

Université de Montréal

**Effet du domaine d'expertise musicale sur les facultés de perception du  
rythme auditif**

par

Lauriane Beffa

**Département de psychologie, Faculté des Arts et des Sciences**

Mémoire

Présenté en vue de l'obtention du titre de Maître ès Sciences (M.Sc.)

Sous la direction d'Alexandre Lehmann

Septembre 2018

© Lauriane Beffa, 2018

## **Résumé**

Ce projet avait pour but d'investiguer l'influence de l'expertise musicale sur la perception du rythme, auprès d'une population sous-étudiée, à savoir les disc-jockeys (DJs). Il avait également pour but d'explorer l'existence potentielle du "tempo absolu", qui serait l'aptitude à reconnaître, à l'écoute d'un rythme, le BPM correspondant, sans références auditives préalables (de manière analogue à l'oreille absolue - perfect pitch- mais dans le domaine du rythme). Nous avons conçu un outil permettant d'examiner nos deux hypothèses. Nous avons comparé les performances des DJs à des groupes de percussionnistes, musiciens et non-musiciens dans une tâche comportementale de perception du rythme auditif. Nous avons évalué la perception du rythme auditif chez 40 participants en leur demandant d'écouter 36 extraits musicaux et d'évaluer leur tempo en nombre de battements par minute (BPM). Les différences de scores n'étaient pas statistiquement significatives entre les groupes des DJs, des percussionnistes et des musiciens. Cependant, les non-musiciens ont significativement moins bien performé que les trois autres groupes. Même si nous n'avons eu aucun cas de « tempo absolu », nous sommes confiants qu'avec de plus larges échantillons de population et une amélioration de notre outil, nous augmenterons nos chances d'en découvrir.

**Mots-clés : neurocognition, musique, perception, rythme, expertise**

## **Abstract.**

This project sought to investigate the influence of musical expertise on rhythmic perception in an under-studied expert population, namely professional disc-jockeys (DJs). It also explored the existence of the “perfect tempo”, which would be the ability to recognize the corresponding BPM of listened rhythms, without prior auditory references (analogous to absolute pitch, but in the realm of rhythm). We conceived a tool, which would allow investigating both our hypotheses. In our study, we compared DJs’ performances to matched groups of percussionists, musicians and non-musicians on a behavioral auditory rhythm perception task. In our sample of 40 participants, we assessed auditory rhythm perception by asking them to listen to 36 musical excerpts and rate their tempo in beats per minute (BPM). The score differences were not statistically significant across DJs, percussionists and musicians. However, non-musicians performed significantly worse than the three other groups. Even if we didn’t get any case of “perfect tempo” possessors, we are confident that with larger samples and improvement of our tool, we would improve our chances to discover some.

**Keywords: neurocognition, music, perception, rhythm, expertise**

# Table des matières

<b>Résumé</b> .....	ii
<b>Abstract</b> .....	iii
<b>Liste des figures</b> .....	v
<b>Liste des abréviations</b> .....	vii
<b>Remerciements</b> .....	viii
<b>Chapitre I : Introduction</b> .....	1
<i>Perception du rythme</i> .....	1
<i>Littérature scientifique et différence musiciens-non-musiciens</i> .....	2
<i>Expertise musicale et perception de la musique</i> .....	3
<i>Population sous étudiée : les Disc Jockeys</i> .....	4
<i>Oreille absolue</i> .....	5
<i>Tempo absolu</i> .....	6
<i>Objectif particulier et hypothèse</i> .....	6
<b>Chapitre II : Méthodologie</b> .....	7
<i>Participants</i> .....	7
<i>Déroulement de la recherche</i> .....	7
<i>Stimuli et tâche</i> .....	8
<b>Chapitre III : Résultats</b> .....	9
<b>Chapitre IV : Discussion</b> .....	12
<i>Effet du domaine d'expertise sur la perception du rythme</i> .....	12
<i>Absence de différences statistiquement significatives entres experts musicaux</i> .....	13
<i>Pas de cas de tempo absolu</i> .....	14
<i>Limites et futures directions</i> .....	14
<b>Conclusion</b> .....	15
<b>Références</b> .....	ix
<b>Annexe 1 : Questionnaire de renseignements personnels</b> .....	xii
<b>Figures</b> .....	xvi

## Liste des figures

*Figure 1.* Statistiques descriptives montrant la proportion d'hommes et de femmes ayant participé à l'étude.

*Figure 2.* Statistiques descriptives montrant la proportion des participants dans chaque groupe (DJs, percussionnistes, musiciens et non musiciens respectivement).

*Figure 3.* Histogramme montrant la proportion de participants ayant consommé de la drogue au cours des 24h précédent l'étude dans la catégorie DJs.

*Figure 4.* Histogramme montrant la proportion de participants ayant consommé de la drogue au cours des 24h précédent l'étude dans la catégorie percussionnistes.

*Figure 5.* Histogramme montrant la proportion de participants ayant consommé de la drogue au cours des 24h précédent l'étude dans la catégorie musiciens.

*Figure 6.* Histogramme montrant la proportion de participants ayant consommé de la drogue au cours des 24h précédent l'étude dans la catégorie non-musiciens.

*Figure 7.* Distribution des scores dans la catégorie DJs.

*Figure 8.* Distribution des scores dans la catégorie percussionnistes.

*Figure 9.* Distribution des scores dans la catégorie musiciens.

*Figure 10.* Distribution des scores dans la catégorie non-musiciens.

*Figure 11.* Box-plots des scores en fonction des catégories de participants.

*Figure 12.* Test d'égalité des variances de Levene.

*Figure 13.* Test de normalité de Kolmogorov-Smirnov.

*Figure 14.* Statistiques descriptives des moyennes des scores d'évaluation des BPMs en fonction de la catégorie du participant, partie 1.

*Figure 14a.* Statistiques descriptives des moyennes des scores d'évaluation des BPMs en fonction de la catégorie du participant, partie 2.

*Figure 15.* ANOVA : Moyenne des scores d'évaluation des BPMs par catégorie de participant.

*Figure 16.* ANOVA : Tests des effets intersujets.

*Figure 17.* Résultats des contrastes par différences.

*Figure 18.* Contrastes par différences : moyenne marginale estimée.

*Figure 19.* Résultats du test non-paramétrique Kruskal-Wallis.

*Figure 20.* Statistiques descriptives des moyennes du nombre d'années de pratique de l'instrument en fonction de la catégorie du participant, partie 1.

*Figure 20a.* Statistiques descriptives des moyennes du nombre d'années de pratique de l'instrument en fonction de la catégorie du participant, partie 2.

*Figure 21.* Statistiques descriptives des moyennes d'âge en fonction de la catégorie du participant, partie 1.

*Figure 21a.* Statistiques descriptives des moyennes d'âge en fonction de la catégorie du participant, partie 2.

## **Liste des abréviations**

DJ : Disc Jockeys

BPM : Battements par minutes

EEG : Electroencéphalographie

PE-ER (SS-EP) : Potentiels évoqués à l'état de repos

BAT : Beat Alignment Test (Test d'alignement au beat)

BRAMS : Laboratoire international de Recherche sur le Cerveau, la Musique et le Son

CRBLM : Centre de recherche sur le cerveau, le langage et la musique

CIRMMT : Centre de Recherche Interdisciplinaire en Musique, Médias et Technologie

## Remerciements

Je remercie chaleureusement mon directeur de recherche, Alexandre Lehmann, pour sa confiance, son suivi et ses maints encouragements, lorsque je rencontrais des difficultés. Il a su m'offrir son expertise et son écoute en toutes circonstances, et je lui en suis très reconnaissante.

Je voudrais également remercier Penelope Ortega pour son excellente aide technique (merci pour le design de la tâche que tu as magnifiquement traduit dans Matlab !) et son infaillible sourire. J'ai eu beaucoup de chance de travailler à son contact compétent et agréable.

Mille mercis à tous les membres du Brams qui m'ont aidé de près ou de loin, et m'ont toujours beaucoup fait rire !

Une mention spéciale à mon compagnon de Maitrise et de Vie, Hadrien Laforest, qui a su m'entourer de bienveillance, tendresse et soutien technologique sans faille. Sans toi, j'y aurais sans doute laissé quelques plumes.

Enfin, mon éternelle reconnaissance va à ma famille et ma sœur de cœur, qui ont su m'encourager par delà les océans, me faire rire quand je n'y parvenais plus et m'encourager dans ma multitude de passions et d'idées.

Un remerciement tout spécial à la Musique, qui m'a suivie depuis toute petite, a été mon rempart de toujours contre les difficultés que j'ai pu rencontrer dans ma vie. Merci pour les merveilleuses couleurs que tu as apporté dans ma vie. Stravinsky et ton Oiseau de feu, Rachmaninov et tes Rapsodies sur un thème de Paganini, Chopin et tes Nocturnes et Mazurkas, Mussorgsky et tes Tableaux d'une exposition, Verdi et tes opéras, Poulenc et tes Dialogues des Carmélites, Beirut, Coldplay et tant d'autres...

## Chapitre I : Introduction

### A. L'expertise des DJs leur permet-elle une performance différente des autres musiciens sur une tâche de rythme ?

#### *Perception du rythme*

Qu'il soit musicien ou non, l'être humain est capable de se synchroniser à un morceau de musique et de battre la mesure (Butler & Trainor, 2014; Grube et al., 2010 ; Grahn & Rowe, 2009 ; Krause et al., 2010). C'est ce que la littérature scientifique a pu démontrer au cours des dernières années, par le biais de divers tests de perception du rythme et de synchronisation à celui-ci, tel que le BAT, développé par John Iversen et Patel (2008). Ces tests ont permis de montrer que la perception de rythmes auditifs est une expérience multi sensorielle.

Pour comprendre l'essence de ce travail, il est important de définir ce qu'est le rythme. Selon Schaefer (2014), il faut différencier « la note qui est un son unique, du rythme ou patron rythmique, qui est une combinaison de durées générée par un groupement de sons ou de notes ». Le rythme fait partie d'un cadre temporel possédant des intervalles de temps espacés de façon égale, menant à un battement isochrone. Ce dernier est nommé *beat*, et c'est là-dessus que l'être humain peut aligner son mouvement. Le *beat* est donc nécessaire à la perception d'une métrique dans le rythme. Le tempo, quant à lui, est défini comme la « fréquence des beats » (Gratton et al., 2016), qui est mesurée grâce au ratio de beats/temps, c'est à dire les *beats per minute* (BPM).

Les tests de Iversen et al. (2008) ont donc montré que percevoir un rythme n'est pas uniquement affaire d'audition et de traitement du son. Le système moteur entre également en jeu. En effet, Bengtsson et al. (2009) ont découvert que l'écoute de rythmes activait les cortex pré-moteurs et moteurs. De plus, des tâches de perception et de production rythmiques

activent les mêmes aires cérébrales (Grahn & Brett, 2007). Les aires impliquées sont les ganglions de la base, le cervelet et les aires préfrontales (Butler & Trainor, 2014; Coull et al., 2010; Spencer et al., 2005; Wiener et al., 2010). De plus, des études en neuroimagerie ont montré que les aires cérébrales impliquées dans la perception d'un son (cortex auditif postérieur) interagissent avec les aires impliquées dans la production motrice (cortex prémoteur) (Phillips-Silver & Trainor, 2007), car elles ont des connexions neuronales privilégiées. Ces études montrent qu'il y a un lien étroit entre la production motrice et la perception rythmique. Par ailleurs, ces connexions inter-corticales fonctionnent dans les deux sens (Phillips-Silver & Trainor, 2007). La perception auditive modulerait la production rythmique et la production rythmique modulerait la perception auditive. En effet, Lappe et al. (2008, 2011) ont montré que l'apprentissage par synchronisation motrice facilite la perception de mélodies et de patrons rythmiques. D'autres auteurs ont également découvert ce lien fort tandis que de récentes études ont démontré l'influence que les mouvements ont sur la perception de rythmes musicaux (Phillips-Silver & Trainor, 2007). À l'inverse, les aires corticales motrices s'activent également lors de l'écoute de rythmes (Grahn & Brett, 2007, Chen et al., 2008). Ces résultats vont dans le sens d'un lien étroit que maintient et entretient le cerveau entre le cortex auditif et moteur lors du traitement du rythme. Ceci expliquerait pourquoi écouter un morceau donne envie à ses auditeurs de bouger en rythme (Bengtsson et al., 2009; Chen et al., 2010; Grahn & Brett, 2007) et pourquoi bouger en rythme permettrait de mieux percevoir la musique.

### *Littérature scientifique et différence musiciens-non-musiciens*

Ces dernières années, la grande majorité des études menées sur la perception de la musique et du rythme s'est surtout intéressée aux différences entre les musiciens classiques et les non-musiciens. Ces populations ont été énormément testées et comparées afin de comprendre le fonctionnement de la perception et de la synchronisation au rythme. Cela a été

fait sous forme de tâches comportementales, mais également en imagerie cérébrale, notamment en EEG (Aschersleben, 2002; Berkowitz & Ansari, 2010; Chen et al., 2008; Geiser et al., 2007; Grahn et Brett, 2007; Iversen & Patel, 2008; Krause et al., 2009; Krause et al., 2010; Nozaradan et al., 2012; Repp, 2010). Cependant, toutes ces études se contentent de comparer des musiciens classiques à des non-musiciens. Elles ont peu poussé la question de l'influence du domaine d'expertise musicale sur les facultés de perception du rythme.

### *Expertise musicale et perception de la musique*

La plupart de ces études a montré que la pratique musicale favoriserait le renforcement de ces connexions neuronales et augmenterait les performances (Aschersleben, 2002; Berkowitz & Ansari, 2010; Chen et al., 2008; Geiser et al., 2007; Grahn et Brett, 2007; Iversen & Patel, 2008; Krause et al., 2009; Krause et al., 2010; Nozaradan et al., 2012; Repp, 2010). En effet, diverses études ont démontré les avantages fonctionnels de l'entraînement musical sur des tâches rythmiques. Il semblerait que de l'entraînement musical découle une expérience auditive enrichie (Butler & Trainor, 2014). Cependant, au-delà des avantages fonctionnels globaux de l'entraînement musical, divers auteurs ont établi que les performances liées à une tâche sont en relation avec l'instrument joué (Elbert et al., 1995; Hinton & Rauscher, 2003). Cela signifie que pour une tâche de rythme, un percussionniste serait meilleur qu'un violoniste. En revanche, lorsqu'il s'agirait de détecter la hauteur d'une note, le violoniste serait plus performant que le percussionniste (Hinton & Rauscher, 2003). Il a été constaté que le cerveau développe une plasticité anatomique spécifique à l'instrument joué (Elbert et al., 1995). En effet, le développement des divers systèmes sous-jacents à la perception et à la production de la musique se fait de manière inégale et spécifique au domaine d'expertise de l'instrument joué.

### *Population sous étudiée : les Disc Jockeys*

Puisque le cerveau développe sa plasticité en fonction de l'expertise acquise, nous nous sommes intéressés aux DJs. Ceux-ci sont des experts sous-étudiés du rythme. La plupart des études ont choisi d'étudier les percussionnistes et ont négligé s'intéresser aux DJs. En effet, une seule étude (Butler & Trainor, 2014) s'est intéressée à eux. Celle-ci était constituée de deux volets expérimentaux. Le premier analysait le traitement du rythme chez les DJs en les comparant avec des percussionnistes dans des tâches de détection de déviation rythmique. Les résultats ont montré que les DJs sont aussi performants que les percussionnistes, ce qui les place sur le podium des experts du rythme. De plus, les deux groupes sont encore plus performants lorsqu'ils sont autorisés à bouger en rythme pendant l'écoute. Cette découverte corrobore l'explication stipulant que la motricité permet une meilleure perception du rythme (Bengtsson et al., 2009; Chen et al., 2010; Grahn & Brett, 2007). Dans le deuxième volet, Butler et Trainor (2014) ont découvert que les participants détectaient mieux les variations rythmiques lorsqu'ils avaient au préalable reçu une formation de DJing, par rapport aux participants n'en ayant pas reçu. Ces résultats montrent que l'expérience acquise par l'entraînement au DJing permettrait au cerveau de développer sa perception du rythme.

L'expertise musicale des DJs est très intéressante, puisque leur travail consiste à composer de la musique et à la diffuser lors de divers événements, mais également (et c'est là le domaine d'intérêt) à mélanger plusieurs morceaux. Malgré le fait que les DJs partagent certains domaines d'expertise rythmique, tels que la composition ou encore la synchronisation rythmique, ils développent des habiletés bien à eux. En effet, cette population d'experts effectue de manière fluide des tâches rythmiques de haute complexité, telles que le « beat matching », qui consiste à altérer le tempo d'un morceau pour le faire correspondre au tempo d'un autre morceau joué simultanément (Butler & Trainor, 2014). Cette dernière tâche requiert une excellente écoute rythmique et la capacité de détecter avec rapidité et précision

les différences rythmiques (tempo et beat) entre les morceaux à mixer pour en faire un troisième, ainsi que leur phase (le premier temps de chaque mesure, essentiel à une synchronisation optimale). Les diverses tâches rythmiques complexes effectuées par les DJ's requièrent un fin contrôle moteur pour se synchroniser au rythme de la musique jouée. En effet, Langois (1992) qualifie les DJ's d'artistes « capables de combiner différents morceaux de musique d'une manière inimaginable par les artistes qui les ont enregistré à l'origine ».

Il est intéressant de constater que les DJs ne suivent que très rarement une formation musicale formelle, comme l'ont remarqué Butler et Trainor (2014). Cependant, de par leur travail, il semblerait qu'ils développent une expertise musicale se différenciant de celle des percussionnistes. Ceci rend les DJs hautement intéressants à étudier, en particulier pour comparer leur expertise rythmique avec celle des percussionnistes.

## **B. Existe-t-il des individus capables de nommer avec précision le tempo d'un morceau ?**

### *Oreille absolue*

Une autre question nous a également interpellé. En effet, les recherches en neurocognition de la musique se sont beaucoup orientées sur la perception du « pitch ». Elles ont fait la découverte de l'oreille absolue, qui consiste en la faculté à détecter de façon absolue la fréquence d'un son, sans avoir besoin d'entendre une référence tonale au préalable (Zatorre et al., 1998). Les personnes ayant cette aptitude-là n'ont pas besoin de références quelconques : qu'elles soient en termes de référence préalable ou du timbre d'un instrument, si ces individus écoutent un son, ils seront capables d'en détecter la hauteur (Levitin, 2002, 2004). La littérature scientifique explique également que l'exposition à la musique ainsi que la pratique musicale dès le plus jeune âge sont des éléments essentiels au développement de l'oreille absolue (Levitin, 2002 ; Zatorre et al., 1998). On a pu constater qu'il y avait une

corrélation positive significative entre la pratique d'un instrument tonal et l'oreille absolue (Levitin, 2002 ; Zatorre et al., 1998). Cela signifie que l'expertise musicale influence les facultés de perception de la musique.

### *Tempo absolu*

Il est possible qu'une autre capacité du même type existe. Il s'agirait du « tempo absolu », qui permettrait de détecter avec précision une différence de tempo ainsi que de nommer un rythme précisément. Tout comme l'oreille absolue, cette faculté ne requerrait pas d'indice visuel, de référence auditive préalable ni de timbre particulier. Bien que la littérature scientifique n'ait jamais démontré son existence, les médias ont déjà fait part de cas ressemblant de façon troublante au tempo absolu.

Ce travail va analyser l'influence du domaine d'expertise musicale sur les facultés de perception du rythme, ainsi que vérifier la potentielle existence du « tempo absolu » et sa corrélation avec le domaine d'expertise musicale.

### *Objectif particulier et hypothèse*

En dépit d'un nombre conséquent d'études portant sur le lien entre expertise musicale et facultés de perception du rythme, cette étude est la première à notre connaissance à s'intéresser au groupe d'experts rythmiques que sont les DJs en comparant leurs performances à trois autres groupes : les percussionnistes, les musiciens et les non-musiciens.

Notre objectif premier était de mesurer les performances en terme de perception de tempo, et de les comparer entre ces quatre populations sous forme de tâche comportementale. Nous émettons l'hypothèse que les deux groupes d'experts du rythme (DJs et percussionnistes) performeront mieux que les deux autres groupes, et que les DJs surpasseront les percussionnistes.

Nous émettons également l'hypothèse qu'il existerait chez certains individus le

« tempo absolu ». Ce serait la faculté à reconnaître le tempo exact d'un rythme sans références auditives préalables.

## **Chapitre II : Méthodologie**

### *Participants*

Quarante participants (23 hommes,  $M = 29,3 \pm 8,4$ ) ont été recrutés grâce à des affiches, des annonces sur les réseaux sociaux et des courriels diffusés à McGill, à l'Université de Montréal, au Brams, au CRBLM et au CIRMMT. Un des critères de sélection était la fourchette d'âge, qui devait initialement se situer entre 18 et 35 ans. Cependant, au vu de la difficulté de trouver des DJs avec plus de 10 ans d'expérience en DJing autour de l'âge de 35 ans et moins, nous avons été dans l'obligation d'élargir notre fourchette d'âge, qui est désormais de 18 à 55 ans. Les non-musiciens devaient avoir moins de 3 ans de pratique musicale (Savion-Lemieux & Penhune, 2005). Les participants étant classés dans la catégorie « musiciens » pouvaient pratiquer n'importe quel instrument, excepté les percussions. Ces derniers étaient classés dans la catégorie « percussionnistes ». Les DJs (sans logiciel d'aide à la synchronisation des morceaux de musique, c'est-à-dire travaillant sur platine) devaient avoir au moins 10 ans de pratique, à raison de 6 heures par semaine minimum. Les musiciens et les percussionnistes devaient avoir au moins 10 ans de pratique musicale, à raison de 6 heures par semaine minimum. Aucun niveau de scolarité spécifique n'était requis. Les participants étaient répartis dans les quatre groupes respectifs grâce au questionnaire précédent l'expérience, qui permettait de les classer grâce au nombre d'années de pratique et le type d'instrument.

### *Déroulement de la recherche*

Avant de commencer l'expérience, les participants devaient remplir un formulaire et

un questionnaire. Le premier document présenté au participant était le formulaire de consentement convivial. Le deuxième document que le participant devait remplir était le « questionnaire de renseignements personnels », permettant de vérifier s'il correspondait aux critères de l'étude ainsi que quelques questions générales concernant l'éventuelle formation musicale antérieure du participant : nombre d'années d'étude de la musique, instrument joué, exposition à la musique, etc.

Ensuite, les participants étaient testés sur une tâche de détection de tempo (unité de mesure : BPMs = battements par minute). Ils étaient jugés sur la précision de leurs réponses à cette tâche. Cela permettait de déterminer leurs habiletés rythmiques, de vérifier s'il y avait un lien entre le domaine d'expertise musicale du participant et ses capacités de détection ainsi que la potentielle existence du « tempo absolu ».

Pour déterminer si un participant possédait le tempo absolu, celui-ci devait obtenir un score d'erreur équivalent à 2 ou moins à la fin de la tâche. Ce seuil a été établi arbitrairement, puisqu'aucune étude précédente n'a été faite à ce sujet. Le calcul du score BPM obtenu sera expliqué au chapitre *Stimuli et tâche*.

### *Stimuli et tâche*

Le participant était assis dans une cabine audio insonorisée, en face de l'ordinateur sur lequel était présentée la tâche. La tâche consistait à écouter des rythmes et à juger de leur tempo, grâce à l'unité de mesure BPM. Les stimuli consistaient en 36 rythmes métronomiques isochrones constitués d'un instrument « woodblock » présentés entre 80 et 160 BPM aléatoirement choisis par l'ordinateur, et présentés par le biais du logiciel Matlab. La durée des extraits, de 5 à 10 secondes, était également aléatoirement choisie par l'ordinateur. Ceci a été fait afin d'éviter que les participants ne se basent sur la durée des extraits pour en déduire leur beat, ce qui fausserait les résultats. Le son présenté pour chaque extrait était similaire à

celui d'un métronome, sans accompagnement musical. Après chaque extrait, le participant devait estimer le BPM. Il n'avait que 5 secondes pour répondre afin que sa réponse soit la plus spontanée possible. Le logiciel donnait ensuite le BPM réel après chacun des extraits. Puis, après le feedback, le logiciel demandait au participant de compter à rebours à haute voix à partir d'un chiffre aléatoirement choisi par l'ordinateur, compris entre 20 et 100. Nous avons choisi de faire faire cette tâche distractive aux participants afin d'éviter qu'ils ne se basent sur l'extrait précédent pour juger le suivant, ce qui fausserait les résultats. Les participants se voyaient offrir une pause tous les 9 extraits, afin de contrer un éventuel effet de fatigue. Avant de commencer, le participant avait droit à 4 essais de pratique pour se familiariser avec le fonctionnement de la tâche.

Le logiciel Matlab enregistrait la différence entre chaque estimation donnée par les participants et le BPM réel de chaque essai. Cette différence correspondait au score du participant pour chaque essai. La moyenne des différences constituait le score global du participant. Le logiciel ne prenait pas en compte les données aberrantes écrites par le participant, c'est-à-dire les nombres inférieurs à 80 et supérieurs à 160. L'erreur moyenne finale de chaque participant était ensuite transcrite dans SPSS et a servi à faire les statistiques décrites ci-dessous.

### **Chapitre III : Résultats**

L'échantillon était composé de 23 hommes, dont 10 étaient DJs, 5 percussionnistes, 5 musiciens et 3 non-musiciens, ainsi que 17 femmes, dont 0 étaient DJs, 2 étaient percussionnistes, 7 musiciennes et 8 non-musiciennes (cf. figure 1, annexe). En tout, la catégorie « DJs » comptait 10 personnes, la catégorie « percussionnistes » en comptait 7, la catégorie « musiciens » en comptait 12 et la catégorie « non-musiciens » en comptait 11 (cf. figure 2).

Les DJs avaient en moyenne 39 ans ( $M = 39.2$ ,  $SD = 2.43$ ), les percussionnistes 29 ans ( $M = 29.86$ ,  $SD = 2.88$ ), les musiciens 26 ans ( $M = 26.17$ ,  $SD = 1.39$ ) et les non-musiciens 23 ans ( $M = 23.73$ ,  $SD = 0.99$ ) (cf. figure 21 et figure 21a, annexe).

Les DJs avaient pratiqué le DJing en moyenne 19 ans ( $M = 19.60$ ,  $SD = 3.50$ ), les percussionnistes avaient pratiqué les percussions en moyenne 17 ans ( $M = 16.86$ ,  $SD = 1.94$ ), les musiciens avaient pratiqué leur instrument en moyenne 17 ans ( $M = 16.71$ ,  $SD = 1.49$ ) et les non-musiciens en moyenne 1 an ( $M = 0.95$ ,  $SD = 0.32$ ) (cf. figure 20 et figure 20a, annexe).

Aucun niveau de scolarité spécifique n'étant demandé, nous n'avons pas conduit d'analyse démographique à ce propos.

Concernant la tâche de détection de BPM, une ANOVA simple a été exécutée afin de voir le lien entre la précision (si le participant détecte au plus près quel est le BPM qui lui est présenté) et l'expertise musicale. Ceci afin de déterminer s'il y a un effet de l'expertise sur les capacités de perception du rythme auditif. Le facteur intra-groupes était la précision. Le facteur inter-groupes était le domaine d'expertise musical.

En ce qui concerne les conditions d'application de l'ANOVA, l'indépendance des observations a été respectée. Les échantillons sont considérés comme étant de tailles égales, puisqu'aucun groupe ne fait plus du double d'un autre (Tabachnick & Fidell, 1996). L'homogénéité des variances a été vérifiée par un test de Levene (cf. figure 12, annexe). Ici, le test est non significatif, donc les variances sont homogènes,  $F(3, 36) = .41$ ,  $p > .05$ .

La normalité des variables a été vérifiée par les box-plots et le test de Kolmogorov-Smirnov. D'après le test de Kolmogorov-Smirnov, tous les groupes sauf celui des DJs présentaient une normalité acceptable (cf. figure 13, annexe). La distribution des scores des DJs était significativement éloignée d'une distribution normale,  $D(10) = 0,28$ ,  $p < .05$ . La plupart des box-plots montraient une médiane décentrée et des moustaches inégales, ce qui

démontre une distribution anormale.

Comme toutes les conditions d'application de l'ANOVA n'étaient pas respectées et que l'ANOVA a tendance à être robuste, nous avons décidé de conduire le test non-paramétrique Kruskal-Wallis, afin de valider les résultats de l'ANOVA simple (cf figure 19, annexe).

En ce qui concerne les résultats de l'ANOVA simple, les DJs, les percussionnistes, les musiciens et les non-musiciens varient quant à leur score moyen de perception des BPMs (cf. figure 14, figure 14a, figure 15 et figure 16, annexe) . Les percussionnistes ( $M = 6.12$ ,  $SE = .96$ ), les DJs ( $M = 7.12$ ,  $SE = .80$ ) et les musiciens ( $M = 7.17$ ,  $SE = .73$ ) ont obtenu une moyenne d'estimation de BPMs plus précis que les non-musiciens ( $M = 10.14$ ,  $SE = .76$ ),  $F(3,36) = 4.64$ ,  $p < .05$ ,  $r^2 = .28$ , et la différence est statistiquement significative. Comme les résultats de l'ANOVA montrent une différence significative de score, mais qu'il est impossible de dire où se situent exactement les différences entre les moyennes sur la base de ces résultats uniquement, nous avons défini des contrastes *a priori* (cf. figure 17 et figure 18, annexe). Les contrastes (méthode *Différence*) ont montré que les scores des DJs ( $M = 7.12$ ,  $SE = .80$ ), des percussionnistes ( $M = 6.12$ ,  $SE = .96$ ) et des musiciens ( $M = 7.17$ ,  $SE = .73$ ) ne sont pas significativement différents les uns des autres (cf. figure 17, annexe). Par contre, les scores des non-musiciens ( $M = 10.14$ ,  $SE = .76$ ) sont en moyenne significativement inférieurs aux trois autres groupes,  $p < .05$ , comme attendu (voir Figure 11). Un DJ ayant obtenu un résultat aberrant, nous avons décidé de l'exclure de nos analyses, afin d'éviter que les résultats de son groupe n'en pâtissent.

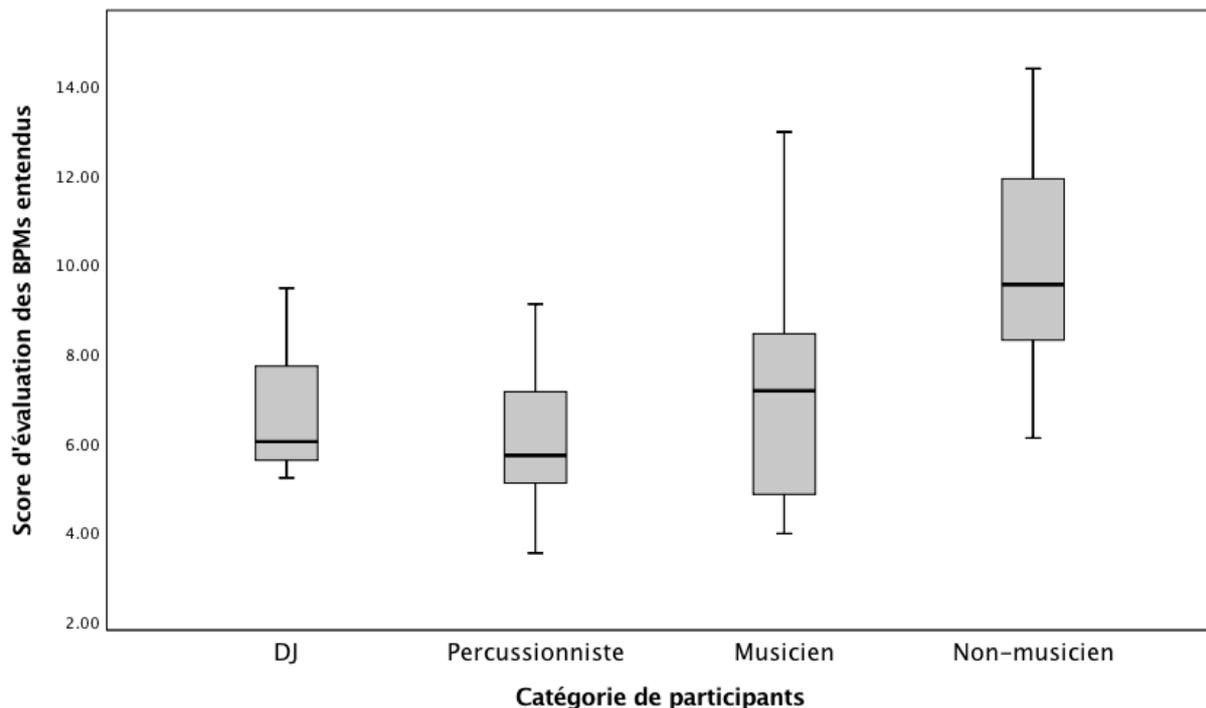


Figure 11. Box-plots des scores de BPMs en fonction des catégories de participants.

En ce qui concerne les résultats du test non-paramétrique Kruskal-Wallis, ils ont bel et bien validé ceux de l'ANOVA : le domaine d'expertise influence la perception du BPM,  $H(3) = 11.57$ ,  $p < .05$ , bien que, comme le montrent les contrastes, il n'y ait une différence statistiquement significative qu'entre les trois groupes (DJs, percussionnistes, musiciens) confondus et les non-musiciens.

Nous n'avons pas conduit d'analyse concernant le « tempo absolu », puisque nous avons constaté qu'aucun participant de notre échantillon ne correspondait aux critères pour le posséder.

## Chapitre IV : Discussion

### *Effet du domaine d'expertise sur la perception du rythme*

Le but de cette recherche était d'évaluer l'effet du domaine d'expertise musicale sur la perception du rythme auditif, ainsi que de déterminer l'existence du tempo absolu. L'étude était de type comportementale.

Pour ce faire, nous avons comparé quatre populations sur des tâches de perception de rythme auditif. Les quatre groupes étaient composés respectivement de non-musiciens, musiciens tonaux (excluant de ce groupe les percussionnistes), percussionnistes et enfin, de DJ's, ces derniers étant l'une des originalités de ce travail. En effet, une seule étude (Butler & Trainor, 2014) s'est auparavant intéressée à cette population ayant développé des habiletés bien spécifiques dans le traitement du rythme.

Les résultats de notre étude étaient intéressants : les trois groupes d'experts musicaux (à savoir les DJs, les percussionnistes et les musiciens tonaux) ont mieux performé que les non-musiciens. Même si les résultats étaient non significatifs concernant les performances potentiellement supérieures des DJs par rapport aux trois autres groupes, le résultat obtenu va dans le sens des études antérieures à ce sujet, stipulant que l'entraînement musical influe sur les capacités de perception du rythme, tel qu'expliqué dans le chapitre Introduction.

#### *Absence de différences statistiquement significatives entre experts musicaux*

Il est également intéressant de mettre en exergue un point nouveau et intéressant : le fait qu'il n'y ait pas de différence statistiquement significative entre les DJs, les percussionnistes et les musiciens en terme de perception du tempo. Cela montre que les DJs sont aussi bons que les deux autres groupes malgré leur entraînement et leur expertise musicale différente. Malgré leur formation musicale vraiment différente de celle suivie par un instrumentiste, ils ont développé des habiletés rythmiques aussi précises que celles des percussionnistes et musiciens. Leur expertise musicale se distingue de celle des autres, du fait qu'ils ne l'acquièrent pas par le biais d'une formation musicale formelle et ne la développent pas par un entraînement moteur complexe, tel que celui d'un pianiste, par exemple. Il serait de haut intérêt de continuer à étudier cette population afin de comprendre l'origine du développement de leurs habiletés de perception rythmique.

### *Pas de cas de tempo absolu*

Malgré le fait qu'aucun sujet n'ait montré d'aptitude de « tempo absolu », cette idée n'est pas à mettre aux oubliettes. Tel que stipulé précédemment, nous n'avons eu que 40 sujets pour conduire nos analyses. Ce nombre n'est pas suffisant pour faire une généralisation de la population et décréter que le « tempo absolu » est une faculté inexistante. L'outil mis en place dans cette étude afin de trouver des cas de personnes possédant le « tempo absolu » est également à perfectionner. Comme décrit précédemment, il pourrait être judicieux d'y ajouter une partie similaire à celle existante, mais surimposée à des mélodies, ainsi d'ajouter une tâche active, telle que le BAT (Iversen & Patel, 2008). Il serait également intéressant de combiner cet outil avec le BAASTA (Dalla Bella et al., 2017). En effet, son outil permet de toucher à une large palette d'habiletés rythmiques et permettrait de mieux comprendre le fonctionnement du « tempo absolu » et de ses origines.

### *Limites et futures directions*

Les résultats non significatifs entre les trois groupes d'experts musicaux pourraient être liés au fait que les échantillons sont de très petite taille. Il serait intéressant de conduire la même étude sur un plus grand groupe de gens et de les sélectionner selon des critères d'inclusion plus restrictifs, tels que la formation musicale professionnelle. En effet, certaines personnes de la catégorie « musiciens » n'avaient pas suivi de formation musicale professionnelle, bien qu'étant de très bons amateurs pratiquant très régulièrement leur instrument. Cette dichotomie pourrait expliquer le grand écart-type de ce groupe.

De même, comme il peut être constaté dans les statistiques descriptives de DJs, plus de la moitié de ceux-ci avaient consommé de la marijuana (ou d'autres drogues) la veille de l'étude (cf. figure 3, annexe). Le fait de les tester malgré la consommation récente de drogue était un choix volontaire et écologique, puisqu'il nous a semblé plus judicieux de les tester

dans un environnement au plus proche de leurs habitudes. Cependant, il pourrait être intéressant de reproduire l'étude en imposant la condition de ne pas consommer de drogues moins de 48h avant la passation de l'expérience, afin de voir s'il n'y a pas une potentielle amélioration de la concentration, et par là même, des performances. Cette restriction deviendrait encore plus judicieuse dans le cas où de la neuroimagerie serait incluse dans le projet.

Les DJs ayant moins bien scoré que prévu, il serait intéressant de conduire une étude vérifiant leurs performances en termes de perception de BPM dans un contexte musical (BPM surimposés à des mélodies). En effet, eux-mêmes ont verbalement rapporté avoir eu de la difficulté à déterminer la vitesse d'un extrait brut de BPMs, puisqu'ils avaient l'habitude d'y être exposés avec accompagnement musical.

De même, il serait vraiment intéressant d'essayer de comprendre les mécanismes cérébraux sous-jacents à leurs performances, grâce à des études EEG. Les études futures pourraient reprendre la méthodologie de la présente étude, tout en y ajoutant les modifications proposées. Par ailleurs, l'ajout d'une catégorie de spécialistes du rythme pourrait être également testée avec le même protocole : les danseurs. Eux-mêmes doivent effectuer des tâches de synchronisation corporelle au rythme. La comparaison de ces diverses populations expertes dans le domaine du rythme serait intéressante, notamment pour essayer de comprendre les mécanismes sous-jacents à cette expertise.

## **Conclusion**

En conclusion, cette étude, tout comme celle de Butler et Trainor (2014) montre que la littérature scientifique a de bonnes raisons de s'intéresser à la nouvelle population d'experts du rythme que sont les DJs. Leur expertise musicale toute particulière pourrait être une piste intéressante à suivre pour améliorer la compréhension que l'on a de la perception du rythme.

Également, l'étude de Butler et Trainor (2014) ainsi que la nôtre montre qu'un entraînement rythmique se fait bel et bien, même sans formation musicale formelle. Ces découvertes donnent également des pistes intéressantes d'entraînement cérébral pour les gens de milieux défavorisés, qui ne peuvent se permettre d'inscrire leur enfant à un cours de musique, mais qui souhaiteraient l'encourager à développer son cerveau. Ainsi, il serait possible d'élaborer des applications d'apprentissage rythmique, dans style similaire à « danse danse revolution », qui permettraient à l'individu y jouant d'améliorer sa perception du rythme.

## Références

- Aschersleben, G. (2002). Temporal control of movements in sensorimotor synchronization. *Brain and cognition*, 48(1), 66-79.
- Bengtsson, S. L., Ullén, F., Ehrsson, H. H., Hashimoto, T., Kito, T., Naito, E., ... & Sadato, N. (2009). Listening to rhythms activates motor and premotor cortices. *cortex*, 45(1), 62-71.
- Berkowitz, A. L., & Ansari, D. (2010). Expertise-related deactivation of the right temporoparietal junction during musical improvisation. *Neuroimage*, 49(1), 712-719.
- Butler, B. E., & Trainor, L. J. (2015). The musician redefined: a behavioral assessment of rhythm perception in professional club DJs. *Timing & Time Perception*, 3(1-2), 116-132.
- Buhusi, C. V., & Meck, W. H. (2005). What makes us tick? Functional and neural mechanisms of interval timing. *Nature Reviews Neuroscience*, 6(10), 755-765.
- Chen, J. L., Penhune, V. B., & Zatorre, R. J. (2008). Listening to musical rhythms recruits motor regions of the brain. *Cerebral cortex*, 18(12), 2844-2854.
- Chen, J. L., Penhune, V. B., & Zatorre, R. J. (2008). Moving on time: brain network for auditory-motor synchronization is modulated by rhythm complexity and musical training. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 20(2), 226-239.
- Coull, J. T., Cheng, R. K., & Meck, W. H. (2011). Neuroanatomical and neurochemical substrates of timing. *Neuropsychopharmacology*, 36(1), 3-25.
- Elbert, T., Pantev, C., Wienbruch, C., Rockstroh, B., & Taub, E. (1995). Increased cortical representation of the fingers of the left hand in string players. *Science*, 270(5234), 305.
- Geiser, E., Ziegler, E., Jancke, L., & Meyer, M. (2009). Early electrophysiological correlates of meter and rhythm processing in music perception. *Cortex*, 45(1), 93-102.
- Grahn, J. A., & Brett, M. (2007). Rhythm and beat perception in motor areas of the brain. *Journal of cognitive neuroscience*, 19(5), 893-906.
- Grahn, J. A., & Rowe, J. B. (2009). Feeling the beat: premotor and striatal interactions in musicians and nonmusicians during beat perception. *Journal of Neuroscience*, 29(23), 7540-7548.
- Gratton, I., Brandimonte, M. A., & Bruno, N. (2016). Absolute memory for tempo in musicians and non-musicians. *PloS one*, 11(10), e0163558

- Grube, M., Cooper, F. E., Chinnery, P. F., & Griffiths, T. D. (2010). Dissociation of duration-based and beat-based auditory timing in cerebellar degeneration. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, *107*(25), 11597-11601.
- Humes, L. E., Busey, T. A., Craig, J. C., & Kewley-Port, D. (2009). The effects of age on sensory thresholds and temporal gap detection in hearing, vision, and touch. *Attention, Perception, & Psychophysics*, *71*(4), 860-871.
- Iversen, J. R., & Patel, A. D. (2008). The Beat Alignment Test (BAT).
- Krause, V., Pollok, B., & Schnitzler, A. (2010). Perception in action: the impact of sensory information on sensorimotor synchronization in musicians and non-musicians. *Acta psychologica*, *133*(1), 28-37.
- Krause, V., Schnitzler, A., & Pollok, B. (2010). Functional network interactions during sensorimotor synchronization in musicians and non-musicians. *Neuroimage*, *52*(1), 245-251.
- Langlois, T. (1992). Can you feel it? DJs and House Music culture in the UK. *Popular music*, *11*(02), 229-238.
- Lappe, C., Herholz, S. C., Trainor, L. J., & Pantev, C. (2008). Cortical plasticity induced by short-term unimodal and multimodal musical training. *Journal of Neuroscience*, *28*(39), 9632-9639.
- Lappe, C., Trainor, L. J., Herholz, S. C., & Pantev, C. (2011). Cortical plasticity induced by short-term multimodal musical rhythm training. *PloS one*, *6*(6), e21493.
- Levitin, D. J. (2002). Memory for musical attributes. *Foundations of cognitive psychology: Core readings*, 295-310.
- Levitin, D. J. (2004). L'oreille absolue: autoréférencement et mémoire. *L'année psychologique*, *104*(1), 103-120.
- Lewis, P. A., & Miall, R. C. (2003). Distinct systems for automatic and cognitively controlled time measurement: evidence from neuroimaging. *Current opinion in neurobiology*, *13*(2), 250-255.
- Nozaradan, S., Peretz, I., & Mouraux, A. (2012). Selective neuronal entrainment to the beat and meter embedded in a musical rhythm. *Journal of Neuroscience*, *32*(49), 17572-17581.
- Purcell, D. W., John, S. M., Schneider, B. A., & Picton, T. W. (2004). Human temporal auditory acuity as assessed by envelope following responses. *The Journal of the Acoustical Society of America*, *116*(6), 3581-3593.
- Phillips-Silver, J., & Trainor, L. J. (2007). Hearing what the body feels: Auditory encoding of rhythmic movement. *Cognition*, *105*(3), 533-546.

- Rauscher, F. H., & Hinton, S. C. (2003). Type of music training selectively influences perceptual processing. *Proceedings of the European Society for the Cognitive Sciences of Music*.
- Repp, B. H. (2010). Sensorimotor synchronization and perception of timing: effects of music training and task experience. *Human movement science*, 29(2), 200-213.
- Repp, B. H., & Su, Y. H. (2013). Sensorimotor synchronization: a review of recent research (2006–2012). *Psychonomic bulletin & review*, 20(3), 403-452.
- Schaefer, R. S. (2014). Auditory rhythmic cueing in movement rehabilitation: findings and possible mechanisms. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 369(1658), 20130402.
- Spencer, R. M., Ivry, R. B., & Zelaznik, H. N. (2005). Role of the cerebellum in movements: control of timing or movement transitions?. *Experimental Brain Research*, 161(3), 383-396.
- Tabachnick, B.G. and Fidell, L.S. (1996) Using Multivariate Statistics. 3rd Edition, Harper Collins Publishers, New York.
- Wiener, M., Turkeltaub, P., & Coslett, H. B. (2010). The image of time: a voxel-wise meta-analysis. *Neuroimage*, 49(2), 1728-1740.
- Zatorre RJ, Chen JL, Penhune VB. 2007. When the brain plays music: auditory-motor interactions in music perception and production. *Nat. Rev. Neurosci.* 8, 547–558

## **Annexe 1 : Questionnaire de renseignements personnels**

## Fiche de renseignements personnels

Réservé au chercheur

Protocole : \_\_\_\_\_ # sujet : \_\_\_\_\_

Âge : \_\_\_\_\_ Sexe :  Homme  Femme

Date de naissance : \_\_\_\_\_

Profession : \_\_\_\_\_ Retraité(e) Oui  Non

Niveau de scolarité :  Secondaire  Cégep  DEP  Baccalauréat  Maîtrise  
 Doctorat  Autre, spécifiez : \_\_\_\_\_

Êtes-vous actuellement étudiant ? Si oui, dans quel programme et en quelle année ?

\_\_\_\_\_

Nombre d'années d'études : \_\_\_\_\_

(depuis la maternelle)

Langue Maternelle : \_\_\_\_\_ Ethnicité : \_\_\_\_\_

Dominance manuelle : Gauche forte  Gauche faible  Ambidextre  Droite faible  Droite forte

Œil dominant : \_\_\_\_\_

Votre vue est-elle parfaite? Oui Non

Si vous avez répondu **Non** à la question précédente, portez-vous vos lunettes ou vos verres de contact en ce moment? Oui Non N/A

Avez-vous une vision normale (incluant après correction, si c'est le cas)? Oui Non

Êtes-vous daltonien(ne)? Oui Non

Avez-vous un problème d'audition diagnostiqué? Oui Non

Si oui, précisez : \_\_\_\_\_

Dans le passé (ou présentement), avez-vous déjà souffert d'un trouble neurologique ou psychologique? (commotion cérébrale, accident vasculaire, infections, dépression, psychose, etc.) Oui Non

Si oui, lequel? \_\_\_\_\_

Avez-vous déjà subi des traumatismes crâniens? Oui Non

Si oui, détaillez : \_\_\_\_\_

Avez-vous déjà perdu conscience? Oui Non

Si oui, quand et pendant combien de temps? \_\_\_\_\_

Êtes-vous présentement sous médication? Oui Non

Si oui, laquelle? \_\_\_\_\_

Avez-vous déjà été sous médication psychoactive? Oui Non

Si oui, laquelle? \_\_\_\_\_

Dans les dernières 24 heures, avez-vous consommé de l'alcool ou de la drogue? Oui Non

Si oui, précisez : \_\_\_\_\_

Dans les 7 derniers jours, avez-vous consommé de la drogue?    Oui    Non  
Si oui, précisez : \_\_\_\_\_

Veillez indiquer toutes les langues que vous parlez couramment.

\_\_\_\_\_

Quel est votre pays de naissance? Si vous avez grandi dans un pays autre que votre pays de naissance, veuillez aussi l'indiquer.

\_\_\_\_\_

État de vigilance présentement : - 1 2 3 4 5 +                      Heures de sommeil \_\_\_\_\_

### Questionnaire sur la formation musicale

Êtes-vous musicien?  Oui  Non

Avez-vous suivi des cours de musique formels (instrument(s), voix)?  Oui  Non

Si oui, indiquez l'instrument : \_\_\_\_\_

Pendant combien d'années avez-vous pratiqué cet instrument? \_\_\_\_\_

Jouez-vous d'un instrument sans avoir suivi des cours formels?  Oui  Non

Si oui, indiquez l'instrument : \_\_\_\_\_

Pendant combien d'années avez-vous pratiqué cet instrument? \_\_\_\_\_

Avez-vous chanté dans un groupe de chant sans avoir suivi de cours formels (p.ex : chorale scolaire, chorale d'église, etc.)  Oui  Non

Si oui, indiquez le nombre d'années : \_\_\_\_\_

Avez-vous déjà suivi un enseignement théorique formel (solfège, dictée, harmonie)?  Oui  Non

Si oui, pendant combien d'années? \_\_\_\_\_

Avez-vous suivi des cours de mixage (DJ)?  Oui  Non

Si oui, indiquez le nombre d'années : \_\_\_\_\_

Combien d'heures par semaine écoutez-vous de la musique comme activité principale (en moyenne)?

---

Quelles sont vos aptitudes à lire la musique?

Nulle  Faibles  Moyennes  Bonnes  Parfaites

À quel point comprenez-vous et aimez-vous la musique?

Pas du tout  Un peu  Moyennement  Assez  Beaucoup

Avez-vous l'oreille absolue (parfaite) ? (L'oreille absolue est un phénomène assez rare qui consiste à pouvoir nommer correctement une note à sa simple écoute, sans aucun indice)

---

Avez-vous des difficultés particulières avec la musique?  Oui  Non

Si oui, lesquelles?

---

---

## Figures

**Tableau croisé sexe \* Catégorie de participants**

			Catégorie de participants				Total
			DJ	Percussionniste	Musicien	Non-musicien	
sexe	Homme	Effectif	10	5	5	3	23
		% dans sexe	43.5%	21.7%	21.7%	13.0%	100.0%
		% dans Catégorie de participants	100.0%	71.4%	41.7%	27.3%	57.5%
	Femme	Effectif	0	2	7	8	17
		% dans sexe	0.0%	11.8%	41.2%	47.1%	100.0%
		% dans Catégorie de participants	0.0%	28.6%	58.3%	72.7%	42.5%
Total	Effectif	10	7	12	11	40	
	% dans sexe	25.0%	17.5%	30.0%	27.5%	100.0%	
	% dans Catégorie de participants	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	

*Figure 1.* Statistiques descriptives montrant la proportion d'hommes et de femmes ayant participé à l'étude, selon la catégorie.

**Catégorie de participants**

		Fréquence	Pourcentage	Pourcentage valide	Pourcentage cumulé
Valide	DJ	10	25.0	25.0	25.0
	Percussionniste	7	17.5	17.5	42.5
	Musicien	12	30.0	30.0	72.5
	Non-musicien	11	27.5	27.5	100.0
	Total	40	100.0	100.0	

*Figure 2.* Statistiques descriptives montrant la proportion des participants dans chaque groupe (DJs, percussionnistes, musiciens et non musiciens respectivement).

## Histogramme

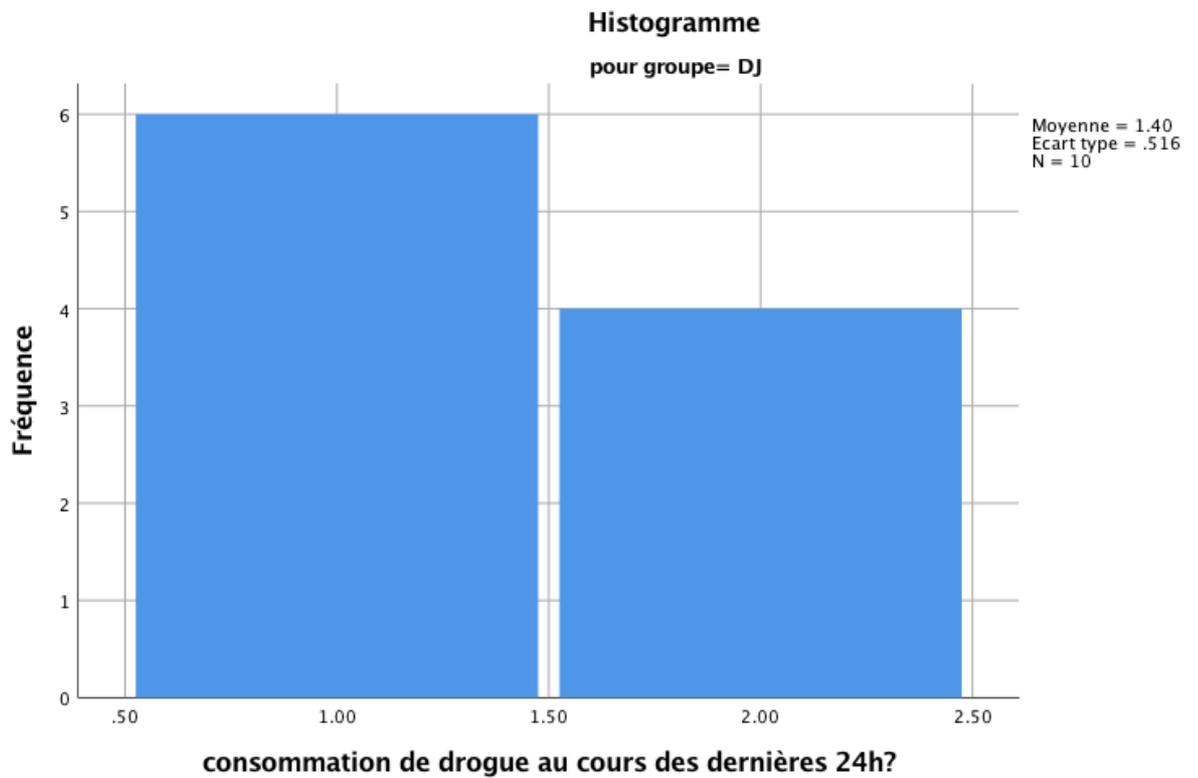


Figure 3. Histogramme montrant la proportion de participants ayant consommé de la drogue au cours des 24h précédant l'étude dans la catégorie DJs.

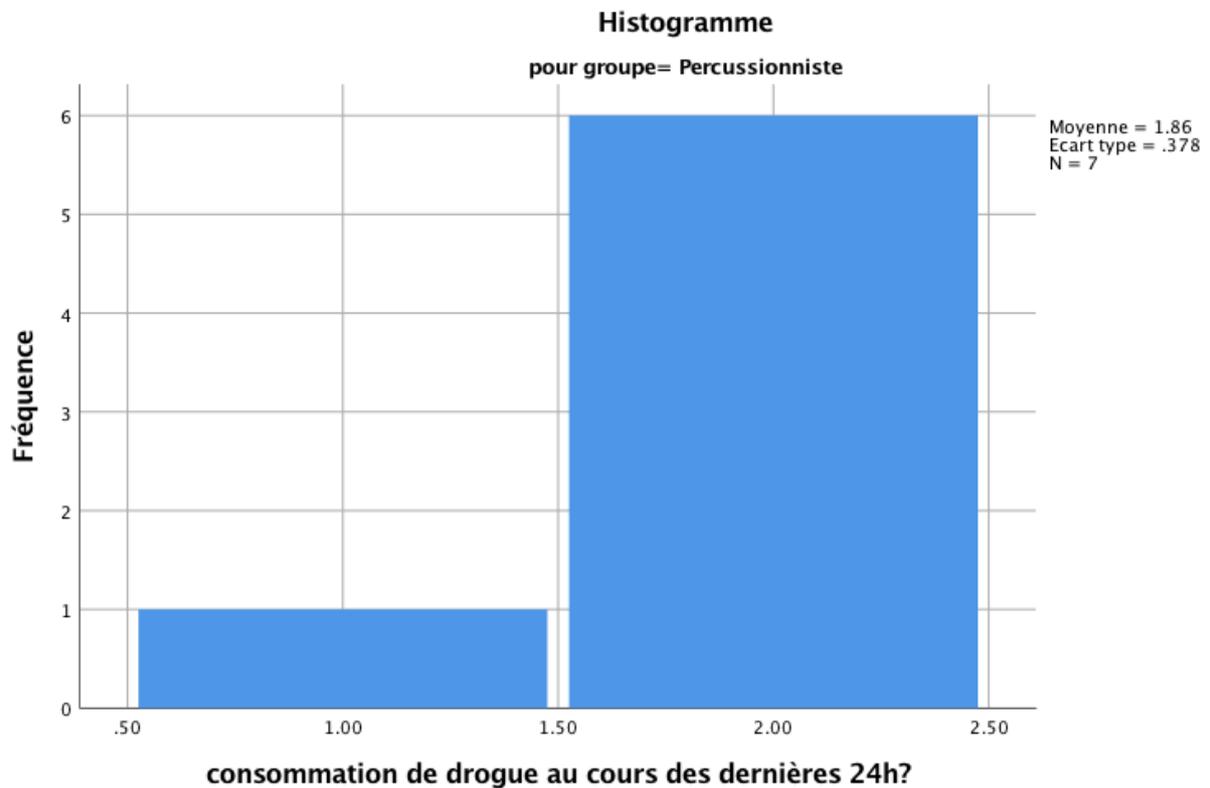


Figure 4. Histogramme montrant la proportion de participants ayant consommé de la drogue au cours des 24h précédant l'étude dans la catégorie percussionnistes.

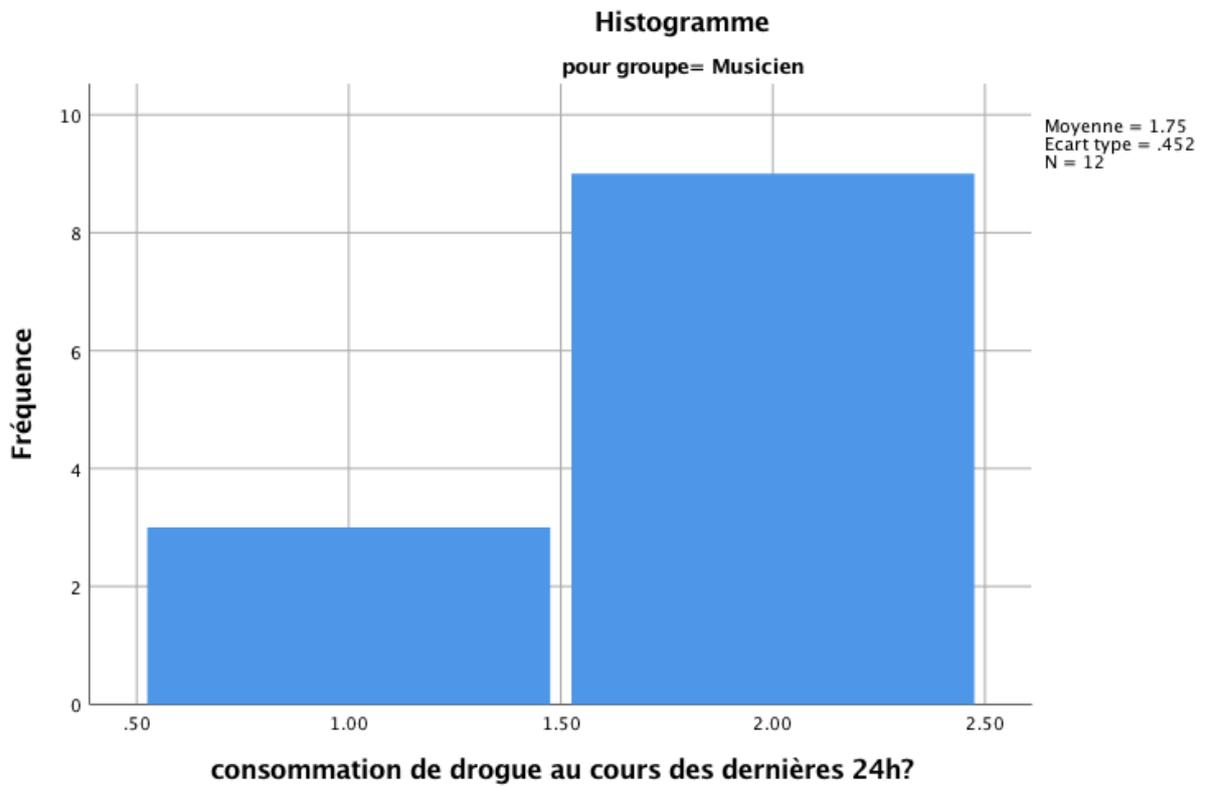


Figure 5. Histogramme montrant la proportion de participants ayant consommé de la drogue au cours des 24h précédant l'étude dans la catégorie musiciens.

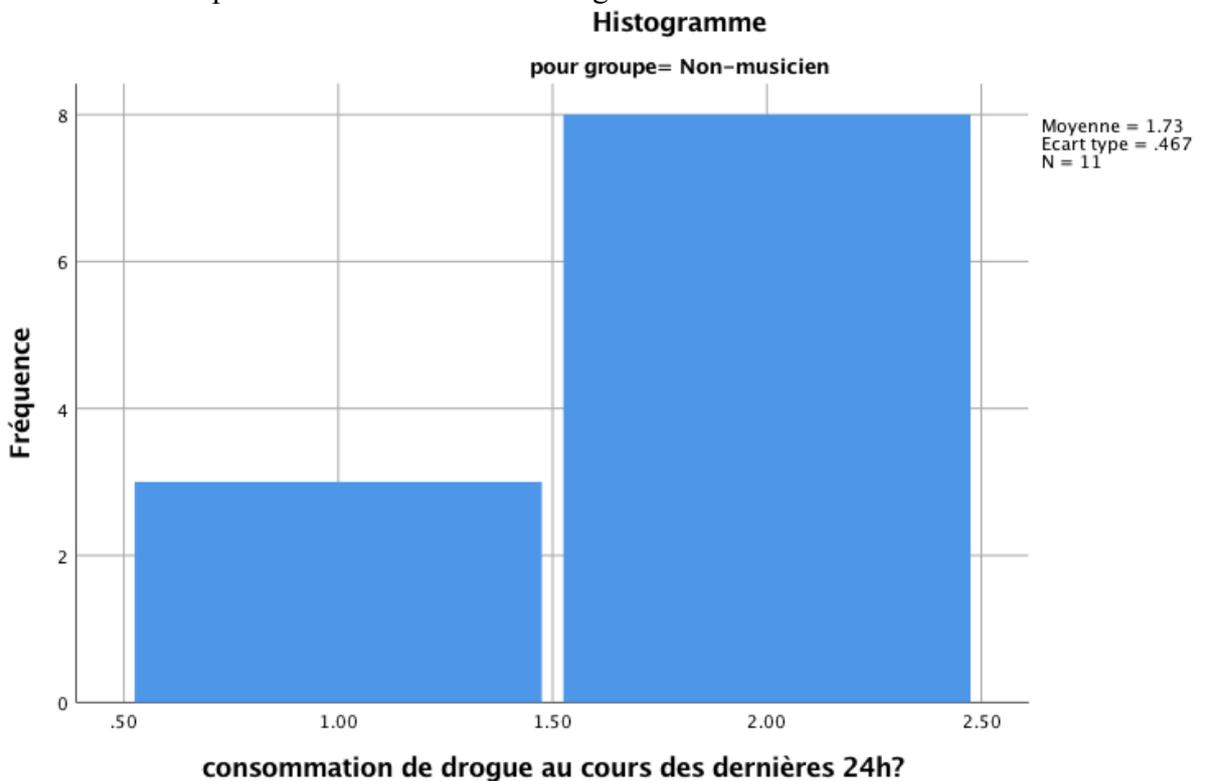


Figure 6. Histogramme montrant la proportion de participants ayant consommé de la drogue au cours des 24h précédent l'étude dans la catégorie non-musiciens.

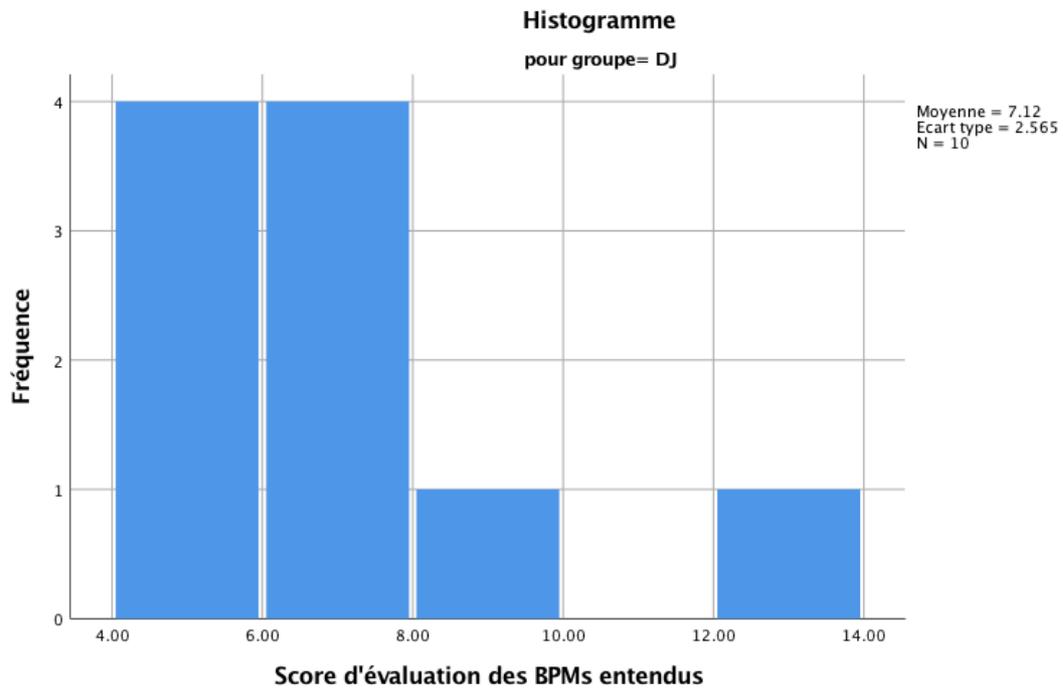


Figure 7. Distribution des scores dans la catégorie DJs.

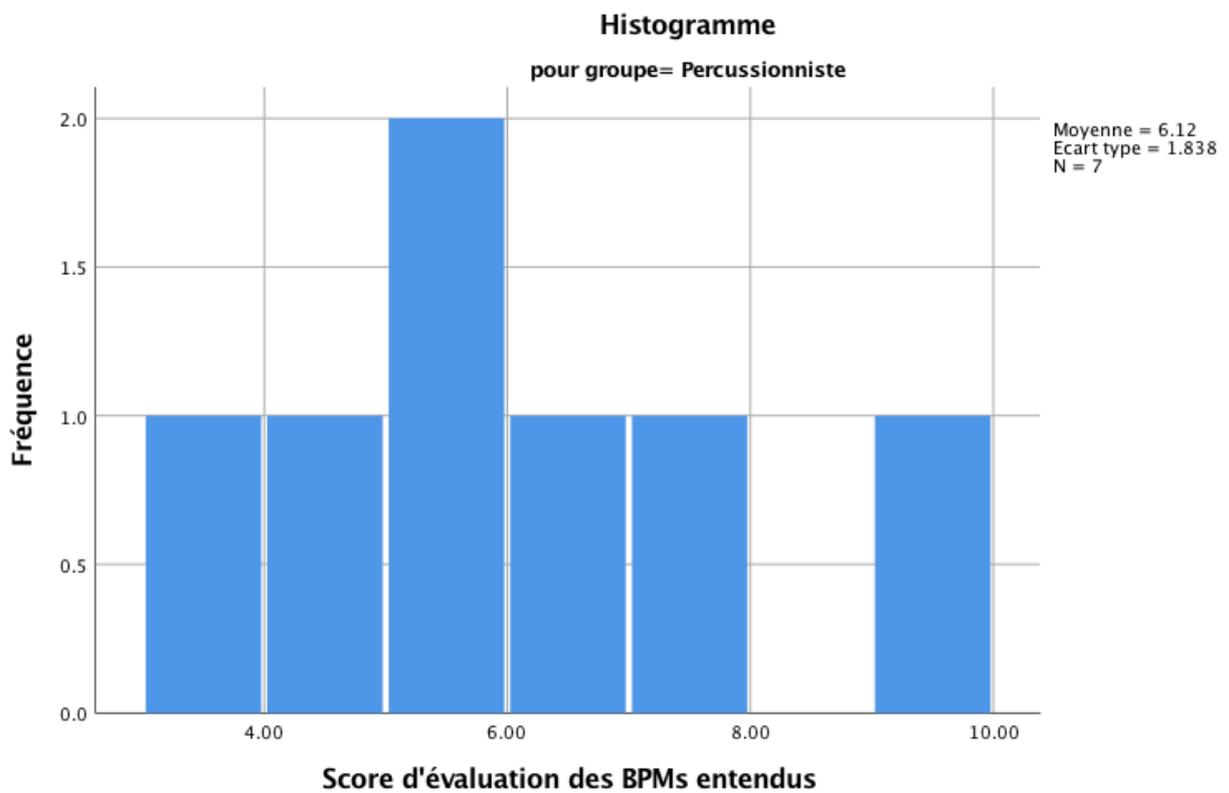


Figure 8. Distribution des scores dans la catégorie percussionnistes.

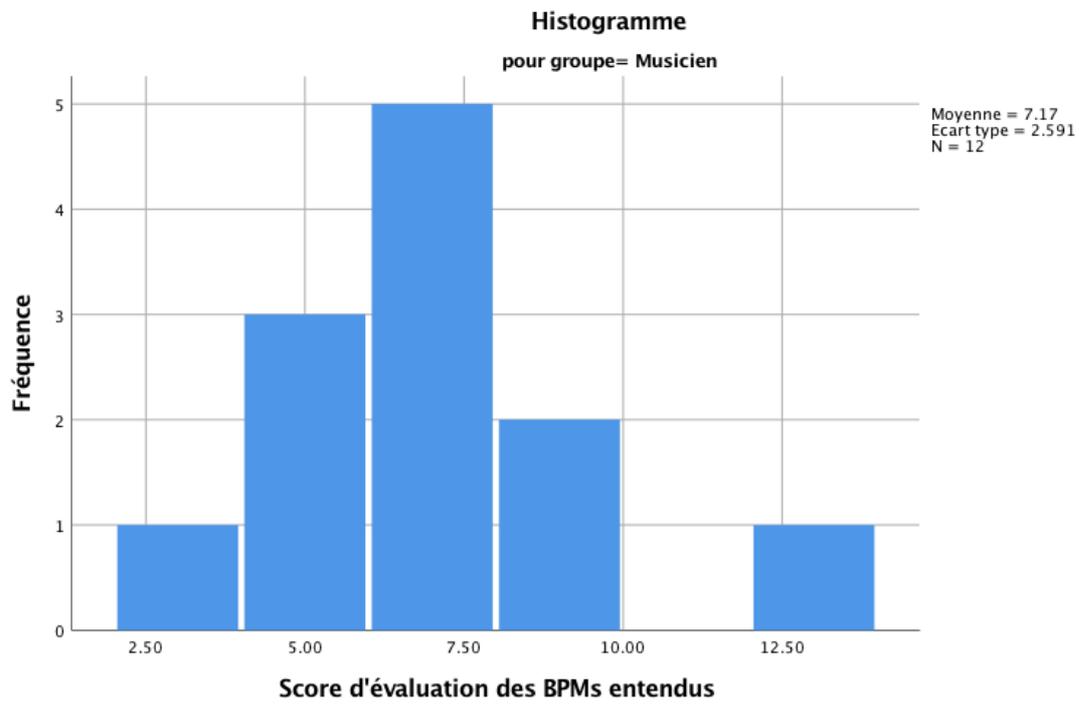


Figure 9. Distribution des scores dans la catégorie musiciens.

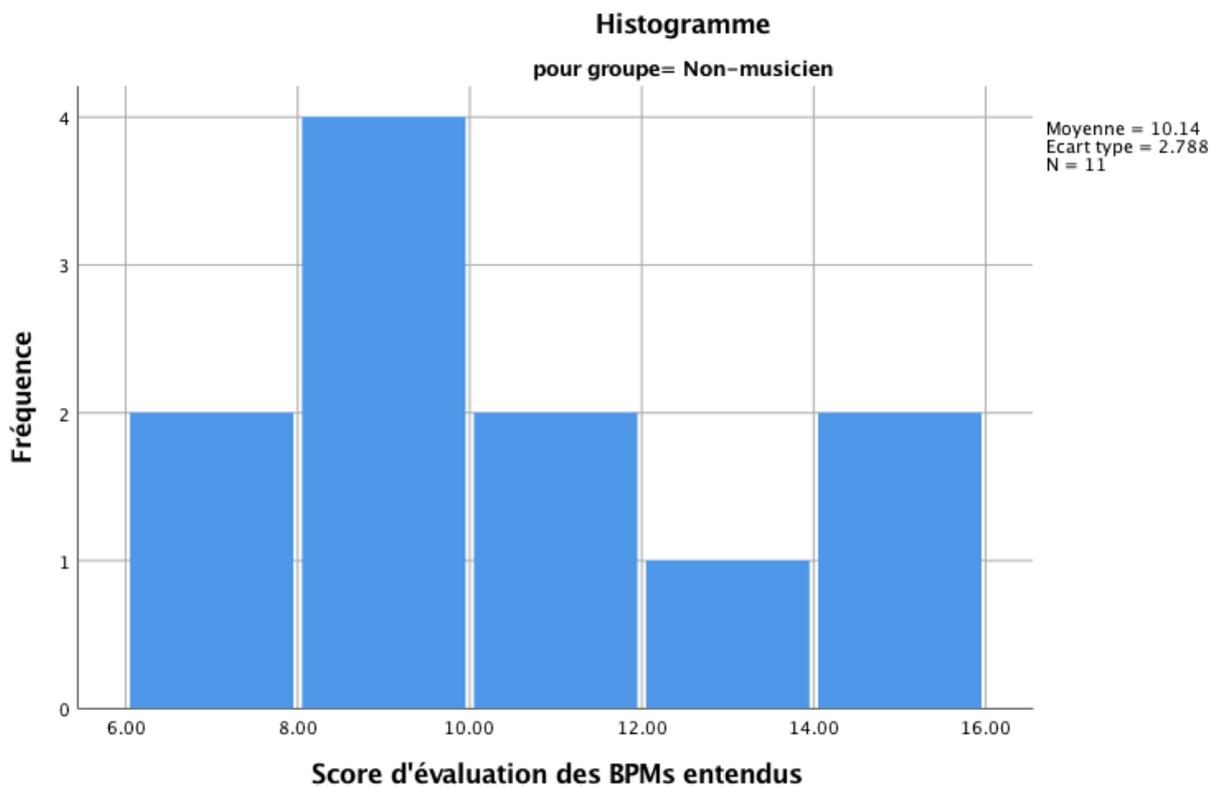


Figure 10. Distribution des scores dans la catégorie non-musiciens.

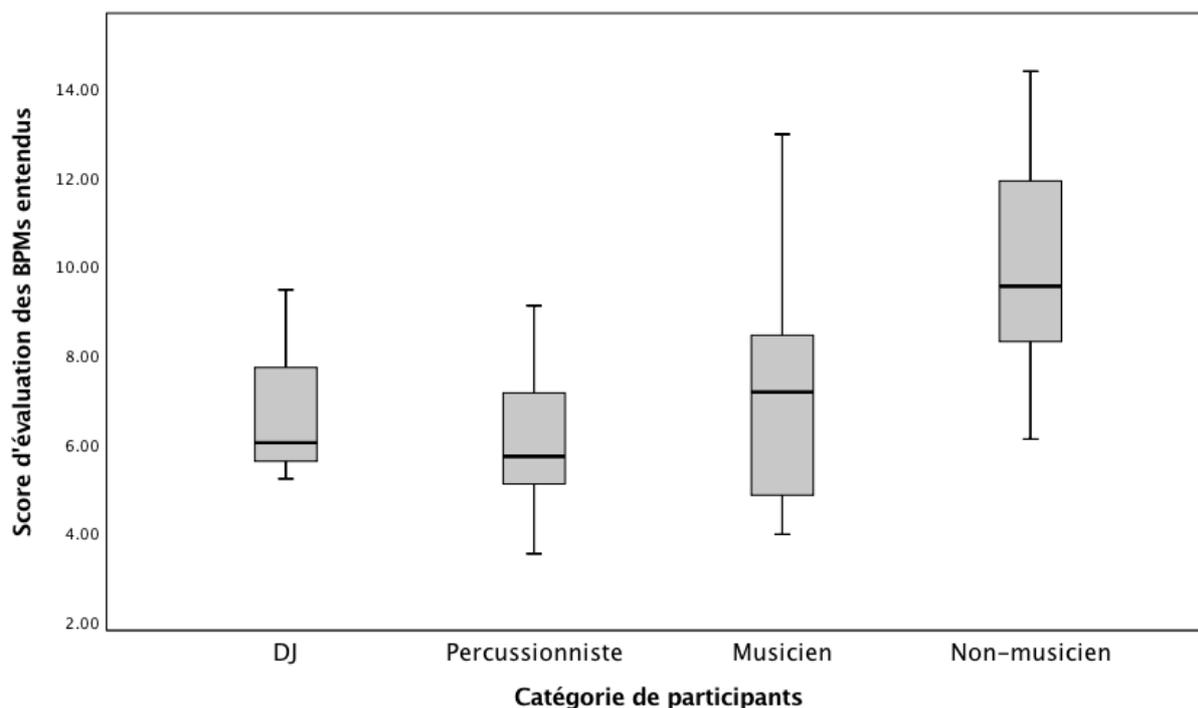


Figure 11. Box-plots des scores en fonction des catégories de participants.

### Test d'égalité des variances des erreurs de Levene<sup>a,b</sup>

		Statistique de Levene	ddl1	ddl2	Signification
Score d'évaluation des BPMs entendus	Basé sur la moyenne	.413	3	36	.745
	Basé sur la médiane	.386	3	36	.764
	Basé sur la médiane avec ddl ajusté	.386	3	30.908	.764
	Basé sur la moyenne tronquée	.419	3	36	.740

Teste l'hypothèse nulle selon laquelle la variance des erreurs de la variable dépendante est égale sur les différents groupes.

a. Variable dépendante : Score d'évaluation des BPMs entendus

b. Plan : Constante + groupe

Figure 12. Test d'égalité des variances de Levene.

### Tests de normalité

	Catégorie de participants	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
		Statistiques	ddl	Sig.	Statistiques	ddl	Sig.
Score d'évaluation des BPMs entendus	DJ	.274	10	.032	.742	10	.003
	Percussionniste	.158	7	.200*	.985	7	.981
	Musicien	.145	12	.200*	.923	12	.311
	Non-musicien	.129	11	.200*	.950	11	.649

\*. Il s'agit de la borne inférieure de la vraie signification.

a. Correction de signification de Lilliefors

Figure 13. Test de normalité de Kolmogorov-Smirnov.

## Descriptives

Score d'évaluation des BPMs entendus	Catégorie de participants		Statistiques	Erreur standard	
	DJ	Moyenne		7.1190	.81126
Intervalle de confiance à 95 % pour la moyenne		Borne inférieure	5.2838		
		Borne supérieure	8.9542		
Moyenne tronquée à 5 %			6.8744		
Médiane			6.0300		
Variance			6.581		
Ecart type			2.56544		
Minimum			5.22		
Maximum			13.42		
Plage			8.20		
Plage interquartile			2.62		
Asymétrie			1.990	.687	
Kurtosis			3.935	1.334	
Percussionniste		Moyenne		6.1229	.69466
		Intervalle de confiance à 95 % pour la moyenne	Borne inférieure	4.4231	
			Borne supérieure	7.8226	
		Moyenne tronquée à 5 %		6.1010	
	Médiane		5.7200		
	Variance		3.378		
	Ecart type		1.83789		
	Minimum		3.53		
	Maximum		9.11		
	Plage		5.58		
	Plage interquartile		2.55		
	Asymétrie		.355	.794	
	Kurtosis		-.046	1.587	

Figure 14. Statistiques descriptives des moyennes des scores d'évaluation des BPMs en fonction de la catégorie du participant, partie 1.

Musicien	Moyenne		7.1700	.74785	
	Intervalle de confiance à 95 % pour la moyenne	Borne inférieure	5.5240		
		Borne supérieure	8.8160		
	Moyenne tronquée à 5 %		7.0256		
	Médiane		7.1700		
	Variance		6.711		
	Ecart type		2.59062		
	Minimum		3.97		
	Maximum		12.97		
	Plage		9.00		
	Plage interquartile		4.17		
	Asymétrie		.763	.637	
	Kurtosis		1.000	1.232	
	Non-musicien	Moyenne		10.1418	.84073
		Intervalle de confiance à 95 % pour la moyenne	Borne inférieure	8.2686	
Borne supérieure			12.0151		
Moyenne tronquée à 5 %			10.1298		
Médiane			9.5500		
Variance			7.775		
Ecart type			2.78838		
Minimum			6.11		
Maximum			14.39		
Plage			8.28		
Plage interquartile			3.81		
Asymétrie			.213	.661	
Kurtosis			-.899	1.279	

Figure 14a. Statistiques descriptives des moyennes des scores d'évaluation des BPMs en fonction de la catégorie du participant, partie 2.

## Statistiques descriptives

Variable dépendante: Score d'évaluation des BPMs entendus

Catégorie de participants	Moyenne	Ecart type	N
DJ	7.1190	2.56544	10
Percussionniste	6.1229	1.83789	7
Musicien	7.1700	2.59062	12
Non-musicien	10.1418	2.78838	11
Total	7.7912	2.86664	40

Figure 15. ANOVA : Moyenne des scores d'évaluation des BPMs par catégorie de participant.

### Tests des effets intersujets

Variable dépendante: Score d'évaluation des BPMs entendus

Source	Somme des carrés de type III	ddl	Carré moyen	F	Signification	Eta-carré partiel
Modèle corrigé	89.412 <sup>a</sup>	3	29.804	4.643	.008	.279
Constante	2238.140	1	2238.140	348.687	.000	.906
groupe	89.412	3	29.804	4.643	.008	.279
Erreur	231.076	36	6.419			
Total	2748.631	40				
Total corrigé	320.488	39				

a. R-deux = .279 (R-deux ajusté = .219)

Figure 16. ANOVA : Tests des effets intersujets.

## Résultats du contraste (Matrice K)

Contraste de différence		Catégorie de participants	Variable dépendante Score d'évaluation des BPMs entendus
Niveau 2 et niveau 1	Estimation du contraste		-.996
	Valeur hypothétique		0
	Différence (estimation - hypothèse)		-.996
	Erreur standard		1.249
	Signification		.430
	Intervalle de confiance à 95 % pour la différence	Borne inférieure	-3.528
		Borne supérieure	1.536
Niveau 3 et antérieur	Estimation du contraste		.549
	Valeur hypothétique		0
	Différence (estimation - hypothèse)		.549
	Erreur standard		.962
	Signification		.572
	Intervalle de confiance à 95 % pour la différence	Borne inférieure	-1.401
		Borne supérieure	2.499
Niveau 4 et antérieur	Estimation du contraste		3.338
	Valeur hypothétique		0
	Différence (estimation - hypothèse)		3.338
	Erreur standard		.903
	Signification		.001
	Intervalle de confiance à 95 % pour la différence	Borne inférieure	1.506
		Borne supérieure	5.170

Figure 17. Résultats des contrastes par différences.

## Moyenne marginale estimée

### Catégorie de participants

Variable dépendante: Score d'évaluation des BPMs entendus

Catégorie de participants	Moyenne	Erreur standard	Intervalle de confiance à 95 %	
			Borne inférieure	Borne supérieure
DJ	7.119	.801	5.494	8.744
Percussionniste	6.123	.958	4.181	8.065
Musicien	7.170	.731	5.687	8.653
Non-musicien	10.142	.764	8.593	11.691

Figure 18. Contrastes par différences : moyenne marginale estimée.

### Tests statistiques<sup>a,b</sup>

	Score d'évaluation des BPMs entendus
H de Kruskal-Wallis	11.573
ddl	3
Sig. asymptotique	.009

a. Test de Kruskal Wallis

b. Variable de regroupement :  
Catégorie de participants

Figure 19. Résultats du test non-paramétrique Kruskal-Wallis.

nombre années de pratique de l'instrument suivi formellement	Catégorie de participants		Statistiques		Erreur standard	
	DJ					
	DJ	Moyenne		19.6000	3.49984	
		Intervalle de confiance à 95 % pour la moyenne	Borne inférieure	11.6828		
			Borne supérieure	27.5172		
		Moyenne tronquée à 5 %		19.0556		
		Médiane		17.5000		
		Variance		122.489		
		Ecart type		11.06747		
		Minimum		9.00		
		Maximum		40.00		
		Plage		31.00		
		Plage interquartile		13.25		
		Asymétrie		1.180	.687	
		Kurtosis		.297	1.334	
	Percussionniste	Moyenne		16.8571	1.94482	
		Intervalle de confiance à 95 % pour la moyenne	Borne inférieure	12.0983		
			Borne supérieure	21.6159		
		Moyenne tronquée à 5 %		16.6190		
		Médiane		16.0000		
		Variance		26.476		
		Ecart type		5.14550		
Minimum			11.00			
Maximum			27.00			
Plage			16.00			
Plage interquartile			5.00			
Asymétrie			1.338	.794		
Kurtosis			2.587	1.587		

Figure 20. Statistiques descriptives des moyennes du nombre d'années de pratique de l'instrument en fonction de la catégorie du participant, partie 1.

Musicien	Moyenne		16.7083	1.49299
	Intervalle de confiance à 95 % pour la moyenne	Borne inférieure	13.4223	
		Borne supérieure	19.9944	
	Moyenne tronquée à 5 %		16.4259	
	Médiane		15.5000	
	Variance		26.748	
	Ecart type		5.17186	
	Minimum		10.00	
	Maximum		28.50	
	Plage		18.50	
	Plage interquartile		7.50	
	Asymétrie		.922	.637
	Kurtosis		1.155	1.232
Non-musicien	Moyenne		.9545	.31948
	Intervalle de confiance à 95 % pour la moyenne	Borne inférieure	.2427	
		Borne supérieure	1.6664	
	Moyenne tronquée à 5 %		.8939	
	Médiane		1.0000	
	Variance		1.123	
	Ecart type		1.05959	
	Minimum		.00	
	Maximum		3.00	
	Plage		3.00	
	Plage interquartile		2.00	
	Asymétrie		.684	.661
	Kurtosis		-.657	1.279

Figure 20a. Statistiques descriptives des moyennes du nombre d'années de pratique de l'instrument en fonction de la catégorie du participant, partie 2.

Catégorie de participants		Statistiques		Erreur standard	
âge	DJ	Moyenne		39.2000	2.43036
		Intervalle de confiance à 95 % pour la moyenne	Borne inférieure	33.7021	
			Borne supérieure	44.6979	
		Moyenne tronquée à 5 %		39.0000	
		Médiane		37.5000	
		Variance		59.067	
		Ecart type		7.68548	
		Minimum		30.00	
		Maximum		52.00	
		Plage		22.00	
	Plage interquartile		13.50		
	Asymétrie		.773	.687	
	Kurtosis		-.696	1.334	
	Percussionniste	Moyenne		29.8571	2.88203
		Intervalle de confiance à 95 % pour la moyenne	Borne inférieure	22.8051	
			Borne supérieure	36.9092	
		Moyenne tronquée à 5 %		29.4524	
		Médiane		29.0000	
		Variance		58.143	
		Ecart type		7.62515	
Minimum			22.00		
Maximum			45.00		
Plage			23.00		
Plage interquartile		8.00			
Asymétrie		1.468	.794		
Kurtosis		2.552	1.587		

Figure 21. Statistiques descriptives des moyennes d'âge en fonction de la catégorie du participant, partie 1.

Musicien	Moyenne		26.1667	1.38626
	Intervalle de confiance à 95 % pour la moyenne	Borne inférieure	23.1155	
		Borne supérieure	29.2178	
	Moyenne tronquée à 5 %		26.1296	
	Médiane		25.0000	
	Variance		23.061	
	Ecart type		4.80215	
	Minimum		20.00	
	Maximum		33.00	
	Plage		13.00	
	Plage interquartile		9.25	
	Asymétrie		.303	.637
	Kurtosis		-1.350	1.232
	Non-musicien	Moyenne		23.7273
Intervalle de confiance à 95 % pour la moyenne		Borne inférieure	21.5176	
		Borne supérieure	25.9369	
Moyenne tronquée à 5 %			23.6970	
Médiane			22.0000	
Variance			10.818	
Ecart type			3.28910	
Minimum			20.00	
Maximum			28.00	
Plage			8.00	
Plage interquartile			6.00	
Asymétrie			.253	.661
Kurtosis			-1.953	1.279

*Figure 21a.* Statistiques descriptives des moyennes d'âge en fonction de la catégorie du participant, partie 2.