

UNIVERSITÉ DU QUÉBEC

ESSAI DE 3^E CYCLE PRÉSENTÉ À
L'UNIVERSITÉ DU QUÉBEC À CHICOUTIMI

COMME EXIGENCE PARTIELLE
DU DOCTORAT EN PSYCHOLOGIE

PAR
PIER-YVES GIRARD

L'IMPACT DE L'ÉCOUTE DE MUSIQUE ET DE BRUIT BLANC SUR LES FONCTIONS
EXÉCUTIVES CHEZ LES ÉTUDIANTS AVEC ET SANS TDAH

AOÛT 2022

Résumé

L'écoute de musique influence le fonctionnement affectif et cognitif. L'*Arousal-Mood Theory* propose que l'écoute de musique puisse contribuer au rendement des fonctions exécutives et la *Moderate Brain Arousal Theory* (MBA) propose qu'une stimulation auditive puisse même compenser stimuler l'activation cognitive, l'attention et le fonctionnement exécutif des gens avec un trouble déficitaire de l'attention avec ou sans hyperactivité (TDAH). Dans l'optique d'évaluer le lien entre l'écoute de musique et les capacités d'inhibition et de flexibilité cognitive par rapport au bruit blanc et au silence, la présente recherche propose une expérimentation dans laquelle le Test d'interférence couleur-mot tiré de la batterie D-KEFS est administrée sous trois conditions auditives (silence, bruit blanc et musique) auprès d'une population étudiante TDAH et d'un groupe contrôle neurotypique. Les résultats révèlent un effet positif de l'écoute de musique sur la rapidité à la tâche d'inhibition chez les sujets des deux groupes alors que le bruit blanc n'atteint pas le seuil de signification statistique. Le nombre d'erreurs à la tâche de flexibilité tend toutefois à être inférieur pour les sujets TDAH en présence de bruit blanc par rapport à la musique. Il est proposé que pour les sujets TDAH et les sujets du groupe contrôle, l'activation émotionnelle générée par l'écoute de musique stimule l'activation cognitive et conséquemment le contrôle inhibiteur, en accord avec l'*Arousal-Mood Theory*. Inversement, à la tâche de flexibilité, l'activation cognitive occasionnée par la musique est probablement trop importante pour les sujets TDAH et augmente leur nombre d'erreurs par rapport au bruit blanc. Davantage de recherches sont toutefois nécessaires avant de pouvoir tirer des conclusions concrètes à partir ces

résultats. Si l'effet était répliqué en contexte plus écologique, les résultats supporteraient l'utilisation de musique d'arrière-plan afin de contribuer à la concentration en milieu scolaire ou en milieu de travail pour réaliser efficacement et rapidement des tâches plus simples, mais l'effet pourrait s'inverser avec l'augmentation de la complexité de la tâche, spécialement pour les gens avec une faiblesse exécutive préalable.

Table des matières

Résumé.....	ii
Liste des tableaux.....	vii
Liste des figures.....	viii
Liste des sigles.....	ix
Remerciements.....	x
Introduction.....	1
Contexte théorique.....	5
Fonctions exécutives, activation cognitive et émotions.....	6
Les fonctions exécutives.....	6
Contrôle inhibiteur.....	7
Mémoire de travail.....	8
Flexibilité cognitive.....	9
Fonctions d'ordre supérieur.....	9
L'activation cognitive.....	10
Cognition et émotions.....	11
Le trouble déficitaire de l'attention avec ou sans hyperactivité.....	12
Musique et cognition.....	15
Influences de l'écoute de musique sur le fonctionnement cognitif.....	16

L' Arousal-Mood Theory.....	19
La Moderate Brain Arousal Theory	21
Objectifs	24
Hypothèses	25
Méthode.....	26
Devis	27
Participants.....	28
Instruments.....	29
Questionnaire sociodémographique.....	29
Conditions auditives.....	29
Le Test d'interférence couleur-mot du D-KEFS.....	30
Autres tests administrés.....	31
Procédure.....	31
Résultats	33
Analyses descriptives	34
Analyses préliminaires	35
Analyses principales.....	36
Impact de l'écoute de musique et de bruit blanc sur l'inhibition et la flexibilité.....	36
Impact de la présence d'un TDAH sur l'inhibition et la flexibilité	41

Discussion	43
Objectifs de recherche.....	44
Impact de l'écoute de musique et de bruit blanc sur l'inhibition et la flexibilité.....	45
Impact de la présence d'un TDAH sur l'inhibition et la flexibilité	50
Forces, limites et pistes de recherche	51
Retombées	56
Conclusion	58
Références.....	61
Certification éthique.....	70
Appendice A.....	71
Questionnaire sociodémographique	72

Liste des tableaux

Tableau

1	Interprétation du score de vitesse au TICM par groupe et par condition auditive	37
2	Test post-hoc de Bonferroni intercondition pour le score de vitesse à l'item d'inhibition	38
3	Interprétation du nombre d'erreurs au TICM par groupe et par condition auditive	39
4	Moyennes et écarts-types par groupe au TICM	40
5	Test post-hoc de Bonferroni intracondition pour le nombre d'erreurs à l'item de flexibilité du TICM	40
6	Moyennes et écarts-types par condition auditive au TICM	40
7	Test post-hoc de Bonferroni intragroupe pour le nombre d'erreurs à l'item de flexibilité du TICM	41

Liste des figures

Figure

1	Modèle des fonctions exécutives.....	7
2	Déroulement de l'expérimentation.....	32
3	Vitesse à l'item d'inhibition du TICM.....	37
4	Nombre d'erreurs à l'item de flexibilité du TICM.....	39

Liste des sigles

CVLT	California Verbal Learning Test
TICM.....	Test d'interférence couleur-mot du D-KEFS
D-KEFS.....	Delis-Kaplan Executive Functions System
DSM-5.....	Manuel diagnostique et statistique des troubles mentaux
IRM	Imagerie à résonance magnétique
MBA.....	Moderate Brain Arousal Theory
MBEA	Batterie d'évaluation de l'amusie de Montréal

Remerciements

Je tiens à remercier Pre Julie Bouchard qui a su me guider au cours de la réalisation de ce projet. Je remercie également Élisabeth Gauthier pour sa grande participation et ses conseils à chaque étape de la préparation de la présente recherche et de la rédaction de l'essai. Merci à mes amis et ma famille pour votre patience.

Introduction

Avec le développement des technologies comme les téléphones intelligents et les sites de diffusion en flux continu (streaming,), la consommation de musique est devenue très accessible, autant comme passe-temps que comme musique d'ambiance au travail, dans les lieux publics ou à l'école (Aguiar & Martens, 2016; Cockrill, Sullivan, & Norbury, 2011). En plus de l'hédonisme de l'activité, cette stimulation auditive fait vivre à l'auditeur des émotions qui influencent l'état affectif et cognitif (Blood & Zatorre, 2001; Hunter et Schellenberg, 2010; Pearce & Rohrmeier, 2012; Schellenberg & Husain, 2001; Sousou, 1997; Thompson, Moulin, Hayre, & Jones, 2005). Par exemple, certains utilisent une musique lente et méditative pour se relaxer avant d'aller au lit, d'autres sont adeptes de musique vive et énergique pour se stimuler pendant un entraînement. Malgré une certaine compréhension du processus de génération d'émotions par la musique (Blood & Zatorre, 2001; Koelsch, 2011) et de l'influence des émotions sur la cognition (Vuilleumier, 2005), le phénomène est complexe et plusieurs paramètres doivent être pris en compte. Il en est ainsi de la population évaluée (Abikoff, Courtney, Szeibel, & Koplewicz, 1996), la nature de la tâche (Miller & Schyb, 1989 ; Söderlund, Marklund, & Lacerda, 2009;) et de sa difficulté (Davies, Lang, & Shackleton, 1973; Tellinghuisen et Nowak, 2003), de même que le type de musique écoutée, notamment par sa valence émotionnelle et la stimulation qu'elle suscite (Thompson, Schellenberg, & Husain, 2001; Thompson, Schellenberg, & Letnic, 2012).

De plus, les résultats d'études sur le sujet ne sont pas au même diapason quant aux explications théoriques du phénomène et ni pour la direction de l'effet sur le fonctionnement cognitif (Kämpfe, Sedlmeier, & Renkewitz, 2010). L'*Arousal-Mood Theory*, propose que seule la musique stimulante et joyeuse permet une amélioration du fonctionnement cognitif (Thompson, Schellenberg, & Husain, 2001). L'effet du discours non écouté de Salamé et Baddeley (1982) suggère plutôt que les paroles interfèrent avec la boucle phonologique et nuisent aux tâches verbales (Cassidy & Macdonald, 2007). En présence d'un simple bruit continu, la *Moderate Brain Arousal Theory* (MBA) propose qu'une stimulation auditive d'intensité modérée contribue à l'activation cognitive et stimule le fonctionnement attentionnel, plus spécifiquement chez les sujets inattentifs (Sikström & Söderlund, 2007; Söderlund et al., 2009).

Il serait courant pour les jeunes adultes d'utiliser la musique comme outil pour demeurer attentifs (Boyce, 2018; Cockrill et al., 2011; Pool, Koolstra & Voort, 2003). L'écoute de bruit blanc et de musique est effectivement réputée pour avoir un effet positif sur les fonctions exécutives, notamment la mémoire de travail et le contrôle inhibiteur (Cloutier, Fernandez, Houde-Archambault et Gosselin, 2020; Helps, Bamford, Söderlund et al., 2009; Sonuga-Barke & Söderlund, 2014; Thompson et al., 2005). D'autres fonctions exécutives comme la flexibilité cognitive sont toutefois peu documentées. L'utilisation de musique pour stimuler les fonctions exécutives auprès d'enfants avec un trouble déficitaire de l'attention avec ou sans hyperactivité (TDAH) est d'ailleurs une piste d'intervention non pharmacologique explorée dans la littérature scientifique (Bedoin, Marcastel, & Tillmann, 2016).

La présente étude s'intéresse au phénomène de l'impact de l'écoute de musique sur le fonctionnement exécutif chez la population universitaire avec ou sans TDAH. Les principaux objectifs de la recherche sont de mettre en évidence les différences de performance entre l'exécution d'une tâche d'inhibition et de flexibilité cognitive tirée du Delis-Kaplan Executive Functions System (D-KEFS; Delis, Kaplan et Kramer, 2001), le Test d'interférence couleur-mot, basé sur le paradigme de Stroop (Stroop, 1935) dans différents environnements sonores (silence, bruit blanc ou musique) et selon la présence ou non d'un TDAH.

Contexte théorique

Fonctions exécutives, activation cognitive et émotions

La compréhension des fonctions cognitives nécessite le recours à des modèles théoriques sur lesquels reposent l'opérationnalisation et les liens entre les variables à l'étude. Il sera donc question ci-bas de certains modèles et concepts théoriques sur lesquels les hypothèses seront échafaudées.

Les fonctions exécutives

Afin d'être en mesure d'intégrer et de réagir adéquatement aux stimulations de l'environnement, le cerveau fait appel à un ensemble de fonctions cognitives servant à coordonner, intégrer et guider les autres composantes de la cognition. Ces fonctions sont appelées « les fonctions exécutives ».

Dans Diamond (2013), les fonctions exécutives sont divisées en deux niveaux d'organisation. Le premier niveau (un niveau de base) inclut l'inhibition, la flexibilité cognitive et la mémoire de travail. À partir de ces fonctions, un deuxième niveau d'organisation peut inclure des fonctions plus complexes comme le jugement, la résolution de problèmes et la planification/organisation (Diamond, 2013).

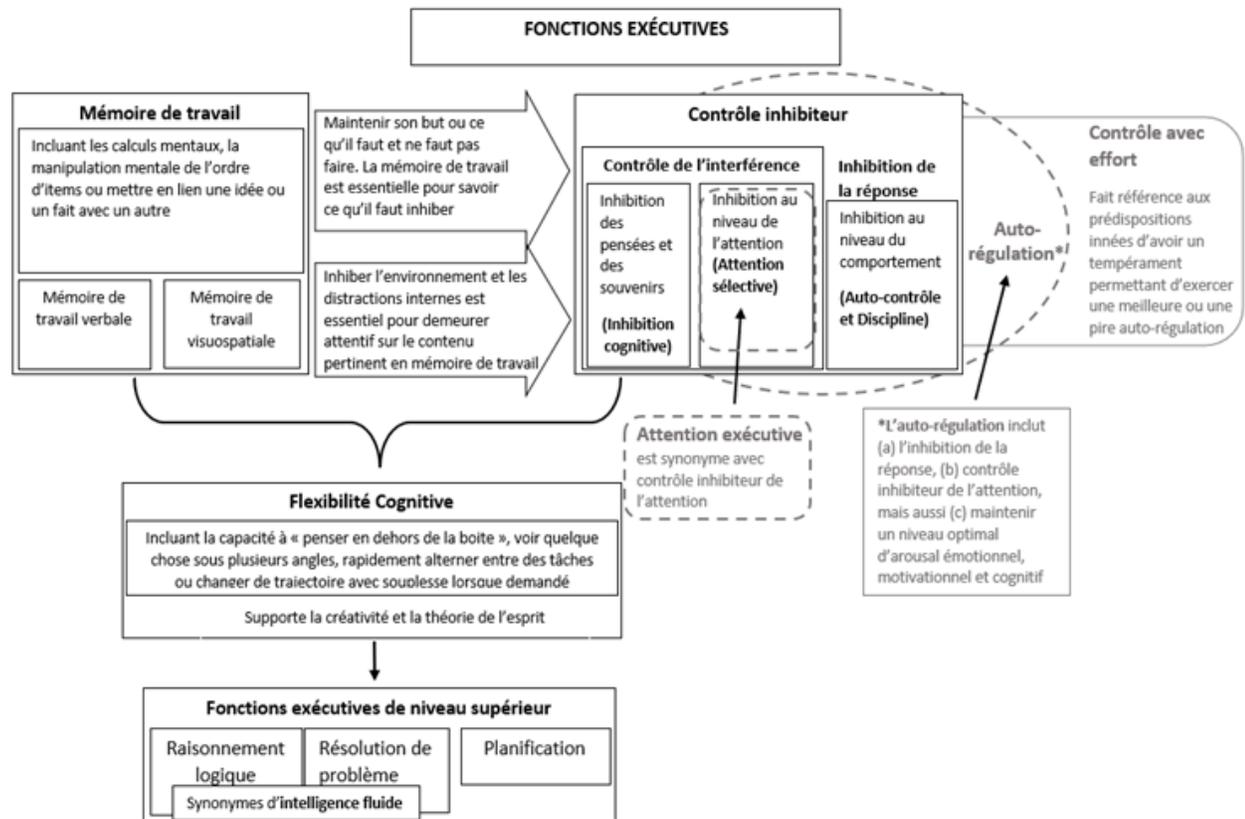


Figure 1. Modèle des fonctions exécutives de Diamond. Tiré de "Executive functions", par A. Diamond, 2013, *Annual Review of Psychology*, 64, p. 152. Copyright 2013 par Annual Review of Psychology. Réimprimé et traduit avec permission.

Contrôle inhibiteur. Le contrôle inhibiteur peut être défini comme la capacité à contrôler l'attention, le comportement, la pensée et les émotions, en faisant fi des distractions environnantes. Cette capacité permet de ne pas être soumis passivement aux stimulations de l'environnement et de pouvoir décider comment réagir à ces stimulations sans verser systématiquement dans une réponse impulsive (Diamond, 2013). Elle permet la sélectivité de l'attention, un processus actif requérant un effort cognitif pour éviter d'être passivement attiré par la saillance des stimuli environnants. En creusant

davantage, il est possible de subdiviser l'inhibition en deux sous-types, soit l'inhibition exécutive et l'inhibition motivationnelle, la première étant supportée par la cognition et la pensée logique dirigée vers un but et la seconde étant mue par les émotions, notamment l'anxiété et la peur (Nigg, 2001).

L'inhibition exécutive et motivationnelle sont en étroite interrelation dans la vie de tous les jours et sont régies par des parties distinctes d'un système neurobiologique commun (Nigg, 2001). En effet, les ganglions de la base et le cortex préfrontal sont reconnus pour être responsables de l'inhibition. Les boucles cortico-corticales des aires préfrontales ventrolatérales et dorsolatérales sont davantage impliquées dans le volet cognitif alors que les boucles sous-cortico-sous-corticales, le système parasympathique ainsi que le cortex préfrontal médian sont plus sollicités par l'aspect motivationnel (Barkley, 1997; Diamond, 2013; Nigg, 2001). Solanto (2002) indique également une implication importante des neurones dopaminergiques sur le contrôle inhibiteur de l'attention. Diamond (2013), qualifie « d'autorégulation » la fonction cognitive responsable d'intégrer l'inhibition exécutive, le contrôle attentionnel et l'inhibition motivationnelle.

Mémoire de travail. La deuxième fonction exécutive d'importance dans le modèle de Diamond (2013) est la mémoire de travail. Cette dernière, impliquant la manipulation et le maintien d'informations, peut être distinguée de la mémoire à court terme qui se limite à son maintien sans manipulation. La mémoire de travail implique généralement le cortex préfrontal dorsolatéral (Diamond, 2013). Le modèle actuel la

place en relation unidirectionnelle avec le contrôle inhibiteur et ces deux fonctions influencent à leur tour la flexibilité cognitive.

Flexibilité cognitive. La flexibilité cognitive, la troisième et dernière du niveau de base de ce modèle, peut être définie comme la capacité à modifier sa perspective et s'ajuster aux exigences changeantes du milieu, par opposition à la rigidité cognitive. Il est également important de préciser que malgré qu'elle soit considérée à un niveau de base, son fonctionnement est dépendant de la capacité d'inhibition et de mémoire de travail, le changement de perspective nécessitant un effort conscient pour orienter l'attention vers un nouveau but et nécessitant également d'intégrer de nouvelles informations en mémoire de travail (Diamond, 2013). Sur le plan cérébral, elle sollicite le cortex préfrontal avec une implication possible de l'hippocampe lorsque la tâche demande l'alternance entre des concepts maintenus en mémoire (Miller & Cohen, 2001). Il s'agit, selon Diamond (2013), de l'aptitude à penser « en dehors de la boîte ».

Fonctions d'ordre supérieur. Dans un ordre supérieur de fonctionnement, le deuxième niveau des fonctions exécutives inclut des fonctions plus complexes comme le raisonnement logique et la résolution de problèmes ainsi que la planification, cette dernière pouvant être décrite comme la capacité à catégoriser l'information et prévoir les étapes nécessaires pour atteindre un but. Leur efficacité est dépendante des fonctions exécutives du niveau de base (Diamond, 2013).

Les fonctions exécutives sont en interrelation avec la perception, la mémoire, le langage, les capacités visuospatiales, la gestion émotionnelle (contrôle inhibiteur) et la motivation (Barkley, 1997), ce qui les rend capitales à un bon fonctionnement cognitif,

affectif et social. Elles agissent à la façon d'un administrateur central des autres fonctions cognitives (Baddeley & Logie, 1999).

L'activation cognitive

Selon Stuss et Benson (1984), l'activation cognitive est considérée comme l'habileté à maintenir un état d'éveil et de conscience et permet d'être à l'affût des stimuli et de répondre à des consignes simples. Ce concept peut être subdivisé entre 1- l'alerte tonique (constituant l'éveil et la réactivité aux stimulations), 2- l'orientation de l'attention phasique (une activation consciente de l'attention vers des stimuli attendus) et 3- l'attention exécutive (telle que décrite précédemment; Posner, 2008). L'activation cognitive dépend d'un réseau complexe de structures cérébrales disséminées entre le tronc cérébral et les structures sous-corticales qui projettent jusqu'au cortex (Jones, 2003). Les neurones dopaminergiques sont connus pour décharger davantage face à des stimuli intéressants et stimulants (Mirenowicz & Schultz, 1996). Les circuits noradrénergiques seraient les plus impliqués dans le phénomène d'activation cognitive et d'alerte face aux stimuli extérieurs (Jones, 2003; Posner, 2008). C'est justement sur ces circuits que la médication psychostimulante agit pour augmenter l'attention et le fonctionnement exécutif dans le TDAH (Solanto, 2002).

L'augmentation de l'activation cognitive est généralement associée à une stimulation du système sympathique (Neumann & Blanton, 1970). La conduction électrodermale, un corrélat de l'activation physiologique sympathique, est d'ailleurs utilisée depuis plus d'un siècle dans l'évaluation du niveau d'activation cognitive et pour

mesurer l'influence de l'état émotionnel sur celle-ci (Féré, 1888b dans Neumann & Blanton, 1970).

Cognition et émotions

L'impact des émotions sur la cognition est décrit dans Metcalfe et Mischel (1999). Ils proposent un modèle dans lequel le fonctionnement cognitif influencé par une situation émotionnellement chargée est dit « chaud », alors qu'en contexte de neutralité émotionnelle, il est qualifié de « froid ». Le système chaud est associé à une rapidité de réaction face aux stimuli, à la manière d'un réflexe, sans ou avec peu de démarche de réflexion préalable. Les réponses aux stimuli sont instinctives et peu préméditées. Le système froid favorise l'intégration d'un maximum d'information provenant de l'environnement et permet le raisonnement complexe, l'utilisation de la mémoire de travail, la planification et la récupération en mémoire. En fonction de l'augmentation de l'activation émotionnelle, le recours au système chaud augmente, inhibant les fonctions cognitives associées au système froid. La capacité d'autorégulation émotionnelle permet de moduler cette activation émotionnelle et conséquemment de modifier la proportion d'implication des deux systèmes.

Par syllogisme, le manque d'autorégulation émotionnelle présent dans les pathologies touchant le système exécutif comme le TDAH devrait occasionner un plus grand recours à un système chaud en présence d'un minimum d'exposition émotionnelle. Castellanos Sonuga-Barke, Milham, & Tannock (2006) indiquent qu'alors que les fonctions exécutives froides sont bien documentées, celles dites chaudes ont été beaucoup moins étudiées.

Le trouble déficitaire de l'attention avec ou sans hyperactivité

Divers troubles neurodéveloppementaux sont associés à des déficits des fonctions exécutives, notamment le trouble déficitaire de l'attention avec ou sans hyperactivité (TDAH; American Psychiatric Association, 2015; King, Colla, Brass, Heuser, & von Cramon, 2007).

Le TDAH affecte 8 à 12% des enfants mondialement (Luo, Weibman, Halperin et Li, 2019). Le trouble persisterait à l'âge adulte chez entre 20% et 40% des gens (Faraone, Biederman, & Mick, 2006). Selon le Manuel diagnostique et statistique des troubles mentaux, 5^e édition (DSM-5; American Psychiatric Association, 2015), le TDAH est défini comme « un mode persistant d'inattention ou d'hyperactivité-impulsivité qui interfère avec le fonctionnement ou le développement » et dont l'étiologie est multifactorielle, incluant des facteurs de risque prénataux, périnataux et génétiques, bien qu'il soit impossible actuellement d'en identifier les causes précisément (Bonvicini, Faraone, & Scassellati, 2018; Uchida, Spencer, Faraone & Biederman, 2018). Notons l'importance de la conjonction « ou », indiquant que l'hyperactivité et l'impulsivité sont parfois à l'avant-plan, mais parfois en retrait également, occasionnant des portraits cliniques divers (Luo et al., 2019).

Au sujet des symptômes d'inattention, le DSM-5 (American Psychiatric Association, 2015) indique de la distractibilité et une difficulté à soutenir son attention, des symptômes que l'on croit associés à la faiblesse du contrôle inhibiteur. Un manque de persévérance est également observé chez les gens avec un TDAH (American

Psychiatric Association, 2015). L'impulsivité, en revanche, réfère à des actions précipitées qui n'ont pas fait l'objet d'une préméditation, une réflexion, en ce qui a trait à leurs conséquences et leurs implications sur soi et sur les autres (American Psychiatric Association, 2015). Un attrait important pour les gratifications immédiates est également indicateur d'impulsivité; l'inhibition nécessaire à obtenir une récompense différée étant difficile pour les gens avec un TDAH (American Psychiatric Association, 2015). Les symptômes d'hyperactivité se distinguent de ceux d'impulsivité en leur caractère plus spécifiquement moteur. Ils sont caractérisés par une agitation excessive et inappropriée à la situation, des tapotements, du bavardage et une intensité d'activités qui paraîtrait épuisante pour la plupart des gens (American Psychiatric Association, 2015). Les différents portraits du TDAH constituent une distribution variable de ces différents symptômes en termes de qualité et de sévérité.

Trois regroupements de modèles théoriques sont dominants dans l'explication du TDAH, notamment les modèles reposant sur le réservoir cognitif, les modèles neurodéveloppementaux et les modèles des déficits cognitifs et motivationnels.

Le modèle reposant sur le réservoir énergétique cognitif présuppose qu'un déficit à chacun des trois niveaux d'organisation soit impliqué dans le TDAH, soit 1- le traitement des stimuli (c'est-à-dire, le choix de la réponse), 2- le réservoir d'énergie (incluant l'effort, une fonction responsable de distribuer l'énergie entre l'activation cognitive phasique et tonique) et 3-les fonctions exécutives ou l'administrateur central (Sanders, 1983). Il est postulé dans Sergeant (2000; 2005) que comme les déficits du TDAH ne se limitent pas à l'inhibition, qu'une difficulté d'allocation des ressources

cognitives à l'activation cognitive tonique pourrait également être présente et expliquer l'inattention.

Les modèles des déficits cognitifs et motivationnels tissent généralement des liens entre le comportement et une dysfonction de la motivation, de la mémoire de travail, des fonctions exécutives ou du contrôle inhibiteur. Parmi ces modèles, notons celui de Barkley (1997), dans lequel l'origine du problème serait relative au contrôle inhibiteur. Barkley (1997) propose que le dysfonctionnement du contrôle inhibiteur cause des comportements typiquement associés à l'inattention et l'hyperactivité, notamment le manque d'inhibition des comportements, des difficultés à orienter les comportements vers un but, de la rigidité, une faible persistance dans l'atteinte des buts fixés et la faiblesse de la mémoire de travail. Le manque d'autorégulation sur le plan affectif, de la motivation et de l'activation cognitive, nécessaire à la mise en action vers un but, serait également lié au contrôle inhibiteur selon Barkley (1997).

Les modèles neurodéveloppementaux expliquent le phénomène du TDAH par ses corrélats neurobiologiques. Les corrélats neurobiologiques du TDAH, estimés à partir d'imagerie à résonance magnétique (IRM) fonctionnelle de repos sont une hypoactivation des aires préfrontales et de l'axe thalamo-caudé (Mills et al. 2012), de même qu'une réduction de la matière grise thalamique et de la matière blanche thalamo-striatale en IRM (Xia et al., 2012; Shaw et al., 2015) et une réduction de volume du lobe frontal, du cervelet et du striatum (Xia et al., 2012). Une connectivité fonctionnelle supérieure du circuit fronto-striatal, telle qu'évaluée en IRM fonctionnelle de repos, pourrait aussi être corrélée avec les déficits d'inhibition du TDAH (Li et al. 2014). Tel

que mentionné précédemment, il est suggéré que les systèmes dopaminergiques et noradrénergiques sont déficients chez cette population clinique, ces circuits qui sont la cible de la médication psychostimulante (Jones, 2003; Posner, 2008; Solanto, 2002). Il est aussi proposé que l’immaturité des aires préfrontales et du thalamus explique la présentation du TDAH à l’enfance. En effet, certains individus voient leurs symptômes s’atténuer avec le temps et un retour à la normale du volume des structures cérébrales expliquerait la résorption des symptômes ces sujets à l’âge adulte (Luo et al., 2019).

Les déficits attentionnels et exécutifs souvent associés à la présence d’un TDAH suggèrent une plus grande difficulté à intégrer des stimuli multiples et à porter son attention sur une cible lorsqu’il y a présence de distracteurs. Ainsi, cela laisse présager qu’une distraction, surajoutée à une tâche cognitive, perturberait le fonctionnement attentionnel. Or, l’état de littérature au sujet de la stimulation auditive, notamment par l’écoute de musique, met en exergue un phénomène plus complexe dépendant de plusieurs facteurs qui seront présentés dans la section suivante.

Musique et cognition

Les paragraphes suivants présentent l’état de la littérature au sujet de l’impact de l’écoute de musique sur la cognition dans la population générale, mais également pour les gens avec un TDAH. Les études traitant de l’écoute de bruit blanc, soit une stimulation auditive constituée de bruits aléatoires seront également abordées compte tenu de leur similitude avec la musique, mais également afin de bien saisir la nuance qui peut exister entre ces deux types de stimulation auditive. Ensuite, des modèles

théoriques expliquant le phénomène de l'impact de la musique sur la cognition seront décrits : l'*Arousal-Mood Theory* et la *Moderate Brain Arousal Theory*.

Influences de l'écoute de musique sur le fonctionnement cognitif

Dans les études sur l'écoute de musique, certains paramètres expérimentaux ont un impact sur le rendement des fonctions exécutives et attentionnelles, de la mémoire et des aptitudes en lecture. Même si la présente étude s'attarde plus spécifiquement au fonctionnement exécutif, son rôle d'administrateur central implique de porter un intérêt aux études traitant d'autres fonctions cognitives, puisque les impacts sur celles-ci peuvent être d'origine exécutive.

Une méta-analyse incluant 189 études révèle que plusieurs paramètres modulent l'effet de la musique sur la cognition (Kämpfe, Sedlmeier et Renkewitz, 2010). La méta-analyse examine quatre catégories de recherches, soit celles traitant de l'écoute de musique sur les comportements, sur la cognition autoévaluée subjectivement, sur la performance dans des tâches cognitives ainsi que sur les émotions. Les résultats indiquent que, globalement, la musique n'occasionne aucun effet sur le comportement, tel que mesuré sur les aspects fonctionnels de la vie de tous les jours comme les habitudes de conduite automobile (Konz & McDougal, 1968) et la vitesse à laquelle les sujets mangent (Roballey et al., 1985). Néanmoins, l'examen des données révèle une forte hétérogénéité dans les résultats d'études, certaines démontrant un effet positif alors que d'autres démontrent un effet négatif. En moyenne, dans les tâches psychométriques mesurant la mémoire et la lecture comme les études de Cassidy & MacDonald (2007) et

de Furnham & Bradley (1997), un effet faible, mais négatif serait présent lors d'écoute de musique.

Plus précisément en ce qui a trait au fonctionnement cognitif, une étude de Jäncke et Sandman (2010) démontre que l'écoute de musique n'occasionne aucune différence sur l'apprentissage verbal, que la musique soit lente ou rapide. Néanmoins, leurs résultats d'électroencéphalographie suggèrent des indices neurophysiologiques indiquant un accroissement de la charge attentionnelle occasionnée par l'écoute d'une musique rapide et entraînant ainsi que de musique comportant des notes fausses sur le plan de l'intonation, pendant une tâche de mémorisation. Ce genre d'effet neurophysiologique pourrait être en lien avec un plus grand coût cognitif lié à la performance en présence de musique d'ambiance.

Dans le même sens, les résultats de Cassidy et Macdonald (2007) montrent que l'écoute de musique rapide, de musique lente et de bruit de tous les jours occasionnent une baisse de performance par rapport au silence dans une tâche de mémoire de travail auditivo-verbale, une tâche de mémoire verbale et une tâche visuelle d'inhibition de type Stroop (Stroop, 1935).

Les résultats de Cassidy et Macdonald (2007) sont également modulés en fonction de la personnalité des participants, les gens introvertis performant généralement mieux avec du bruit que ceux extravertis. Cette caractérisation de la personnalité est basée sur la théorie de la personnalité d'Eysenck (1967) proposant que le pôle introversion-extraversion distingue le degré auquel une personne est amenée à interagir avec autrui et à avoir besoin de stimulation externe afin d'atteindre un niveau optimal

d'activation cognitive. Dans l'étude de Cassidy et Macdonald (2007), les participants ont tous significativement moins bien performé en présence de musique et de bruit. La présence de paroles dans les stimuli serait possiblement en cause, un effet nommé l'effet du discours non écouté, suggérant que la stimulation auditive interfère avec la boucle phonologique et perturbe la mémorisation verbale (Salamé & Baddeley, 1982). Également, un effet négatif de la stimulation cognitive occasionnée par le rythme rapide de la musique est présent. La musique stimulante et le bruit de tous les jours étant plus perturbateurs que le silence dans la tâche de Stroop (1935; Cassidy & Macdonald, 2007). L'effet serait plus accentué chez les gens introvertis, les extravertis tolérant mieux la musique. Ces résultats répondent similairement aux prédictions d'Eysenck (1967) par rapport à la stimulation sociale, mais cette fois-ci en présence de musique. Eysenck (1967) postule notamment que les introvertis nécessitent moins de stimulation externe afin d'atteindre un degré optimal d'activation cognitive vu un niveau d'activation intrinsèquement supérieur a priori. Les extravertis sont décrits comme ayant davantage amenés à rechercher la stimulation externe pour augmenter leur activation cognitive et par conséquent, sont plus enclins à tolérer des stimulations auditives comme la musique selon Cassidy & Macdonald (2007).

Similairement, Patston et Tippett (2011) proposent que la musique d'arrière-plan perturbe davantage les musiciens professionnels dans une tâche de compréhension verbale étant donné un plus grand attrait vers ce stimulus, alors que les non-musiciens ne seraient pas influencés par la présence de musique. Les deux groupes ne seraient pas

influencés par la musique pour une tâche maison de recherche visuospatiale consistant à discriminer la différence entre 2 figures.

Cet effet d'interférence a aussi été observé par Miller et Schyb (1989) chez une population universitaire une tâche d'abstraction verbale et une tâche de lecture. Un effet néfaste apporté par la musique classique, populaire sans paroles et la musique vocale est noté dans les tâches verbales, davantage que pour celles non verbales (visuospatiales et numériques) où un effet de facilitation est plutôt survenu, spécifiquement chez les sujets féminins. L'étude indique aussi que les sujets féminins ont une amélioration significative de leur performance en lecture lors d'écoute de musique, ce qui est à contresens des autres résultats compte tenu de la nature verbale de la tâche. Le type de musique écoutée a également un impact, la musique populaire de style disco sans paroles permettant généralement une meilleure performance que la musique avec paroles chez les sujets féminins.

L'Arousal-Mood Theory

En intégrant davantage de variables, soit les émotions et la stimulation cognitive, Thompson et al. (2001) proposent que l'effet bénéfique occasionné par la musique est dépendant de la valence émotionnelle et l'effet de stimulation suscité par la vitesse de la musique. Cet effet est aujourd'hui reconnu comme l'*Arousal-Mood Theory*, ce qui se traduit par « théorie de l'activation cognitive et de la valence émotionnelle » en français. Plus précisément, la théorie propose qu'une musique rapide et joyeuse tend à augmenter

la performance dans une tâche de raisonnement visuospatial, contrairement à une musique lente et triste.

Les résultats de Thompson et al. (2005) sont dans le même sens dans une tâche exécutive. L'étude a comparé l'impact de l'écoute de musique classique sur la performance à une tâche exécutive langagière de fluidité catégorielle auprès de deux groupes, un échantillon de personnes âgées sans trouble cognitif et un échantillon de personnes (âgées) ayant une démence d'Alzheimer. Ils ont démontré que la musique améliore légèrement la fluidité catégorielle chez les deux groupes. Mammarella, Fairfield et Cornoldi (2007) ont démontré que chez les personnes âgées, la rétention d'information en mémoire de travail et la fluence verbale lexicale sont significativement meilleures lors de l'écoute de musique classique qu'en présence de silence. L'écoute de bruit blanc ne permet pas d'amélioration significative de la performance par rapport au silence, ce que les auteurs expliquent par une hausse de l'activation cognitive et émotionnelle par la musique, ce qui n'est pas le cas avec le bruit blanc.

Sur le plan de l'inhibition et de l'attention sélective, l'impact positif de la valence émotionnelle et de la stimulation suscitée par la musique est moins clair. Cloutier et al., (2020) ont utilisé une tâche de Flanker, mesurant la capacité d'attention sélective et la vitesse d'inhibition de distracteurs dans la modalité visuelle (Eriksen & Eriksen, 1974), en présence de musique relaxante ou stimulante. Contrairement à ce qui serait attendu selon l'*Arousal-Mood Theory*, la musique relaxante, considérée comme plus agréable par les participants, suscite un effet négatif sur la capacité d'inhibition alors que la musique stimulante et le silence étant indifférenciables. Les auteurs suggèrent donc cette

agrabilité de la musique relaxante suscite davantage de ressources attentionnelles, bien que la musique stimulante soit considérée comme agréable, mais dans une moindre mesure. Perham et Sykora (2012) avaient également observé que la musique appréciée avait un effet plus négatif sur la mémoire verbale qu'une musique moins appréciée. Ce phénomène était également expliqué par un attrait attentionnel.

Du côté de l'attention sélective, Fernandez, Trost et Vuilleumier (2019) mettent en évidence un effet positif de la musique joyeuse et rapide (par rapport à une musique triste et lente) sur le temps de réaction à l'*Attention Network Task* (Fan, McCandliss, Sommer, Raz, & Posner, 2002) par rapport à une musique triste et lente. La tâche étant réalisée en IRM fonctionnelle, une plus grande sollicitation des lobes pariétal et occipital inférieurs en présence de musique joyeuse, par rapport à la musique triste et une plus grande activation du lobe frontal est observée par rapport au lobe occipital en présence de musique stimulante. Une autre recherche de Burkhard, Elmer, Kara, Brauchli, & Jäncke (2018) n'observe aucun effet d'une musique excitante ou relaxante par rapport au silence à une tâche d'inhibition de type Go/No-Go (Nosek & Banaji, 2001), ce qui remet également en question l'impact de la valence émotionnelle et de la stimulation suscitée par la musique sur l'activation cognitive et l'inhibition. L'*Arousal-Mood Theory* ne semble donc pas permettre de prédire de façon constante l'impact de la musique sur le fonctionnement exécutif.

La Moderate Brain Arousal Theory

Une théorie propose une explication à l'impact du bruit sur le fonctionnement cognitif auprès de la population avec un TDAH. La *Moderate Brain Activation Theory*

(MBA) ou théorie de l'activation cognitive modérée du cerveau en français, tisse des liens entre l'attention, les fonctions exécutives et la présence de stimulation auditive. Elle constitue une application d'une théorie de traitement de signal nommée « la résonance stochastique » qui veut que l'ajout externe de bruit d'intensité modérée bonifie la détection de signaux sonores de faible intensité (Moss, Ward & Sannita, 2004). À partir de ce principe, Sikström et Söderlund (2007) proposent que le phénomène peut s'appliquer aux tâches cognitives complexes (par exemple, par l'effet de l'écoute de bruit blanc sur la mémoire de travail visuospatiale et l'attention divisée auditive). Il est suggéré que les sujets avec un trouble d'attention sont influencés positivement par une stimulation auditive de puissance modérée qui a pour effet de stimuler leur système dopaminergique et, conséquemment, leur activation cognitive.

Deux expérimentations par Söderlund et al. (2009) démontrent l'interférence et la facilitation résultant de la présence de bruit blanc sur la performance attentionnelle et en mémoire de travail visuelle. La première utilise une tâche d'écoute dichotique dans laquelle les sujets doivent orienter leur attention sélective vers des syllabes prononcées dans l'oreille gauche ou droite et les rappeler par la suite, en faisant fi des syllabes prononcées dans l'autre oreille. Bien que des différences aient été observées entre les résultats dans l'oreille gauche et droite, par rapport au silence, un bruit modéré de 50 décibels est optimal pour la performance dans les deux cas. La seconde expérimentation utilise une tâche informatisée similaire aux blocs de Corsi (Corsi, 1972), mesurant la mémoire de travail visuelle. Les résultats montrent que l'écoute de bruit blanc occasionne un effet contraire en fonction de la performance des sujets, les plus

performants étant désavantagés et les moins performants étant avantagés. Ces résultats suggèrent que des différences individuelles existent quant à l'influence du bruit sur la performance. Les auteurs suggèrent d'ailleurs d'explorer le rendement des gens avec un TDAH dans des études futures, soupçonnant un effet positif du bruit blanc pour cette population ayant des déficits exécutifs (Söderlund, Marklund & Lacerda, 2009).

Des résultats similaires ont été apportés par Helps et al. (2014) chez des enfants. En effet, à partir d'un questionnaire SWAN (Swanson et al., 2006) rempli par l'enseignant, les enfants ont été divisés en trois groupes selon leurs capacités attentionnelles, soit des enfants catégorisés comme peu attentifs, moyennement attentifs et très attentifs. En présence de bruit blanc, dans une tâche d'inhibition de type Go/No-Go (Nosek et Banaji, 2001), une tâche de rappel verbal et une tâche de mémoire de travail visuospatial, le bruit blanc a eu un effet négatif pour les enfants très attentifs et un effet positif pour les enfants peu attentifs sur le plan de l'inhibition, de la mémoire épisodique et de la mémoire de travail. Les auteurs expliquent les résultats par une hausse du niveau d'activation cognitive par le bruit de fond, particulièrement chez les enfants moins attentifs. Une autre étude supporte ces résultats en s'attardant plus spécifiquement aux enfants ayant reçu un diagnostic de TDAH selon les critères du DSM-IV (Baijot et al, 2016) qui atteignent l'égalité statistique dans une tâche Go/No-Go (Nosek & Banaji, 2001) avec le groupe contrôle en présence de bruit blanc alors que leur performance était significativement inférieure dans une condition de silence. Une corrélation est ainsi présente entre les déficits cognitifs et le gain par le bruit blanc.

En fonction de la MBA (Sikström & Söderlund, 2007), la stimulation du fonctionnement exécutif suscitée par le bruit blanc d'intensité modérée permettrait de pallier une portion des symptômes du TDAH provenant du manque de contrôle exécutif. En ce qui a trait à la stimulation par la musique, les résultats de Cloutier et al. (2020) suggèrent que l'effet serait plus spécifique à une musique agréable et relaxante. Ceci amène à concevoir l'utilisation de musique ou de bruit blanc en arrière-plan comme stratégie d'intervention chez une population ayant une attention ou un contrôle exécutif plus faible, quoique la fonction d'inhibition des sujets sans problème exécutif ne profite pas toujours de cet effet (Bajot et al. 2016; Burkhard et al., 2018; Cassidy & Macdonald, 2007; Cloutier et al., 2020; Helps et al., 2014;), au contraire.

Par ailleurs, au moment de réaliser notre revue de littérature via Google Scholar, aucune étude à notre connaissance n'a investigué l'impact de la musique ou du bruit blanc sur la flexibilité cognitive.

Objectifs

Le premier objectif de cette étude est donc d'évaluer l'effet de l'écoute de bruit blanc et de musique instrumentale sur l'inhibition et la flexibilité cognitive, par rapport au bruit blanc et au silence. Le deuxième objectif de cette étude est d'évaluer la différence entre la population avec un TDAH et la population normale en présence de musique, de bruit blanc et de silence à une tâche d'inhibition et une tâche de flexibilité cognitive.

Hypothèses

- 1) La première hypothèse est que l'écoute de bruit blanc et de musique instrumentale auront toutes deux un effet bénéfique (en comparaison avec le silence) sur la vitesse et le nombre d'erreurs à des tâches d'inhibition et de flexibilité cognitive (mesurées par la tâche de type Stroop) pour les sujets présentant un TDAH.
- 2) La deuxième hypothèse est qu'inversement, l'écoute de musique instrumentale et de bruit blanc n'auront aucun effet sur les fonctions exécutives du groupe contrôle par rapport au silence sur la vitesse et le nombre d'erreurs à des tâches d'inhibition et de flexibilité cognitive (mesurées par la tâche de type Stroop).
- 3) La troisième hypothèse est que la population normale performera globalement mieux que la population TDAH aux mesures d'inhibition et de flexibilité (mesurées par le nombre d'erreurs et la vitesse à la tâche de type Stroop).

Méthode

Devis

Afin de répondre aux objectifs, l'expérimentation a été conçue selon un devis quasi-expérimental, considérant que les groupes ne pouvaient pas être attribués aléatoirement. Leur attribution a plutôt été faite sur la base de la présence d'un trouble neurodéveloppemental. Il s'agit donc du devis se rapprochant le plus d'un devis expérimental dans le contexte où il est impossible d'induire un trouble neurodéveloppemental pour les besoins de l'expérience.

Les deux variables indépendantes sont les groupes (contrôle ou TDAH) et les conditions auditives (silence, bruit blanc et musique). Les fonctions d'inhibition et de flexibilité ont chacune été opérationnalisées avec deux variables dépendantes constituées de la vitesse et de la précision aux conditions d'inhibition et d'alternance du Test d'interférence couleur-mot tiré du D-KEFS (TICM; Delis, Kaplan et Kramer, 2001). L'analyse du lien entre les groupes et la condition auditive par rapport à la vitesse et du nombre d'erreurs au TICM permettent de bien répondre aux objectifs de cette recherche.

Un questionnaire sociodémographique (Appendice A) a été administré afin de s'assurer que les groupes étaient comparables sur un ensemble de caractéristiques.

L'expérimentation a aussi comporté une collecte de données sur la mémoire épisodique verbale, sur l'amusie et sur la dyslexie qui ne seront pas abordées dans le cadre de cette étude. La présente étude ne fera état que des résultats au TICM. Une tâche de mémoire épisodique verbale permettant d'obtenir une mesure de la mémoire auditivo-

verbale (Test d'apprentissage verbal de la Californie [CVLT]; Delis, Kramer, Kaplan, & Ober, 1987), une tâche de mémoire de travail visuelle, les Blocs de Corsi (Corsi, 1972) et un test en ligne de dépistage de l'amusicie (MBEA en ligne; Peretz et al., 2008) ont donc tout de même été administrés, mais ne seront pas présentés puisqu'ils ne font partie de cet essai.

Participants

Les participants ont été recrutés selon deux groupes distincts au sein de la population étudiante universitaire et collégiale. Cette étude inclut donc 36 participants, soit 18 étudiants avec un diagnostic autorapporté de TDAH (quel qu'en soit le phénotype clinique) et 18 étudiants ne rapportant aucun diagnostic de trouble neurodéveloppemental afin de constituer un groupe contrôle.

Un calcul de puissance avait été effectué à l'aide de GPower pour établir l'échantillon nécessaire pour cette étude. Étant donné la recherche de participants avec une dyslexie dans un autre volet de l'étude, le calcul a été réalisé pour trois groupes et trois conditions auditives. La puissance ($1-\beta$) visée pour l'étude était de 0,80, avec un α de 0,05 et un effet de taille moyenne, c'est-à-dire d'une valeur de 0.25. La valeur α et β sont des valeurs standard. Dû à des difficultés de recrutement, la cible de 36 participants par groupe pour un total de 108 participants visés n'a pas été atteinte.

Tous les participants sont des étudiants de niveaux collégial ou universitaire et ont entre 18 et 40 ans. Les candidats avec un trouble psychiatrique connue ou la concomitance de deux troubles neurodéveloppementaux ont été exclus. Ces exclusions

visaient à éviter l'interaction et la difficulté à identifier l'origine des déficits exécutifs imputables aux deux troubles ou à certains troubles mentaux (comme certains troubles de personnalité ou le trouble bipolaire) ainsi que l'impact que leur médication peut avoir sur le fonctionnement exécutif (American Psychiatric Association, 2015; Henry et al., 2001). Les participants avec une formation musicale professionnelle, c'est-à-dire un DEC ou supérieur, ont également été exclus vu la perturbation plus importante du fonctionnement cognitif recensé chez les musiciens professionnels par la musique d'ambiance (Patston & Tippett, 2011). Les participants ont été recrutés via un affichage sur un courriel à la population étudiante de l'UQAC et des CÉGEPs, en visitant les classes (avec l'accord des enseignants), via les services aux étudiants de l'UQAC et auprès des services adaptés du CÉGEP de Jonquière et de Chicoutimi.

Instruments

Questionnaire sociodémographique

Le questionnaire sociodémographique contient, d'une part, des questions au sujet de l'âge, de la langue maternelle, de la scolarité, de l'éducation musicale et des antécédents médicaux. D'autre part, il contient des questions sur les habitudes d'écoute de musique, en termes de genre musical et de contextes dans lesquels elle est écoutée (voir Appendice A).

Conditions auditives

Les trois conditions auditives avec lesquelles l'expérimentation a été réalisée sont le silence, le bruit blanc et la musique. La musique jouée est l'enregistrement de

l'ensemble *Emerson* de *L'art de la Fugue* de J.S. Bach pour quatuor à cordes (2003). La sélection a été faite avec un souci pour une musique sans paroles, avec un tempo relativement constant et peu de différences de nuances. Le bruit blanc a été créé avec le logiciel Audacity 2.0. (Audacity, 2014), aléatoirement et sans filtre de fréquences. Le volume sonore a été fixé par accord interjuge. Le silence est constitué de l'absence de distraction auditive pendant l'exécution des tâches. Le local d'expérimentation n'est toutefois pas insonorisé.

Le Test d'interférence couleur-mot du D-KEFS

Le TICM est une tâche mesurant les fonctions exécutives à travers la lecture de mots et l'identification de couleurs et le paradigme d'interférence de mots colorés de Stroop (Delis et al., 2001; Stroop, 1935). La tâche est divisée en quatre items, soit : 1) dénomination des couleurs (pour mesurer la vitesse d'identification des couleurs); 2) lecture des mots (pour mesurer la vitesse de lecture); 3) lecture de la couleur de l'encre prise pour écrire les mots (pour mesurer l'inhibition de la lecture du mot afin de nommer la couleur de l'encre) et; 4) dénomination de la couleur ou du mot écrit dépendamment de la présence d'un rectangle autour du mot (ce qui demande d'alterner entre deux consignes et mesure la flexibilité cognitive). C'est l'examen de ces différents items qui permet d'avoir une idée du portrait exécutif du sujet. Les quatre items ont été administrés, mais seuls les scores de vitesse et du nombre d'erreurs pour les items 3 et 4 ont été utilisés. L'item 3 constitue une mesure de l'inhibition et l'item 4 constitue une mesure de la flexibilité. Le test dispose de normes élaborées auprès de 1750 résidents des États-Unis et sa consistance interne se situe entre 0,75 et 0,86, ce qui est considéré

comme une bonne fidélité (Delis, Kramer, Kaplan et Holdnack, 2004). La tâche est d'une durée d'environ 7 minutes.

Autres tests administrés

Le CVLT (Delis et al., 1987) est un test neuropsychologique mesurant la mémoire épisodique verbale à court terme d'une durée d'environ 30 minutes incluant une pause de 20 minutes. Les blocs de Corsi sont un test de 5 minutes mesurant la mémoire de travail visuospatiale. La MBEA en ligne est un test d'une durée de 15 minutes servant au dépistage de l'amusie.

Procédure

Après que le participant ait transmis ses coordonnées à l'équipe de recherche par message téléphonique ou par courriel, la prise de contact a été réalisée par téléphone. Lors de l'appel, un rendez-vous a été fixé pour l'évaluation (après avoir vérifié les conditions d'admissibilité à l'étude). Lors de l'arrivée au local d'évaluation, le formulaire de consentement a été expliqué par l'expérimentateur et signé par le participant. Ensuite, le questionnaire sociodémographique a été rempli par le participant. Par la suite, l'administration des tests psychométriques a été réalisée selon l'ordre présenté dans la figure 2.

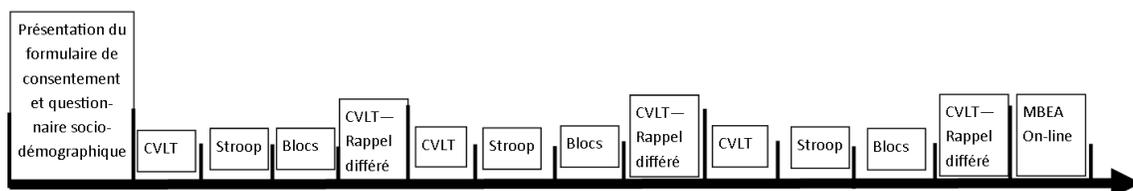


Figure 2. Déroulement de l'expérimentation.

Dépendamment de l'ordre des conditions auditives attribuées au participant, l'enregistrement audio est démarré (dans le cas de la condition avec bruit blanc et celle avec musique). L'enregistrement est ininterrompu entre les tâches d'une même condition auditive. Cela signifie que l'enregistrement audio est démarré avant le CVLT et éteint après son rappel différé. Le TICM puis les Blocs de Corsi sont administrés pendant la période de latence entre le rappel immédiat et le rappel différé du CVLT (en présence de musique instrumentale, bruit blanc ou en silence), selon l'ordre de passation attribué au participant au préalable. Par la suite, les deux autres conditions auditives sont effectuées en suivant exactement la même séquence. Finalement, après les trois conditions auditives, le MBEA en ligne est administré avant de quitter. La période d'évaluation est estimée à approximativement 2 heures par participant. Bien que le CVLT, les blocs de Corsi et le MBEA en ligne aient été administrés, les résultats à ces tests ne sont pas analysés dans le présent essai.

Résultats

Analyses descriptives

Les analyses ont été réalisées avec 18 sujets contrôles et 18 sujets TDAH. Les données tirées du questionnaire sociodémographique montrent que les deux groupes sont indifférenciés en ce qui a trait à l'âge (contrôle = 23,78 ans; TDAH=23,56 ans; $p=0,842$) et au sexe, le groupe contrôle comportant 15 femmes (83,3%) et 3 hommes (16,7%) alors que le groupe TDAH comporte 14 femmes (77%) et 4 hommes (23%; $\chi^2=0,177$, $p=0,674$). Le niveau d'éducation est comparable entre les groupes également ($p=0,506$). L'éducation musicale est également indifférenciée entre les groupes, 9 sujets contrôles (50%) et 7 sujets TDAH (38%) ayant reçu une éducation musicale ($\chi^2=0,450$, $p=0,502$). Parmi le groupe de participants TDAH, 13 participants sur 18 rapportaient prendre une médication psychostimulante au moment de l'expérimentation. Tous les participants sont étudiants universitaires avec un diplôme d'études collégiales comme plus haut diplôme obtenu. Quelques participants ont un certificat, un diplôme d'études professionnel ou un baccalauréat complété.

La tolérance autorapportée au bruit ambiant a été mesurée à l'aide d'une échelle de type Likert de 1 à 5 (1 étant une extrêmement faible tolérance au bruit et 5 étant une très bonne tolérance au bruit). Une faible tolérance au bruit est généralement identifiée par tous les participants et aucune différence intergroupe n'est identifiée ($m=2,37$, $\chi^2=2,64$, $p=0,620$). Malgré cette faible tolérance, plusieurs sujets rapportent étudier avec la télévision ouverte. En effet, lorsque questionné à savoir s'ils étudient avec la télévision ouverte, le groupe TDAH

répond significativement plus positivement (33,33% réponses positives) que le groupe contrôle (5,98 % de réponses positives; $\chi^2=4,118$, $p=0,042$). Le type de musique écouté est partagé équitablement entre la musique avec et sans paroles, avec 8 participants n'écouter pas de musique. Finalement, 75% des participants rapportent écouter de la musique au moins une fois par semaine, sans différence intergroupe ($\chi^2=0,476$, $p=0,490$).

Analyses préliminaires

Différentes analyses de variance mixtes (ANOVA) ont été réalisées avec le temps total par item (résultat brut de vitesse) et le nombre d'erreurs de dénomination (résultat brut) à chacun des deux items du TICM, avec le groupe d'appartenance (TDAH ou contrôle) comme variable intersujet et la condition auditive comme la variable à mesures répétées intrasujet (silence, bruit blanc ou musique). Une correction post-hoc de Bonferroni pour comparaisons multiples été appliquée pour ajuster la valeur de p pour les comparaisons entre les trois conditions auditives.

Les scores à plus de 3 écarts-types de la moyenne ont été exclus des analyses, sans retirer toutes les données du participant, les données étant alors considérées comme aberrantes. Une telle performance est alors si éloignée de celle du groupe d'appartenance qu'elle est plus vraisemblablement causée par de l'erreur aléatoire d'échantillonnage. Ainsi, les scores suivants ont été exclus : le score de vitesse d'un participant du groupe TDAH pour l'item d'alternance du TICM dans la condition de silence; le score d'erreur d'un participant contrôle et d'un participant TDAH à l'item d'inhibition du TICM dans la condition de musique; le score d'erreur d'un participant contrôle à l'item d'alternance du TICM dans la

condition de bruit blanc; le score d'erreur d'un participant TDAH à l'item d'alternance du TICM dans la condition de silence.

La normalité des données a été vérifiée en utilisant un critère de $W < 0,05$ au test de Shapiro-Wilks et l'homogénéité de la variance a été vérifiée par l'inspection visuelle du nuage de points des résidus. Le test de Shapiro-Wilks révèle une distribution des données ne respectant pas la courbe normale en ce qui a trait à la vitesse d'exécution de l'item d'alternance ($W = 0,0001$) du TICM. Les scores d'erreur de l'item d'inhibition ($W < 0,000$) du TICM ne respectent pas la normalité également. Ces analyses ne seront donc pas interprétées statistiquement, mais qualitativement. Le score de vitesse d'exécution de l'item d'inhibition est normal ($W = 0,151$), tout comme le score d'erreur de l'item d'alternance ($W = 0,233$) et seront donc les principales analyses détaillées ci-bas.

Aucun calcul de taille d'effet n'a été réalisé vu la faible validité de cette mesure dans les ANOVAs mixtes (Dankel et al, 2017).

Analyses principales

Impact de l'écoute de musique et de bruit blanc sur l'inhibition et la flexibilité

Le premier objectif était d'évaluer l'impact de l'écoute de musique et de bruit blanc sur le fonctionnement exécutif (inhibition et flexibilité).

Les analyses révèlent un effet principal significatif de l'écoute de musique sur l'inhibition (Tableau 1 et Figure 3). À travers les deux groupes, la condition de musique est marquée par une plus grande rapidité par rapport au silence (Tableau 2). La normalité de la distribution des résultats de la vitesse à la tâche de flexibilité n'est pas respectée et ne permet

pas de tirer de conclusions statistiques. Selon l'observation des moyennes, le temps moyen le plus rapide est celui de la condition de musique (M= 45,5 secondes; ÉT=2,14), suivi du bruit blanc (M=47,94 secondes; ÉT=2,01) et du silence (M=53,35 secondes ; ÉT=2,88). Malgré l'impossibilité de tirer une conclusion statistique, la condition de silence se démarque tout de même par une lenteur apparente en comparaison des conditions de musique et de bruit blanc.

Tableau 1

Interprétation du score de vitesse au TICM par groupe et par condition auditive

Facteur	TICM, dénomination de couleur			TICM lecture de mots			TICM inhibition			TICM flexibilité		
	dl	F	p	dl	F	p	dl	F	p	dl	F	p
Groupe	34	6,86	0,01*	34	3,92	0,06 ⁺	34	3,56	0,07 ⁺	34,08	1,66	0,21
Condition	68	0,69	0,50	68	3,13	0,05*	68	5,80	0,005**	67,18	12,02	0,000***
GroupeXCondition	68	0,24	0,78	68	1,84	0,17	68	0,47	0,63	67,18	0,54	0,59

Zones ombragées : non-respect du postulat de normalité

+ : Tendence statistique

* : Significativité à $p < 0,05$

** : Significativité à $p < 0,01$

*** : Significativité à $p < 0,001$

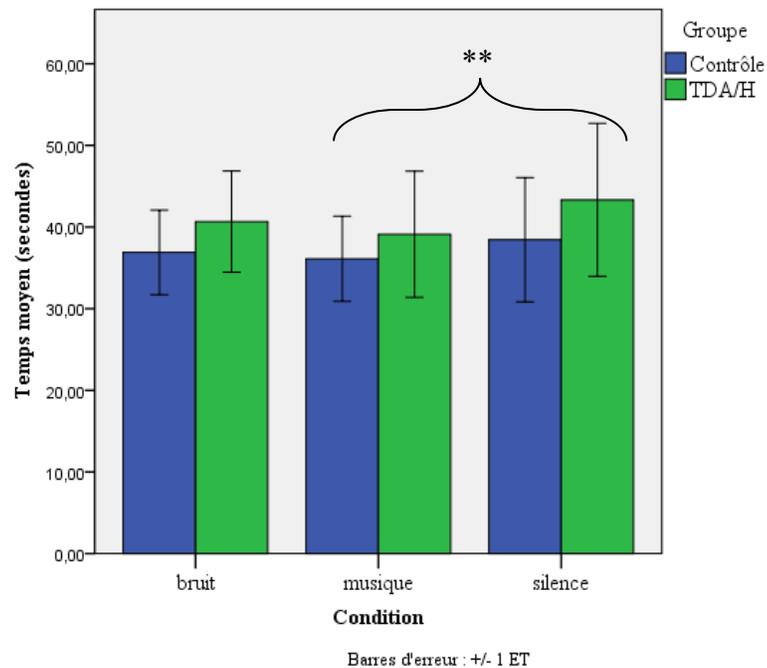


Figure 3. Vitesse à l'item d'inhibition du TICM.

Tableau 2

*Test post-hoc de Bonferroni intercondition pour le score de vitesse à l'item d'inhibition
(secondes)*

Condition	M	Condition	M	dl	p
Silence	40,89	Bruit	38,78	68	,10
		Musique	37,61	68	,004**
Bruit	38,78	Musique	37,61	68	,71
		Silence	40,89	68	,10
Musique	37,61	Bruit	38,78	68	,71
		Silence	40,89	68	,004**

** : Significativité à $p < 0,01$

Pour l'analyse du nombre d'erreurs, seul l'item de flexibilité du TICM respecte le postulat de normalité. L'analyse révèle une interaction significative entre les groupes TDAH et contrôle à travers les trois conditions auditives (Tableau 3). Toutefois, le test post-hoc ne révèle aucune différence de moyennes significative pour chacune des comparaisons intragroupes (Tableaux 4 et 5) et intraconditions (Tableaux 6 et 7) qui aurait permis de préciser cette interaction. L'effet simple du nombre d'erreurs des sujets TDAH se rapproche néanmoins d'une tendance statistique ($p=0,11$), la performance avec bruit présentant moins d'erreurs que celle en présence de musique (Tableau 4 et Figure 4).

Tableau 3

Interprétation du nombre d'erreurs au TICM par groupe et par condition auditive

Facteur	TICM, dénomination de couleur			TICM lecture de mots			TICM inhibition			TICM flexibilité		
	dl	F	p	dl	F	p	dl	F	p	dl	F	p
Groupe	34	,03	,86	34	,86	,36	33,99	,80	,38	32,91	,13	,72
Condition	68	,11	,90	68	,22	,80	66,87	,12	,88	65,30	,04	,96
GroupeXCondition	68	,26	,77	68	,07	,93	66,87	,10	,90	65,30	4,28	,018*

Zones ombragées : non-respect du postulat de normalité

+ : Tendence statistique

* : Significativité à p < 0,05

** : Significativité à p < 0,01

*** : Significativité à p < 0,001

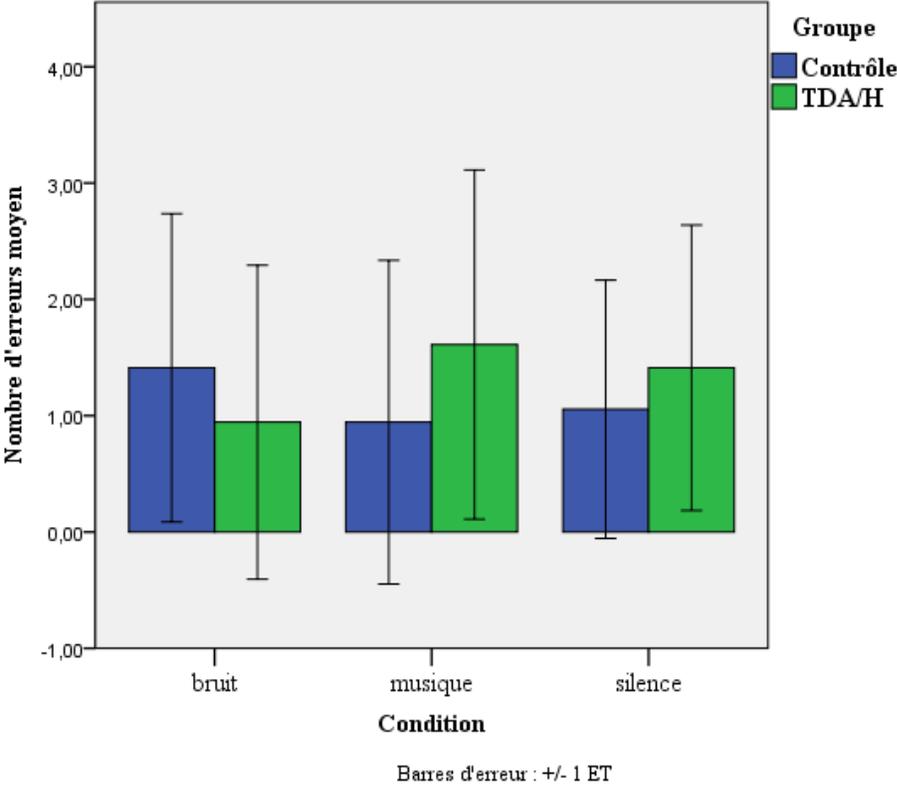


Figure 4. Nombre d'erreurs à l'item de flexibilité du TICM.

Tableau 4

Moyennes et écarts-types par groupe au TICM

Variable	Contrôle		TDAH	
	<i>M</i>	<i>ÉT</i>	<i>M</i>	<i>ÉT</i>
Vitesse au TICM inhibition	35,56	6,12	41,06	8,08
Vitesse au TICM flexibilité	46,10	8,76	51,80	17,68
Erreurs au TICM inhibition	0,79	1,02	0,53	0,67
Erreurs au TICM flexibilité	1,15	1,27	1,31	1,39

Tableau 5

Test post-hoc de Bonferroni intracondition pour le nombre d'erreurs à l'item de flexibilité du TICM

Condition	Contraste	dl	p
Silence	Contrôle-TDAH	65,98	0,20
Bruit	Contrôle-TDAH	64,54	0,14
Musique	Contrôle-TDAH	65,98	0,47

Tableau 6

Moyennes et écarts-types par condition auditive au TICM

Variable	Silence		Bruit		Musique	
	<i>M</i>	<i>ÉT</i>	<i>M</i>	<i>ÉT</i>	<i>M</i>	<i>ÉT</i>
Vitesse au TICM inhibition	40,91	8,93	38,82	6,03	37,71	6,74
Vitesse au TICM flexibilité	53,35	16,81	47,94	11,91	45,50	12,47
Erreurs au TICM inhibition	0,56	0,86	0,69	0,93	0,74	0,83
Erreurs au TICM flexibilité	1,24	1,18	0,17	0,34	1,29	1,49

Tableau 7

*Test post-hoc de Bonferroni intragroupe pour le nombre
d'erreurs à l'item de flexibilité du TICM*

Groupe	Condition	Condition	dl	p
Contrôle	Bruit	Musique	65,48	,20
		Silence	65,48	,41
	Musique	Bruit	65,48	,20
		Silence	64,94	1,00
	Silence	Bruit	65,48	,41
		Musique	64,94	1,00
TDAH	Bruit	Musique	64,94	,11
		Silence	65,48	,52
	Musique	Bruit	64,94	,11
		Silence	65,48	1,00
	Silence	Bruit	65,48	,52
		Musique	65,48	1,00

Impact de la présence d'un TDAH sur l'inhibition et la flexibilité

Le deuxième objectif était d'explorer la différence entre la performance de la population avec un TDAH et la population normale à une tâche d'inhibition et de flexibilité cognitive telles qu'évaluées au TICM en présence de musique et de bruit blanc. Les analyses révèlent que les sujets contrôles sont se rapprochent du seuil de signification statistique, tendant à être plus rapides que les sujets avec un TDAH ($p=0,068$, $F(1,34) = 3,563$) pour le score de vitesse à l'item d'inhibition du TICM, à travers les trois conditions auditives (Tableau 1 et Figure 3). Le même phénomène pourrait également observable dans l'item de dénomination de couleurs et de lecture de mots du TICM avec les sujets contrôles ayant une

performance plus rapide, mais les analyses doivent être interprétées prudemment vu la non-normalité de l'échantillon (Tableau 1).

Discussion

La présente recherche avait pour but de démontrer l'effet de l'écoute de musique d'arrière-plan sur le fonctionnement exécutif, plus précisément l'inhibition et la flexibilité cognitive. Ci-bas, les résultats pour chacun des objectifs de recherche seront discutés, suivis d'une analyse des forces et limites de cette étude, des pistes de recherche futures et des retombées de l'étude.

Objectifs de recherche

La présente recherche avait pour objectif de mettre en évidence l'impact de l'écoute de musique et de bruit blanc sur l'inhibition et la flexibilité cognitives chez les sujets avec ou sans TDAH.

Tout comme plusieurs articles traitant de l'impact de la musique sur le fonctionnement exécutif, les résultats obtenus cadrent difficilement dans un seul modèle théorique explicatif (Cassidy et Macdonald, 2007 ; Cloutier et al., 2020; Kämpfe et al., 2010; Miller & Schyb, 1989). En effet, les hypothèses basées sur la MBA (Sikström et Söderlund, 2007; Söderlund et al., 2009), suggérant que l'ajout de stimulation auditive augmente l'activation cognitive et par conséquent, le rendement du contrôle inhibiteur et de la flexibilité, ne sont que partiellement validées.

Impact de l'écoute de musique et de bruit blanc sur l'inhibition et la flexibilité

Le premier objectif était d'évaluer comment l'écoute de musique influence le fonctionnement exécutif par rapport au bruit blanc et au silence. Dans cette optique, notre première hypothèse était que l'écoute de musique ainsi que l'écoute de bruit blanc contribueraient à l'amélioration de la performance des sujets avec un TDAH dans la tâche d'inhibition et celle de flexibilité, comparativement au silence. Par ailleurs, la deuxième hypothèse voulait que la musique n'influence pas la performance des sujets contrôles dans ces mêmes tâches, par rapport au silence. Les résultats montrent effectivement une plus grande rapidité en présence de musique par rapport au silence pour la tâche d'inhibition pour les sujets ayant un TDAH, en accord avec la première hypothèse, mais un gain de vitesse a aussi été réalisé pour les sujets contrôles, ce qui infirme la deuxième hypothèse. De plus, à travers les deux groupes, la condition de bruit blanc n'a pas permis d'amélioration significative de la vitesse à la tâche d'inhibition, contrairement à la musique. Étrangement, une différence de moyenne se rapprochant d'une tendance statistique est présente pour les sujets TDAH seulement, avec moins d'erreurs en présence de bruit blanc qu'en présence de musique.

Les résultats obtenus à l'item d'inhibition dans la présente étude contrastent avec ce qui était attendu en fonction de la MBA (Sikström & Söderlund, 2007). Alors que Söderlund et al. (2009) ont démontré qu'un bruit blanc de force modérée permet une amélioration des aptitudes visuospatiales et de l'attention auditive dans une tâche d'écoute dichotique, le bruit blanc ne permet pas un tel gain pour l'inhibition dans la présente étude. Malgré la sollicitation du contrôle attentionnel dans l'étude actuelle, les

tâches diffèrent significativement, tout comme la variable à l'étude. Effectivement, la tâche d'écoute dichotique mesure l'attention sélective et divisée tandis que la tâche utilisée dans notre étude mesure plus spécifiquement l'inhibition et la flexibilité cognitive que l'attention. Bien que l'attention sélective puisse être améliorée par le bruit blanc dans notre étude, cela ne semble pas être le cas de l'inhibition.

De plus, un autre volet de l'étude de Söderlund, Marklund et Lacerda (2009) conclut à une forte variabilité individuelle en ce qui a trait à la performance à une tâche de mémoire de travail visuo-spatiale en présence de musique. Comme cette recherche a procédé à une séparation des groupes de sujets plus ou moins performants a posteriori, il n'est pas impossible que ce genre de résultats n'ait pas été décelé ici étant donné qu'une telle division des sujets n'a pas été réalisée. Il se peut que l'effet s'estompe dans les statistiques à l'échelle de groupe vu la variabilité entre les sujets d'un même groupe.

De surcroît, les résultats de Salamé et Baddeley (1989) vont encore plus loin dans le sens contraire des résultats actuels en démontrant un effet néfaste de la musique instrumentale et encore davantage de la musique avec paroles sur une tâche de mémoire de travail visuelle. Ces différences peuvent toutefois être expliquées par un autre phénomène, soit la sollicitation de la mémoire de travail visuelle dans le cas de l'étude de Salamé et Baddeley (1989) ainsi que dans l'étude de Söderlund et al. (2009) alors que la tâche d'inhibition du TICM, utilisée dans l'étude actuelle, ne nécessite que peu de ressources de mémoire de travail visuelle. Ces fonctions cognitives peuvent ainsi être différemment affectées par la présence d'une stimulation auditive et il est donc vraisemblable de penser que le bruit blanc et la musique puissent à la fois ne pas

contribuer à la performance, ou même nuire à la réalisation d'une tâche de mémoire de travail visuelle, et occasionner une amélioration de l'inhibition sur le plan exécutif.

En ce qui a trait au nombre d'erreurs (tendant à être inférieur seulement pour le groupe TDAH à la tâche de flexibilité en présence de bruit blanc par rapport à la musique), une des explications est une trop forte augmentation de l'activation cognitive en présence de musique. La différence étant entre la condition de bruit blanc et celle de musique, plutôt que celle de silence, cela peut suggérer que la stimulation causée par la musique a été trop importante et a occasionné un effet d'interférence, au même titre que l'effet du discours non écouté de Salamé et Baddeley (1982) et le bruit supérieur à 50 décibels de Söderlund, Marklund et Lacerda (2009). Ce phénomène pourrait être en lien avec les émotions générées par la musique, considérant que la valence émotionnelle de la musique est réputée pour avoir un impact sur la stimulation cognitive et le fonctionnement exécutif et attentionnel (Nemati, Akrami, Salehi, Esteky, & Moghimi, 2019; Thompson et al., 2005), ce qui sera discuté plus bas.

Au sujet de la différence significative entre la musique et le silence à une tâche d'inhibition, les résultats actuels sont mieux expliqués par l'*Arousal-Mood Theory* (Thompson et al. 2001) que la MBA. En effet, le gain sur le plan de la vitesse à la tâche d'inhibition en présence de musique s'apparente aux résultats de Mammarella et al. (2007) obtenus auprès d'une population vieillissante et à ceux de Thompson et al. (2005) sur la population avec un trouble neurocognitif. Les variables mesurées dans ces études sont connexes à celles examinées dans la présente recherche, soit la mémoire de travail et la fluidité verbale, relevant notamment du fonctionnement exécutif. Cette

convergence de résultats suggère que l'effet positif de la musique sur le fonctionnement exécutif s'applique non seulement à la population âgée, mais également aux jeunes adultes de notre étude. La présence d'un effet significatif pour la musique, mais pas pour le bruit blanc, est expliquée par Mammarella, Fairfield et Cornoldi (2007) par l'induction d'un aspect émotionnel par le stimulus musical pouvant influencer l'activation cognitive de façon plus importante que le bruit blanc.

Pour leur part, McConnell et Shore (2011) n'ont pas observé d'impact de l'induction d'un état émotionnel à l'aide d'un stimulus musical à valence négative, soit une pièce lente dont le mode est mineur (triste), sur le contrôle exécutif dans une tâche d'attention visuelle. Par opposition, *L'Art de la fugue*, le stimulus musical de la présente étude, est généralement dans le mode mineur (valence négative) et permet une performance significativement plus rapide à l'item d'inhibition du TICM. L'induction de l'état émotionnel était cependant réalisée avant la tâche cognitive dans leur étude alors que la présente étude l'a suscité avec de la musique présentée pendant la tâche. Il est vraisemblable que l'effet soit supérieur lorsque présenté in vivo, stimulant encore davantage l'activation cognitive et les fonctions exécutives chaudes des participants. McConnell et Shore (2011) ont toutefois observé un effet facilitant pour une musique faisant ressentir de la joie.

Cloutier et al. (2020) proposent qu'une musique perçue comme agréable produirait justement un ralentissement de la vitesse de réaction, par rapport à une musique perçue comme désagréable ou au silence. Il pourrait donc s'agir d'une question de préférence individuelle de la pièce musicale. Une musique hautement agréable

requerrait davantage de ressources attentionnelles qu'une musique désagréable ou que le silence (Nemati et al., 2019). Bien que ce facteur n'ait pas été contrôlé, la supposition que les participants des deux groupes de la présente étude n'apprécient pas l'*Art de la Fugue* pourrait expliquer l'accélération de la performance à la tâche d'inhibition.

Cette influence de la présence d'émotions musicales sur le fonctionnement exécutif rappelle le phénomène de systèmes exécutifs chaud et froid de Metcalfe et Mischel (1999). La présence d'une stimulation émotionnelle est réputée pour augmenter la rapidité de réaction, mais diminuer l'autocontrôle, le raisonnement et la flexibilité. Ceci peut expliquer pourquoi la vitesse de réaction est améliorée pour les deux groupes de sujets à la présente tâche d'inhibition, une tâche relativement simple ne requérant que peu de raisonnement abstrait. Inversement, dans la tâche de flexibilité, la tendance du groupe TDAH à faire moins d'erreurs en présence de bruit blanc que de musique peut montrer le besoin d'impliquer les fonctions froides d'autocontrôle et de raisonnement pour réaliser la tâche.

Il est pertinent de mentionner que les conclusions de la présente recherche sont faites sur la base de musique instrumentale sans paroles. L'étude de Cassidy et Macdonald (2007) obtient un effet négatif sur l'inhibition, n'ayant pas contrôlé pour la présence de paroles. Cette différence est vraisemblablement expliquée par l'effet négatif des paroles sur la performance cognitive, l'effet du discours non écouté, qui a été mis de l'avant dans les études de Salamé et Baddeley (1982, 1989). Dans Cassidy et Macdonald (2007), les paroles pourraient ainsi avoir pour effet de contrebalancer l'apport de l'augmentation de l'activation cognitive et émotionnelle suscitée par la musique.

Impact de la présence d'un TDAH sur l'inhibition et la flexibilité

Le deuxième objectif était d'explorer la différence entre la performance de la population avec un TDAH et la population normale à une tâche d'inhibition et de flexibilité cognitive en présence de musique et de bruit blanc. Plus précisément, l'hypothèse était que le groupe contrôle performerait globalement mieux que le groupe TDAH aux tâches d'inhibition et de flexibilité. À ce sujet, les résultats, sans tout à fait atteindre le seuil de signification statistique, présentent néanmoins une tendance statistique dans la vitesse de réalisation de la tâche d'inhibition, avec les sujets contrôles plus rapides que les sujets TDAH. Cette absence de résultats significatifs peut être attribuable à une diversité de phénomènes qui seront abordés ci-bas.

En effet, la faiblesse des fonctions exécutives étant une caractéristique centrale du TDAH (American Psychiatric Association, 2015), il est surprenant que les sujets contrôle ne se distinguent pas davantage des sujets TDAH sur les mesures d'inhibition. King et al. (2007) ont démontré que les sujets TDAH performant significativement plus lentement que les sujets du groupe contrôle à une tâche d'inhibition de type Stroop (1935). Une piste explicative est le fait que l'étude excluait les patients avec une médication psychostimulante active alors que 72% des participants du groupe TDAH de la présente étude prenaient une médication psychostimulante. L'effet principal des psychostimulants étant de réduire leur déficit attentionnel par rapport à la moyenne des gens en agissant sur le système dopaminergique et noradrénergique (Solana, 2002), il est normal que l'écart entre les groupes soit réduit.

Au sujet de l'échantillonnage, notons que le critère de démarcation du groupe clinique était d'avoir reçu un diagnostic de TDAH autorapporté. Or, une revue de littérature récente fait état d'un phénomène multifactoriel et généralisé à travers la littérature scientifique de faux positifs et de faux négatifs dans le diagnostic de TDAH (Kazda et al., 2021). Ceci implique que les échantillons, tant pour le groupe contrôle que pour le groupe TDAH, sont potentiellement moins différents que ce qui était attendu en fonction des résultats de King et al. (2007). La vérification de la dernière hypothèse a ainsi mis en évidence certaines limites de la présente recherche qui seront étayées ci-bas.

Forces, limites et pistes de recherche

Rétrospectivement, il est possible de mettre en lumière des paramètres qui limitent la portée et la validité des résultats, mais également des caractéristiques qui distinguent cette étude par rapport à la littérature scientifique. Il sera d'abord question des limites, puis aux forces de l'étude, en proposant au fil du texte des suggestions de recherches futures.

Comme mentionné dans la section précédente, il est possible de constater une absence de différence claire entre les sujets contrôles et TDAH à la tâche d'inhibition, ce qui suggère que nos groupes présentent possiblement des faux positifs et/ou des faux négatifs sur les diagnostics autorapportés. En effet, puisque le déficit exécutif fait souvent partie du tableau clinique du TDAH, une différence entre les groupes, à l'avantage des sujets contrôles, aurait été attendue (King et al., 2007). Ce phénomène aurait pu être atténué à l'aide d'une double vérification du fonctionnement cognitif et

des critères diagnostics des participants au moment du recrutement. En effet, une évaluation psychosociale et neuropsychologique complète de chaque individu aurait été optimale afin de catégoriser nos participants en fonction de la présence de symptômes de TDAH. Néanmoins, cette façon de faire aurait occasionné un allongement considérable de la procédure et aurait pu avoir des impacts sur le recrutement de participants. Toutefois, l'administration de quelques outils de dépistage du fonctionnement cognitif (comme le 2 et 7 de Ruff (Ruff, Evans, & Light, 1986) et/ou un questionnaire d'autoévaluation des symptômes) aurait été un compromis qui aurait permis une meilleure distinction des groupes.

Au sujet de la médication, la non-exclusion des participants avec médication occasionne un biais dans la performance aux tâches exécutives et nuance l'interprétation qu'il est possible de faire des résultats. L'échantillon étant partiellement médicamenté, il est représentatif de la population TDAH dans un contexte écologique. La présence de cette hétérogénéité réduit la capacité à tirer des conclusions quant au TDAH non médicamenté, mais les conclusions actuelles sont davantage valides et applicables dans le contexte où les gens atteints de ce trouble prennent souvent une médication dans la vie de tous les jours. Pour obtenir des résultats plus représentatifs du fonctionnement d'un TDAH non médicamenté, des démarches auraient pu être réalisées pour obtenir l'autorisation pour que les participants ne prennent pas leur médication le jour de l'évaluation. L'évaluation aurait également pu être restreinte aux candidats non médicamentés, mais cela aurait aussi pu être une source de biais de sélection supplémentaire. La réalisation de sous-groupes pour distinguer les candidats avec et sans

médication aurait aussi pu être possible, mais le faible nombre de participants non médicamenteux du groupe TDAH n'aurait pas permis des statistiques et des conclusions très robustes.

Dans le même sens, la durée de l'évaluation doit être considérée comme facteur majeur pouvant influencer les résultats. En outre, dans son entièreté, l'expérimentation durait environ deux heures. Or, bien que statistiquement compensée au niveau de groupe par la pseudo-randomisation manuelle de l'ordre de passation, il demeure que les résultats ont été biaisés par la fatigue importante que l'expérimentation a générée. Plutôt qu'une expérimentation jumelée avec un volet sur la mémoire utilisant le CVLT et les blocs de Corsi ainsi qu'un volet sur l'amusie (MBEA en ligne), une rencontre d'évaluation comportant strictement l'inhibition et la flexibilité (avec le TICM) aurait permis de limiter le biais causé par la fatigue. Une étude future profiterait de cet allègement du contenu de l'évaluation.

Considérant l'impact de la valence émotionnelle subjective et la stimulation cognitive perçue mentionnées dans l'*Arousal-Mood Theory* (Thompson et al., 2001), la collection de données à ce sujet aurait été importante. Un questionnaire similaire à ce qui a été utilisé dans McConnell et Shore (2011) aurait été optimal. L'étude en question a demandé aux participants de qualifier les stimulations auditives dans un tableau selon un axe stimulation/relaxation et un axe de plaisir/déplaisir. Ceci aurait permis de corrélérer la performance avec ces variables et d'obtenir une meilleure lecture des processus émotionnels en place individuellement chez les participants. Également, des mesures de

conduction électrodermale auraient pu permettre de lier directement l'activation cognitive à la performance mesurée.

La méthodologie aurait également pu être améliorée au moment de la calibration de nos stimuli sonores. En effet, un accord interjuge entre les expérimentateurs a été réalisé afin de sélectionner le volume sonore de chacun des stimuli auditifs (bruit blanc et musique). Toutefois, le jugement étant subjectif, il est possible qu'un de nos stimuli ait été présenté à un volume supérieur à l'autre, ce qui ajouterait une source de biais. En effet, la musique dont le volume est élevé est connue pour avoir un effet perturbateur sur certains processus cognitifs, notamment sur la lecture (Thompson et al., 2012) et l'attention (Söderlund et al., 2009). L'utilisation d'un décibelmètre, un outil servant à mesurer le volume sonore à l'endroit où se trouvaient les sujets aurait permis une meilleure comparabilité des conditions auditives et une meilleure validité et réplicabilité des résultats. Notons toutefois que le volume sonore est fluctuant à travers la condition de musique, étant donné les nuances appliquées par les instrumentistes sur l'enregistrement, comparativement au bruit blanc qui est constant, ce qui complexifie l'équilibration du volume.

En ce qui a trait aux forces de l'étude, il est possible de nommer l'intégration d'un groupe clinique et des multiples conditions auditives à l'intérieur d'un même devis expérimental. Il a donc pu être possible mieux comprendre comment les différents groupes cliniques se comportaient en présence des conditions auditives tout en mesurant

l'écart entre les groupes et vérifier l'interaction entre ces variables, ce qui aurait été impossible dans des études séparées.

De plus, l'utilisation de la tâche du TICM (Delis et al., 2001) comporte un avantage certain par rapport aux études utilisant la tâche de Stroop classique (Stroop, 1935). En effet, la présence d'un item d'alternance de consignes permet d'obtenir une mesure de la flexibilité cognitive qui n'a été utilisée dans aucune étude à notre connaissance. Elle permet d'approfondir l'étude en intégrant une diversité de fonctions exécutives, ce qui permet de mieux se prononcer à savoir si les conditions auditives présentées influencent le fonctionnement exécutif de façon globale ou plus spécifiquement l'une des deux fonctions présentées. Il n'a toutefois pas été possible de réaliser cette comparaison quantitativement étant donnée la distribution des résultats qui ne respectait pas le postulat de normalité pour le nombre d'erreurs à l'item d'inhibition et pour le score de vitesse à l'item d'alternance du TICM mesurant la flexibilité cognitive.

Concrètement, la présente étude a permis de mieux expliquer le phénomène de l'écoute de musique sur le fonctionnement exécutif chez les sujets universitaires et collégiaux. Par leur homogénéité en termes sociodémographiques, les groupes cliniques sont bien comparables l'un à l'autre, ce qui accroît la force des analyses. En contrepartie, cette homogénéité en ce qui a trait à l'âge et au niveau d'éducation réduit la généralisation possible. Il n'est pas impossible que les résultats de cette étude ne s'appliquent pas aussi fidèlement à des sujets enfants, âgés ou à des individus avec peu de scolarité. Effectivement, la présence de facteurs confondants comme la maturation

cérébrale, le fonctionnement intellectuel, l'écoute de différents styles musicaux ou un effet de cohorte sont à considérer. Il serait pertinent de reproduire un protocole similaire afin de vérifier ces hypothèses et d'explorer également si l'effet persiste avec d'autres tranches d'âge.

En plus des points d'amélioration proposés précédemment, d'autres pistes de recherche seraient envisageables à ce point-ci. Comme indiqué précédemment, les fonctions exécutives sont étroitement reliées les unes aux autres et sont également en interrelation avec les autres fonctions cognitives. Or, bien qu'une amélioration de la rapidité à la tâche d'inhibition soit observée, il n'est pas possible d'isoler le contrôle inhibiteur d'autres fonctions exécutives ou attentionnelles. Une prochaine étude profiterait de l'utilisation d'instruments de mesure pour les fonctions d'attention sélective, d'attention divisée, d'attention soutenue, d'inhibition, de flexibilité et de jugement, au minimum. Il serait ainsi possible de mieux comprendre comment la stimulation musicale d'arrière-plan agit sur ces fonctions.

Retombées

Les retombées concrètes de notre étude sont relativement limitées étant donné qu'il s'agit d'une recherche relativement fondamentale, peu appliquée. L'étude ne permet effectivement pas de clarifier précisément l'utilité de l'écoute de musique pendant une tâche comme l'étude ou le travail. Elle permet néanmoins de générer de nouvelles pistes de recherche qui permettront ultimement de statuer sur le sujet. Si les

futures études appliquées corroboraient les résultats positifs observés dans notre étude, cela paverait la voie à utiliser la musique d'arrière-plan dans la conception d'environnements favorables à l'apprentissage par les institutions. Cette utilisation de la musique pour favoriser l'inhibition sera éventuellement transposable à d'autres contextes, comme les environnements de travail, notamment pour les gens avec un déficit exécutif. L'atteinte de ces fonctions étant présente dans divers troubles, notamment les troubles neurocognitifs, les accidents vasculaires cérébraux, la dépression, le TDAH et la schizophrénie (American Psychiatric Association, 2015; Diamond, 2013; King et al., 2007), les clientèles pouvant profiter de l'écoute de musique lors des activités domestiques, professionnelles ou académiques sont diverses. Toutefois, rappelons que notre étude demeure dans le champ de la recherche fondamentale et que les effets observés doivent être interprétés dans le contexte des étudiants universitaires et pour les processus d'inhibition et de flexibilité, en tenant compte des sources de biais présentés précédemment.

De plus, l'étude amène des précisions quant à la difficulté d'application de la MBA à la stimulation musicale. Les résultats démontrent effectivement que le bruit blanc et la musique ne sont pas utilisables de façon interchangeable.

Conclusion

La présente étude avait pour objectifs de déterminer quelle est l'influence de l'écoute de la musique instrumentale, de silence ou de bruit blanc, sur les fonctions exécutives, plus précisément l'inhibition et la flexibilité cognitive chez la population de scolarité universitaire et de préciser comment la présence de ces environnements sonores influence la population avec et sans TDAH. Afin de répondre à ces objectifs, trois hypothèses de recherche ont été testées. La première hypothèse, qui était que l'écoute de bruit blanc et l'écoute de musique instrumentale auraient toutes deux un effet bénéfique sur l'inhibition et la flexibilité cognitive des sujets présentant un TDAH s'est avérée partiellement confirmée, les sujets TDAH ayant vu leur vitesse à la tâche d'inhibition améliorée par l'écoute de musique seulement. Inversement, leur nombre d'erreurs à la tâche de flexibilité s'approchait d'une tendance statistique, avec le bruit présentant moins d'erreurs que la musique. La deuxième hypothèse était que l'écoute de musique instrumentale et de bruit blanc n'aurait pas d'effet sur les fonctions exécutives chez le groupe contrôle a été infirmée. En effet, les sujets contrôles ont profité de l'écoute de musique en ce qui a trait à la vitesse à la tâche d'inhibition et le bruit blanc n'a pas occasionné de différence significative de performance. La troisième hypothèse était que la population neurotypique performerait globalement mieux que la population TDAH aux mesures d'inhibition et de flexibilité, ce qui n'a curieusement atteint que la tendance statistique lors des analyses et qui ne peut donc pas être confirmé.

Bien que certains éléments méthodologiques soient à améliorer dans une réplication future de l'étude, il demeure que les résultats ont permis de mettre en évidence la contribution de l'écoute de musique d'arrière-plan sur la rapidité d'exécution d'une tâche d'inhibition, possiblement via les émotions et la stimulation qu'elle induit, ce qui resterait à vérifier. Bien que les hypothèses soient basées sur la Moderate Brain Arousal Theory (Sikström & Söderlund, 2007), proposant qu'une stimulation auditive contribue au système dopaminergique, les résultats à la tâche d'inhibition s'avèrent mieux expliqués par l'*Arousal-Mood Theory* (Thompson et al., 2001), intégrant les émotions suscitées et la stimulation inhérentes à la musique.

L'utilisation d'une musique d'arrière-plan comme façon d'augmenter le fonctionnement exécutif de sujets normaux et comme stratégie compensatoire aux déficits exécutifs du TDAH) serait d'abord à répliquer avec un plus grand nombre de sujet et le contrôle de variables telles que, entre autres, la présence de médication psychostimulante, le fonctionnement cognitif des participants, la fatigue et le volume sonore. Elle pourrait par la suite mériter une étude appliquée dans un contexte scolaire visant à examiner l'effet sur le fonctionnement en contexte plus écologique. D'ailleurs, bien que notre compréhension des impacts de la musique soit toujours partielle à la suite de cette étude, l'adhésion d'une majorité des sujets de notre étude à l'écoute de musique d'arrière-plan, tel que recensé dans le questionnaire sociodémographique, peut laisser présumer une forme d'automédication par la musique qui mérite d'être investiguée encore plus en profondeur.

Références

- Abikoff, H., Courtney, M. E., Szeibel, P. J., & Koplewicz, H. S. (1996). The effects of auditory stimulation on the arithmetic performance of children with ADHD and nondisabled children. *Journal of learning disabilities*, 29(3), 238-246.
- Aguiar, L., & Martens, B. (2016). Digital music consumption on the internet: evidence from clickstream data. *Information Economics and Policy*, 34, 27-43.
- American Psychiatric Association. (2015). *DSM-5 : manuel diagnostique et statistique des troubles mentaux* (traduit par J.-D. Guelfi et M.-A. Crocq; 5^e éd.). Elsevier Masson.
- Audacity (R) [Logiciel informatique]. (2014). Repéré à www.audacity.en.softonic.com
- Baddeley, A. D., & Logie, R. H. (1999). Working memory: The multiple-component model. Dans A. Miyake & P. Shah (Éds.), *Models of working memory: Mechanisms of active maintenance and executive control* (pp. 28–61). Cambridge University Press.
- Baddeley, A. D. (2017). Exploring the central executive. Dans A. D. Baddeley (Éd) *Exploring Working Memory* (pp. 253-279). Routledge.
- Baijot, S., Slama, H., Söderlund, G., Dan, B., Deltenre, P., Colin, C., & Deconinck, N. (2016). Neuropsychological and neurophysiological benefits from white noise in children with and without ADHD. *Behavioral and Brain Functions*, 12(1), 11.
- Barkley, R. A. (1997). Behavioral inhibition, sustained attention, and executive functions: constructing a unifying theory of ADHD. *Psychological bulletin*, 121(1), 65-94.
- Bedoin, N., Marcastel, A., & Tillmann, B., (2016). Difficultés attentionnelles et traitement du langage : Propositions d'aide par la musique et remédiations informatisées. *Développements*, 18-19, 121-269.
- Blood, A. J., & Zatorre, R. J. (2001). Intensely pleasurable responses to music correlate with activity in brain regions implicated in reward and emotion. *Proceedings of the national academy of sciences*, 98(20), 11818-11823.

- Bonvicini, C., Faraone, S. V., & Scassellati, C. (2018). Common and specific genes and peripheral biomarkers in children and adults with attention-deficit/hyperactivity disorder. *The World Journal of Biological Psychiatry*, *19*(2), 80-100.
- Boyce, M. (2018, 24 octobre). Écouter de la musique au travail améliore la productivité. *Journal de Montréal*. Repéré à <https://www.journaldemontreal.com/2018/10/24/ecouter-de-la-musique-au-travail-ameliore-la-productivite>.
- Burkhard, A., Elmer, S., Kara, D., Brauchli, C., & Jäncke, L. (2018). The effect of background music on inhibitory functions: an ERP study. *Frontiers in human neuroscience*, *12*, 293.
- Cassidy, G., & MacDonald, R. A. (2007). The effect of background music and background noise on the task performance of introverts and extraverts. *Psychology of Music*, *35*(3), 517-537.
- Castellanos, F. X., Sonuga-Barke, E. J., Milham, M. P., & Tannock, R. (2006). Characterizing cognition in ADHD: beyond executive dysfunction. *Trends in cognitive sciences*, *10*(3), 117-123.
- Cloutier, A., Fernandez, N. B., Houde-Archambault, C., & Gosselin, N. (2020). Effect of background music on attentional control in older and young adults. *Frontiers in Psychology*, 2694.
- Cockrill, A., Sullivan, M., & Norbury, H. L. (2011). Music consumption: Lifestyle choice or addiction. *Journal of Retailing and Consumer Services*, *18*(2), 160-166.
- Corsi, P. (1972). *Memory and the medial temporal region of the brain*. (Thèse de doctorat inédite), Université McGill, Montréal, QC.
- Dankel, S. J., Mouser, J. G., Mattocks, K. T., Counts, B. R., Jessee, M. B., Buckner, S. L., ... & Loenneke, J. P. (2017). The widespread misuse of effect sizes. *Journal of Science and Medicine in Sport*, *20*(5), 446-450.
- Davies, D. R., Lang, L., & Shackleton, V. J. (1973). The effects of music and task difficulty on performance at a visual vigilance task. *British Journal of Psychology*, *64*(3), 383-389.
- Delis, D. C., Freeland, J., Kramer, J. H., & Kaplan, E. (1988). Integrating clinical assessment with cognitive neuroscience: construct validation of the California Verbal Learning Test. *Journal of consulting and clinical psychology*, *56*(1), 123.

- Delis, D. C., Kaplan, E., & Kramer, J. H. (2001). *Delis-Kaplan executive function system (D-KEFS)*. Psychological Corporation.
- Delis, D. C., Kramer, J. H., Kaplan, E., & Holdnack, J. (2004). Reliability and validity of the Delis-Kaplan Executive Function System: an update. *Journal of the International Neuropsychological Society, 10*(2), 301-303.
- Delis, D. C., Kramer, J. H., Kaplan, E. & Ober, B. A. (1987). *California verbal learning test*. Psychological Corporation.
- Diamond, A. (2013). Executive functions. *Annual review of psychology, 64*, 135-168.
- Emerson Quartet. (2003). *Bach | The Art of Fugue*. [CD]. Hambourg, Allemagne: Deutsche Grammophon.
- Eriksen, B. A., & 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.
- Eysenck, H. J. (1967). *The biological basis of personality* (Vol. 689). Transaction publishers.
- Fan, J., McCandliss, B. D., Sommer, T., Raz, A., & Posner, M. I. (2002). Testing the efficiency and independence of attentional networks. *Journal of cognitive neuroscience, 14*(3), 340-347.
- Faraone, S. V., Biederman, J., & Mick, E. (2006). The age-dependent decline of attention deficit hyperactivity disorder: a meta-analysis of follow-up studies. *Psychological medicine, 36*(2), 159-165.
- Fernandez, N. B., Trost, W. J., & Vuilleumier, P. (2019). Brain networks mediating the influence of background music on selective attention. *Social cognitive and affective neuroscience, 14*(12), 1441-1452.
- Furnham, A., & Bradley, A. (1997). Music while you work: The differential distraction of background music on the cognitive test performance of introverts and extraverts. *Applied Cognitive Psychology: The Official Journal of the Society for Applied Research in Memory and Cognition, 11*(5), 445-455.
- Hunter, P. G., & Schellenberg, E. G. (2010). Music and emotion. Dans M. R. Jones, R. R. Fay, & A. N. Popper (Éds.), *Music perception* (pp. 129–164). Springer Science + Business Media.

- Helps, S. K., Bamford, S., Sonuga-Barke, E. J., & Söderlund, G. B. (2014). Different effects of adding white noise on cognitive performance of sub-, normal and super-attentive school children. *PLoS One*, *9*(11), e112768.
- Henry, C., Mitropoulou, V., New, A. S., Koenigsberg, H. W., Silverman, J., & Siever, L. J. (2001). Affective instability and impulsivity in borderline personality and bipolar II disorders: similarities and differences. *Journal of psychiatric research*, *35*(6), 307-312.
- Jäncke, L., & Sandmann, P. (2010). Music listening while you learn: No influence of background music on verbal learning. *Behavioral and Brain Functions*, *6*(1), 1-14.
- Jones, B. E. (2003). Arousal systems. *Frontiers Bioscience*, *8*(5), 438-51.
- Kämpfe, J., Sedlmeier, P., & Renkewitz, F. (2010). The impact of background music on adult listeners: A meta-analysis. *Psychology of Music*, *39*(4), 424-448.
- Kazda, L., Bell, K., Thomas, R., McGeechan, K., Sims, R., & Barratt, A. (2021). Overdiagnosis of Attention-Deficit/Hyperactivity Disorder in Children and Adolescents: A Systematic Scoping Review. *JAMA network open*, *4*(4), e215335.
- Koelsch, S. (2011). Toward a neural basis of music perception—a review and updated model. *Frontiers in psychology*, *2*, 110.
- Konz, S., & Mcdougal, D. (1968). The effect of background music on the control activity of an automobile driver. *Human Factors*, *10*(3), 233-243.
- King, J. A., Colla, M., Brass, M., Heuser, I., & von Cramon, D. Y. (2007). Inefficient cognitive control in adult ADHD: evidence from trial-by-trial Stroop test and cued task switching performance. *Behavioral and Brain Functions*, *3*(1), 42.
- Li, F., He, N., Li, Y., Chen, L., Huang, X., Lui, S., ... & Gong, Q. (2014). Intrinsic brain abnormalities in attention deficit hyperactivity disorder: a resting-state functional MR imaging study. *Radiology*, *272*(2), 514-523.
- Luo, Y., Weibman, D., Halperin, J. M., & Li, X. (2019). A review of heterogeneity in attention deficit/hyperactivity disorder (ADHD). *Frontiers in human neuroscience*, *13*, 42.
- Mammarella, N., Fairfield, B., & Cornoldi, C. (2007). Does music enhance cognitive performance in healthy older adults? The Vivaldi effect. *Aging clinical and experimental research*, *19*(5), 394-399.

- McConnell, M. M., & Shore, D. I. (2011). Upbeat and happy: *Arousal* as an important factor in studying attention. *Cognition & emotion*, 25(7), 1184-1195.
- Metcalf, J., & Mischel, W. (1999). A hot/cool-system analysis of delay of gratification: dynamics of willpower. *Psychological review*, 106(1), 3.
- Mills, K. L., Bathula, D., Costa Dias, T. G., Iyer, S. P., Fenesy, M. C., Musser, E. D., ... & Fair, D. A. (2012). Altered cortico-striatal–thalamic connectivity in relation to spatial working memory capacity in children with ADHD. *Frontiers in psychiatry*, 3, 2.
- Miller, L. K., & Schyb, M. (1989). Facilitation and interference by background music. *Journal of Music Therapy*, 26(1), 42-54.
- Miller, E. K., & Cohen, J. D. (2001). An integrative theory of prefrontal cortex function. *Annual review of neuroscience*, 24(1), 167-202.
- Mirenowicz, J., & Schultz, W. (1996). Preferential activation of midbrain dopamine neurons by appetitive rather than aversive stimuli. *Nature*, 379(6564), 449-451.
- Moss, F., Ward, L. M., & Sannita, W. G. (2004). Stochastic resonance and sensory information processing: a tutorial and review of application. *Clinical neurophysiology*, 115(2), 267-281.
- Nemati, S., Akrami, H., Salehi, S., Esteky, H., & Moghimi, S. (2019). Lost in music: neural signature of pleasure and its role in modulating attentional resources. *Brain Research*, 1711, 7-15.
- Neumann, E., & Blanton, R. (1970). The early history of electrodermal research. *Psychophysiology*, 6(4), 453-475.
- Nigg, J. T. (2001). Is ADHD a disinhibitory disorder? *Psychological bulletin*, 127(5), 571-598.
- Nosek, B. A., & Banaji, M. R. (2001). The go/no-go association task. *Social cognition*, 19(6), 625-666.
- Patston, L. L., & Tippett, L. J. (2011). The effect of background music on cognitive performance in musicians and nonmusicians. *Music Perception*, 29(2), 173-183.
- Pearce, M., & Rohrmeier, M. (2012). Music cognition and the cognitive sciences. *Topics in cognitive science*, 4(4), 468-484.

- Peretz, I., Gosselin, N., Tillmann, B., Cuddy, L. L., Gagnon, B., Trimmer, C. G., ... & Bouchard, B. (2008). On-line identification of congenital amusia. *Music Perception: An Interdisciplinary Journal*, 25(4), 331-343.
- Perham, N., & Sykora, M. (2012). Disliked music can be better for performance than liked music. *Applied Cognitive Psychology*, 26(4), 550-555.
- Pool, M. M., Koolstra, C. M., & Voort, T. H. (2003). The impact of background radio and television on high school students' homework performance. *Journal of Communication*, 53(1), 74-87.
- Posner, M. I. (2008). Measuring alertness. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1129(1), 193-199.
- Roballey, T. C., McGreevy, C., Rongo, R. R., Schwantes, M. L., Steger, P.J., Winger, M. A., et al. (1985). The effect of music on eating behavior. *Bulletin of the Psychonomic Society*, 23, 221-222.
- Ruff, R. M., Evans, R. W., & Light, R. H. (1986). Automatic detection vs controlled search: a paper-and-pencil approach. *Perceptual and motor skills*, 62(2), 407-416.
- Salamé, P., & Baddeley, A. (1982). Disruption of short-term memory by unattended speech: Implications for the structure of working memory. *Journal of verbal learning and verbal behavior*, 21(2), 150-164.
- Salamé, P., & Baddeley, A. (1989). Effects of background music on phonological short-term memory. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 41(1), 107-122.
- Sanders, A. F. (1983). Towards a model of stress and human performance. *Acta psychologica*, 53(1), 61-97.
- Sergeant, J. (2000). The cognitive-energetic model: an empirical approach to attention-deficit hyperactivity disorder. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 24(1), 7-12.
- Sergeant, J. (2005). Modeling attention-deficit/hyperactivity disorder: a critical appraisal of the cognitive-energetic model. *Biological psychiatry*, 57(11), 1248-1255.
- Shaw, P., Sudre, G., Wharton, A., Weingart, D., Sharp, W., and Sarlls, J. (2015). White matter microstructure and the variable adult outcome of childhood attention deficit hyperactivity disorder. *Neuropsychopharmacology*, 40, 746-754.
- Sikström, S., & Söderlund, G. (2007). Stimulus-dependent dopamine release in attention-deficit/hyperactivity disorder. *Psychological review*, 114(4), 1047.

- Söderlund, G., Marklund, E., & Lacerda, F. (2009). Auditory white noise enhances cognitive performance under certain conditions: Examples from visuo-spatial working memory and dichotic listening tasks. Dans *The XXIIIth Swedish Phonetics Conference* (pp. 160-164). Fonetik 2009, Department of Linguistics, Stockholm University, Stockholm.
- Solanto, M. V. (2002). Dopamine dysfunction in AD/HD: integrating clinical and basic neuroscience research. *Behavioural brain research*, 130(1-2), 65-71.
- Sousou, S. D. (1997). Effects of melody and lyrics on mood and memory. *Perceptual and motor skills*, 85(1), 31-40.
- Stroop, J. R. (1935). Studies of interference in serial verbal reactions. *Journal of experimental psychology*, 18(6), 643.
- Stuss, D. T., & Benson, D. F. (1984). Neuropsychological studies of the frontal lobes. *Psychological bulletin*, 95(1), 3.
- Swanson, J., Schuck, S., Mann, M., Carlson, C., Hartman, K., Sergeant, J., & McCleary, R. (2006). Categorical and dimensional definitions and evaluations of symptoms of ADHD: The SNAP and SWAN rating scales. *University of California, Irvine*.
- Tellinghuisen, D. J., & Nowak, E. J. (2003). The inability to ignore auditory distractors as a function of visual task perceptual load. *Perception & psychophysics*, 65(5), 817-828.
- Thompson, R. G., Moulin, C. J. A., Hayre, S., & Jones, R. W. (2005). Music enhances category fluency in healthy older adults and Alzheimer's disease patients. *Experimental aging research*, 31(1), 91-99.
- Thompson, W. F., Schellenberg, E. G., & Husain, G. (2001). Arousal, mood, and the Mozart effect. *Psychological science*, 12(3), 248-251.
- Thompson, W. F., Schellenberg, E. G., & Letnic, A. K. (2012). Fast and loud background music disrupts reading comprehension. *Psychology of Music*, 40(6), 700-708.
- Uchida, M., Spencer, T. J., Faraone, S. V., & Biederman, J. (2018). Adult outcome of ADHD: an overview of results from the MGH longitudinal family studies of pediatrically and psychiatrically referred youth with and without ADHD of both sexes. *Journal of attention disorders*, 22(6), 523-534.
- Vuilleumier, P. (2005). How brains beware: neural mechanisms of emotional attention. *Trends in cognitive sciences*, 9(12), 585-594.

Xia, S., Li, X., Kimball, A. E., Kelly, M. S., Lesser, I., & Branch, C. (2012). Thalamic shape and connectivity abnormalities in children with attention-deficit/hyperactivity disorder. *Psychiatry Research: Neuroimaging*, 204(2-3), 161-167.

Certification éthique

*Cet essai doctoral a fait l'objet d'une certification éthique. Le numéro de certificat est
602.241.06*

Appendice A

Questionnaire sociodémographique

Questionnaire sociodémographique

Date :

de participant :

1. Quel est votre âge?

2. Quel est votre sexe ?
 - a. Homme
 - b. Femme
 - c. Autres (veuillez spécifier) _____
3. Quelle est votre langue maternelle ?
 - a. Français
 - b. Anglais
 - c. Autre
4. Êtes-vous bilingue (ou polyglotte)
 - a. Oui
 - b. Non
5. Avez-vous des diagnostics connus parmi les suivants ?
 - a. TDAH
 - b. Dyslexie
 - c. Dysorthographe
 - d. Dyscalculie
 - e. Trouble d'apprentissage en résolution de problème
 - f. Trouble du spectre de l'autisme
 - g. Dyspraxie
 - h. Aphasie/Dysphasie
 - i. Autre diagnostic de trouble développemental :

6. Quel est le plus haut niveau d'études que vous ayez complété?
 - a. CÉGEP
 - b. Certificat
 - c. Études universitaires de premier cycle - baccalauréat
 - d. Études universitaires de second cycle - Maitrise
 - e. Études universitaires de troisième cycle - Doctorat
 - f. Autre (veuillez préciser)

7. Quel est votre programme d'études actuel ?

- a. Précisez (si non, passez à la prochaine question)
- _____
8. Avez-vous un trouble auditif ou visuel connu ?
- Oui
 - Oui, mais corrigé (ex : lunettes, chirurgie, etc.)
 - Non
9. Avez-vous déjà suivi des cours de musique? Si oui, pendant combien de temps?
- Oui
 - Non
 - Combien d'années? _____
10. Vous dit-on que vous chantez mal?
- Oui
 - Non
11. Possédez-vous une formation professionnelle en musique?
- Oui
 - Non
 - Type de formation (CÉGEP, Université, Conservatoire...)
- _____
12. Pratiquez-vous des sports de contact?
- Oui
 - Non
 - Lesquels?
13. Avez-vous déjà reçu un diagnostic de commotion cérébrale?
- Oui
 - Combien? _____
 - Quand? _____
 - Non
14. Par semaine, combien de fois écoutez-vous de la musique en travaillant ou en étudiant?
- Jamais
 - 1-3 fois
 - 4-7 fois
 - 8 et plus
15. Qu'écoutez-vous en travaillant ou en étudiant
- Rien
 - Musique avec paroles
 - Musique sans paroles
 - Bruit blanc (white noise)
 - Autre : _____
16. Quel est votre type de musique préférée?

- a. Blue-grass
- b. Chanson française
- c. Classique
- d. Country
- e. Electro/ Dance
- f. Folk
- g. Funk
- h. Jazz/Jazz fusion
- i. Metal
- j. Musique traditionnelle
- k. Pop
- l. Punk-rock
- m. Rap/Hip hop
- n. Rock
- o. R&B
- p. Soul

17. Sur une échelle de 1 à 5, quelle est votre tolérance au bruit durant l'étude ou le travail, 1 étant extrêmement faible et 5 étant très bonne.

1 2 3 4 5

18. Où étudiez-vous principalement?

19. Où étudiez-vous le mieux?

20. Avez-vous l'habitude d'étudier avec la télévision ouverte?

- a. Oui
- b. Non