013). The psychological functions of music listening. *Frontiers in Psychology*, *4* (511). doi:10.3389/fpsyg.2013.00511

- Schaefer, H.-E. (2017). Music-Evoked Emotions—Current Studies. *Frontiers in Neuroscience, 11* (600). doi:10.3389/fnins.2017.00600
- Schellenberg, E. G., Nakata, T., Hunter, P. G., et Tamoto, S. (2007). Exposure to music and cognitive performance: tests of children and adults. *Psychology of Music, 35*(1), 5-19. doi:10.1177/0305735607068885
- Schellenberg, E., et Weiss, M. (2013). Music and Cognitive Abilities. In (pp. 499-550).
- Servant, D. (2012). *Gestion du Stress et De L'anxiété (3e édition)* Paris : Elsevier Masson.
- Shi, R., Sharpe, L., et Abbott, M. (2019). A meta-analysis of the relationship between anxiety and attentional control. *Clinical Psychology Review, 72*, 101754. doi:<https://doi.org/10.1016/j.cpr.2019.101754>
- Smith, C. A., et Morris, L. W. (1976). Effects of stimulative and sedative music on cognitive and emotional components of anxiety. *Psychol Rep, 38*(3 Pt 2), 1187-1193. doi:10.2466/pr0.1976.38.3c.1187
- Spielberger, C. D., Gorsuch, R. L., Lushene, R., Vagg, P. R., et Jacobs, G. A. (1983). *Manual for the State-Trait Anxiety Inventory*. Palo Alto, CA : Consulting Psychologists Press.
- Spielberger, C. D. (1989). *State-Trait Anxiety Inventory: Bibliography* (2nd ed.). Palo Alto, CA : Consulting Psychologists Press
- Stins, J. F., Polderman, J. C., Boomsma, D. I., et de Geus, E. J. (2008). Conditional accuracy in response interference tasks: Evidence from the Eriksen flanker task and the spatial conflict task. *Advances in cognitive psychology, 3*(3), 409–417. <https://doi.org/10.2478/v10053-008-0005-4>
- Strait, D. L., et Kraus, N. (2011). Can you hear me now? Musical training shapes functional brain networks for selective auditory attention and hearing speech in noise. *Frontiers in psychology, 2*, 113. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2011.00113>
- Tabei K. (2015) Inferior Frontal Gyrus Activation Underlies the Perception of Emotions, While Precuneus Activation Underlies the Feeling of Emotions during Music Listening. *Behav Neurol. 2015;2015:529043*. doi:10.1155/2015/529043
- Tierney, A., Rosen, S., & Dick, F. (2020). Speech-in-speech perception, nonverbal selective attention, and musical training. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition, 46*(5), 968–979. <https://doi.org/10.1037/xlm0000767>
- Thompson, W. F., Schellenberg, E. G., et Husain, G. (2001). Arousal, Mood, and The Mozart Effect. *Psychological Science, 12*(3), 248-251. doi:10.1111/1467-9280.00345

van Steenbergen, H. (2015). Affective Modulation of Cognitive Control : A Biobehavioral Perspective. In (pp. 89-107).

Visu-Petra, L., Miclea, M., & Visu-Petra, G. (2013). Individual differences in anxiety and executive functioning: a multidimensional view. *International journal of psychology : Journal international de psychologie*, 48(4), 649–659.
<https://doi.org/10.1080/00207594.2012.656132>

Vytal, K., Cornwell, B., Arkin, N. and Grillon, C. (2012), Anxiety and cognition. *Psychophysiol*, 49: 842-852. doi:[10.1111/j.1469-8986.2012.01358.x](https://doi.org/10.1111/j.1469-8986.2012.01358.x)

Watters, P. A., Martin, F., & Schreter, Z. (1997). Caffeine and Cognitive Performance: The Nonlinear Yerkes–Dodson Law. *Human Psychopharmacology: Clinical and Experimental*, 12(3), 249-257. doi:10.1002/(sici)1099-1077(199705/06)12:3<249::Aid-hup865>3.0.Co;2-j

Yang, Y., Miskovich, T. A., & Larson, C. L. (2018). State anxiety impairs proactive but enhances reactive control. *Frontiers in Psychology*, 9. doi:10.3389/fpsyg.2018.02570

Yergeau, E. et Poirier, M. (2013). *SPSS à l'UdeS*. URL :
<<http://spss.espaceweb.usherbrooke.ca>>.

Yerkes, R.M. and Dodson, J.D. (1908), The relation of strength of stimulus to rapidity of habit-formation. *J. Comp. Neurol. Psychol.*, 18 : 459-482. doi:10.1002/cne.920180503