



Déméter
6 | 2021
Objets de scène

La musique fait tourner le monde : l'impact de la pratique musicale sur les fonctions cognitives non associées à la musique – Une revue

Sarah Benz, Roberta Sellaro, Bernhard Hommel, Lorenza S. Colzato

Édition électronique

URL : <https://demeter.univ-lille.fr/>

ISSN : 1638-556X

Référence électronique

Sarah Benz, Roberta Sellaro, Bernhard Hommel, Lorenza S. Colzato, « La musique fait tourner le monde : l'impact de la pratique musicale sur les fonctions cognitives non associées à la musique – Une revue », *Déméter. Théories & pratiques artistiques contemporaines* [En ligne], # 6 | 2021, mis en ligne le 01 juillet 2021. URL : <https://demeter.univ-lille.fr/>, date de consultation.



Université de Lille
Centre d'Études des Arts Contemporains, EA 3587

Ce document a été généré le 01 juillet 2021.



La revue Déméter est mise à disposition selon les termes de la Licence Creative Commons Attribution Pas d'Utilisation Commerciale 4.0 International.



La musique fait tourner le monde : l'impact de la pratique musicale sur les fonctions cognitives non associées à la musique – Une revue

Sarah Benz, Roberta Sellaro, Bernhard Hommel, Lorenza S. Colzato

Résumé :

La pratique musicale devient un sujet de plus en plus populaire dans la recherche scientifique. Ici nous proposons une revue des études existantes qui se demandent si, et à quel degré, l'expérience musicale affecte des fonctions cognitives autres que celles communément associées à la musique. En général, il semble que la pratique musicale soit associée à des effets bénéfiques, parfois restreints au seul domaine de l'audition, sur de nombreuses fonctions cognitives, du contrôle exécutif à la créativité. On conclut que la pratique musicale peut être un entraînement utile pour favoriser le développement cognitif, mais d'autres recherches utilisant des études longitudinales et prenant en compte les différences individuelles sont nécessaires pour déterminer les bénéfices réels.

Abstract :

Musical training is becoming increasingly popular as a topic for scientific research. Here we review the available studies investigating whether and to which degree musical experience generalizes to cognitive functions unrelated to music abilities in healthy humans. In general, it seems that musical training is associated with enhancing effects, even if sometimes only restricted to the auditory domain, on various cognitive functions spanning from executive control to creativity. We conclude that musical engagement may be a useful cognitive training to promote cognitive enhancement, but more research using longitudinal studies and taking into account individual differences is necessary to determine actual benefits.

Quelques mots à propos de :

Sarah Benz, Institute of Experimental Psychology, Heinrich-Heine University, Düsseldorf, Allemagne

Roberta Sellaro, Cognitive Psychology Unit and Leiden Institute for Brain and Cognition, Leiden University, Leiden, Pays-Bas

Bernhard Hommel, Cognitive Psychology Unit and Leiden Institute for Brain and Cognition,
Leiden University, Leiden, Pays-Bas

Lorenza S. Colzato, Cognitive Psychology Unit and Leiden Institute for Brain and Cognition,
Leiden University, Leiden, Pays-Bas

Traduction de l'article intitulé « Music Makes the World Go Round: The Impact of Musical Training on Non-musical Cognitive Functions – A Review », publié dans *Frontiers in Psychology* le 7 janvier 2016. Doi : 10.3389/fpsyg.2015.02023. Cette traduction est publiée avec l'autorisation de la revue et des auteurs.

Traduit en français par : Samuel Bortolotti, Jules Déjardin, Jérémy Doison, Livio Ratti, Lucien Vallès, Antoine Vucko, sous la direction de Christian Hauer, dans le cadre d'un séminaire du Master Arts de l'Université de Lille, année universitaire 2019-2020.

Édité dans sa version originale par : Anna M. Borghi (University of Bologna & Institute of Cognitive Sciences and Technologies)

Révisé dans sa version originale par : Filomena Anelli (University of Bologna) et Sylvain Moreno (Simon Fraser University, Canada)

Texte intégral :

Introduction

1. L'influence de l'expérience musicale sur notre quotidien suscite un intérêt grandissant. Dans la dernière décennie, ce sujet a inspiré diverses études sur les possibles bénéfices cognitifs que l'apprentissage d'un instrument peut apporter aux musiciens. Sans surprise, il a été conclu que les musiciens sont plus performants que les non-musiciens pour différentes compétences relatives à la musique (pour des revues sur le sujet, voir Schellenberg, 2005 ; Zatorre et al., 2007) : cela démontre surtout l'efficacité d'une formation musicale. Toutefois, comme dans d'autres champs tels que le bilinguisme (Bialystok et al., 2012), les jeux vidéo (Bavelier et al., 2012) et la méditation (Lippelt et al., 2014), il y a de plus en plus de preuves que la pratique musicale améliore des compétences connexes voire non connexes à la musique – ce qui correspond respectivement aux transferts proches et lointains en termes d'entraînement cognitif (Li et al., 2008). Par la suite, nous reviendrons sur les études comportementales et neuroscientifiques traitant de ces types de transferts, et nous évaluerons à quel point les effets de la stimulation musicale se généralisent aux fonctions cognitives non directement connexes voire non connexes aux compétences musicales.

3

Neuroplasticité

2. Jäncke (2009) a suggéré qu'apprendre à jouer d'un instrument provoque des changements structurels et fonctionnels dans le cerveau, dus à la constante activation des régions cérébrales sous-jacentes ou engagées dans ce processus d'apprentissage. D'un intérêt particulier pour notre propos, les différences entre musiciens et non-musiciens pourraient ne pas être seulement visibles dans les régions du cerveau en relation avec les systèmes visuel et auditif, mais aussi dans les régions frontales impliquées dans la pratique musicale et résultant d'un processus cognitif d'ordre supérieur. Utilisant la morphométrie à base de voxels¹, des chercheurs ont analysé la densité de matière grise qui, en fonction de l'intensité de la pratique musicale, varie chez les personnes (James et al., 2014). Une plus grande expertise musicale serait associée à une densité de la matière grise accrue dans le gyrus frontal inférieur gauche, lui-même engagé dans le processus syntactique, les fonctions exécutives et la mémoire de travail, ainsi que dans le sillon intrapariétal, responsable de la coordination visuomotrice. La densité de matière grise serait également plus importante au niveau des régions du cerveau impliquées dans la reconnaissance des

formes visuelles (gyrus fusiforme droit) et dans la sensibilité sonore (milieu droit de la partie orbitaire du lobe frontal).

3. Des études antérieures ont rapporté que les effets bénéfiques de la neuroplasticité chez le musicien ne se développent pas uniquement durant l'enfance (par exemple Hyde et al., 2009a, b), période ordinairement plus sensible aux changements plastiques, mais également tout au long de la vie. Par exemple, une récente étude longitudinale, effectuée dans le cadre de l'enseignement secondaire², a fourni des preuves que la pratique musicale à l'école peut affecter le développement de la plasticité, même si le processus a débuté à l'adolescence (Tierney et al., 2015) – ce résultat suggère que le cerveau d'un adolescent est toujours réceptif à la pratique, nonobstant le fait que les capacités neuroplastiques propres à l'enfance ont commencé à décliner (Penhune, 2011). Une autre étude récente a démontré qu'une telle association entre la pratique musicale et les avantages neuroplastiques se prolonge chez les individus plus âgés, dont la plasticité est encore moindre (Bidelman et Alain, 2015). Plus précisément, il a été constaté que, comparés aux adultes plus âgés qui ont peu ou pas de pratique musicale, les musiciens expérimentés montrent une amélioration de la neuroplasticité dans le tronc cérébral et le cortex auditif. Cette découverte est particulièrement intéressante car elle suggère qu'une pratique musicale régulière peut avoir des effets à long terme. En effet, cette dernière peut potentiellement compenser le déclin neuroplastique du traitement auditif lié au vieillissement du cerveau. Cela implique qu'une pratique musicale tout au long de la vie peut doter les musiciens d'une réserve cognitive qui pourrait retarder, voire inverser leur déclin cognitif lié à l'âge (Alain et al., 2014). Cependant, davantage de recherches sont nécessaires pour vérifier l'impact de la pratique musicale sur le cerveau âgé et fournir des preuves d'une relation de cause à effet entre la pratique musicale et la neuroplasticité chez les personnes âgées.

4

Sensibilité phonémique, capacités de lecture, et langage

4. Comme indiqué dans l'introduction, il n'est pas surprenant que l'apprentissage d'un instrument soit lié au développement des compétences associées à la musique. Par exemple, chez les enfants qui présentent un risque élevé de problèmes d'apprentissage, il a été reconnu que deux ans de pratique musicale améliorent le discernement neurophysiologique de sons similaires (Kraus et al., 2014). Des études analogues ont montré que les enfants qui ont suivi des années de formation musicale excellent dans la distinction des petites variations de hauteur au sein de mélodies (Magne et al., 2006 ; Moreno et al., 2009). Des

études neurophysiologiques du même type ont montré que ces capacités sont accompagnées d'un accroissement de potentiels évoqués (PE) négatifs liés à l'erreur³ lors de l'écoute de hauteurs incongrues, comme pour les courtes latences dans les PE positifs (Magne et al., 2006 ; Moreno et al., 2009). Curieusement, cette amélioration du discernement des variations de hauteurs dans les mélodies se retrouve pour de plus petites variations de hauteurs dans le langage parlé – indice d'au moins un transfert médian de la pratique musicale à d'autres compétences⁴. Ce constat est possiblement lié à l'expérience dans laquelle les individus souffrant de dyslexie ont eu plus de difficultés, par rapport à un groupe contrôle, à discerner les variations de hauteurs dans les intonations courantes (Baldeweg et al., 1999 ; Besson et al., 2007). De plus, chez l'enfant de quatre à cinq ans, il semble y avoir un lien entre la conscience phonologique, la faculté de concevoir l'intonation des mots entendus, les compétences musicales et les capacités de lecture (Anvari et al., 2002) : des capacités musicales plus importantes ont été positivement corrélées avec de meilleures capacités de lecture et une plus grande conscience phonologique⁵. Ces résultats indiquent que la conscience phonologique et la perception musicale peuvent partager le même mécanisme structurel sous-jacent. Deux études longitudinales récentes dans lesquelles des enfants de 8 à 10 ans sont soumis à deux ans de pratique musicale ou picturale, apportent des preuves supplémentaires soutenant la possibilité que la pratique musicale peut avoir un effet positif sur les capacités linguistiques (François et al., 2013 ; Chobert et al., 2014). En comparaison avec les enfants qui ont pratiqué la peinture, ceux ayant pratiqué la musique ont montré une amélioration des compétences de segmentation de la parole (François et al., 2013), ainsi qu'un renforcement du traitement pré-attentif⁶ de durée des syllabes et du moment d'attaque de la voix, déjà après 12 mois de formation (Chobert et al., 2014). Dans le même ordre d'idée, Slater et al. (2015) ont été les premiers à prouver, lors d'une étude longitudinale, que la perception de la parole dans le bruit s'améliore après deux ans de pratique musicale.

5. L'importante hypothèse de ressources d'intégration syntaxique partagées de Patel (2003)⁷ a postulé une structure de traitement commune au langage et à la musique, qui peut expliquer l'effet de transfert observé (pour une plus vaste analyse, voir Moreno and Bidelman, 2013, et White et al., 2013). Un argument en faveur de ce postulat a récemment été fourni par l'étude de Moreno et al. (2015), dans laquelle des enfants de 4 à 6 ans ont entrepris une formation linguistique ou musicale durant 4 semaines. Lors de l'évaluation de fin de formation, chaque groupe a montré une amélioration du traitement de sons écoutés durant la formation, tout en

étant associée à une meilleure capacité de suppression de sons non pertinents (non écoutés). Il est important de noter que des effets identiques (bien qu'atténués), liés à la formation, ont été observés lors d'une nouvelle évaluation, un an après la formation.

6. Très récemment, Slevc et Okada (2015) ont suggéré que l'une des aires partagées par le langage et la musique pourrait être le cortex préfrontal, connu pour son implication dans la détection et la résolution des conflits ainsi que dans les transgressions des attentes (van Veen et Carter, 2006). En effet, le traitement cognitif de la musique englobe la création d'anticipations et d'attentes. Par conséquent la formation musicale permet de renforcer l'habileté à détecter et gérer les conflits.

Fonctions exécutives, mémoire verbale et attention visuelle

7. Pratiquer un instrument nécessite plusieurs aptitudes impliquant des fonctions exécutives : les notes doivent être jouées dans le bon ordre, avec les bonnes durées et la bonne distance temporelle entre elles. En fait, les musiciens dépassent les non-musiciens lors de tâches de monitoring conflictuelles, suggérant que l'expérience musicale améliore le contrôle exécutif (Bialystok et DePape, 2009)⁸. Une étude récente a montré qu'il n'y a pas de preuve en ce qui concerne l'amélioration de la mémoire visuelle des musiciens vis-à-vis des non-musiciens (Rodrigues et al., 2013). Pourtant il a été prouvé que la pratique musicale à long terme améliore la mémoire de travail (George et Coch, 2011), aussi bien dans les domaines auditif que visuel en termes de comportement (plus grande rapidité de réactualisation de la mémoire de travail) et des mesures du PE (étendue d'amplitude P300)⁹. Dans la même lignée, les musiciens dépassent les non-musiciens dans la mémorisation des sons grâce à leurs capacités d'écoute plus importantes (Pallesen et al., 2010). De même, des adultes musiciens ont montré de meilleures performances en termes de flexibilité cognitive et de mémoire de travail que des non-musiciens (Zuk et al., 2014), renforçant ainsi l'hypothèse que la pratique musicale facilite le développement et l'entretien de certaines fonctions exécutives. Dans une étude longitudinale pionnière réalisée par Bergman Nutley et al. (2014), les performances des participants étaient évaluées deux ou trois fois tous les deux ans pendant six ans. Il est apparu tout au long des évaluations que la pratique musicale était associée positivement à l'amélioration des mémoires de travail des aires visuo-spatiales et verbales. Au travers des évaluations, il est intéressant de noter un rapport de proportionnalité entre les fluctuations de la mémoire de travail et le nombre d'heures hebdomadaires de pratique musicale.

8. Plusieurs études ont examiné la manière dont la pratique musicale affectait la mémoire verbale. Suite à la présentation orale d'une liste de mots, les musiciens ont mémorisé plus de mots que les non-musiciens (Chan et al., 1998). Cette découverte est en corrélation avec une étude dans laquelle les musiciens montrent de meilleures performances en matière de raisonnement et de mémoire verbale par comparaison aux non-musiciens (Brandler et Rammsayer, 2003). La pratique musicale semble également améliorer la mémoire sémantique, ce qui soutient l'idée d'un mécanisme d'apprentissage verbal plus efficace chez les musiciens (Franklin et al., 2008).
9. L'attention visuelle semble aussi être accrue chez les musiciens (Rodrigues et al., 2014). Cette découverte a été confirmée par une étude longitudinale récente montrant que la pratique musicale améliore l'attention visuelle au fil du temps (Roden et al., 2014). Très récemment, Martens et al. (2015) ont étudié la capacité d'attention, indexée sur le « clignement attentionnel¹⁰ », au cours de la pratique musicale : quand deux stimuli cibles (T1 et T2) sont intégrés à une succession rapide d'événements et sont présentés dans un laps de temps restreint, le second stimulus cible est souvent occulté. Les musiciens montrent une atténuation et un retard du clignement attentionnel lors de l'identification de deux cibles sonores parmi une série de stimuli, ce qui pourrait refléter une meilleure capacité à préserver leur attention. Toutefois, cet effet est restreint au domaine auditif et n'est pas transféré dans le domaine visuel, ce qui suggère des zones d'effet spécifique.

Vitesse de traitement, intelligence et créativité

10. La vitesse de traitement des informations est une capacité mentale importante pour l'apprentissage. La pratique musicale semble avoir un effet bénéfique sur cette dernière : par rapport aux jeunes adultes non musiciens, ceux qui ont des années d'expérience musicale ont montré de meilleures aptitudes aux tâches de vitesse de traitement d'information, visuelle comme auditive (Bugos et Mostafa, 2011). Ces résultats peuvent suggérer que la pratique musicale influence l'intégration des informations visuelles et auditives au sein de patterns moteurs complexes. Dans cette même optique, une étude longitudinale a montré qu'un groupe d'enfants ayant suivi une formation musicale d'un an a obtenu de meilleurs résultats aux tâches de vitesse de traitement qu'un groupe ayant suivi une formation scientifique (Roden et al., 2014). Des preuves supplémentaires, provenant de l'étude de Bergman Nutley et al. (2014) mentionnée plus haut, montrent

que la pratique musicale, en plus d'améliorer la mémoire de travail, améliore la vitesse de traitement et la capacité de raisonnement (cf. la notion d'intelligence fluide¹¹). Ces résultats sont particulièrement intrigants étant donné la relation entre la mémoire de travail et la vitesse de traitement (Fry et Hale, 2000), ainsi que la forte connexion de cette relation avec la construction de l'intelligence. La possibilité que la capacité de raisonnement puisse bénéficier de l'expérience musicale est effectivement soutenue par d'autres résultats. Après 30 semaines, les enfants qui ont reçu une formation musicale se perfectionnent dans l'échelle relative aux capacités de raisonnement spatio-temporel du test d'intelligence de Binet (Bilhartz et al., 1999). Dans le même ordre d'idée, comme l'a mesuré Schellenberg (2004) avec le WISC-III (Wechsler, 1991¹²), un groupe d'élèves suivant des cours de musique augmente davantage son QI qu'un groupe suivant des cours de théâtre ou qu'un autre ne suivant aucun des deux cours. Schellenberg (2006) a rapporté une association durable entre une formation musicale pendant l'enfance et des performances tant au niveau du QI qu'au niveau académique. De plus, Moreno et al. (2011) soulignent que même une courte pratique musicale de 20 jours est suffisante pour améliorer l'intelligence verbale chez l'enfant. Finalement, Schellenberg (2011) suggère que le lien entre la pratique musicale et le QI ne serait pas arbitré par les fonctions exécutives mais par le fait que les enfants qui ont des QIs plus élevés auront plus de facilités que les enfants qui ont un QI plus faible à prendre des leçons de musique.

11. Enfin, une étude spectroscopique dans l'infrarouge proche¹³ a montré que l'expérience musicale s'est révélée associée à une plus grande activité bilatérale frontale chez le musicien, comparée au non-musicien, durant les périodes de pensée divergente (Gibson et al., 2009). Plus récemment, Woodward et Sikes (2015) ont néanmoins remis en question l'idée que la pratique musicale puisse améliorer la créativité en général. Ils ont constaté que durant les évaluations générales de créativité les musiciens ont obtenu des résultats considérablement plus élevés que les non-musiciens uniquement quand les tests impliquent l'utilisation de stimuli sonores pour obtenir des réponses originales. En revanche, il n'y a pas de différences importantes entre les deux groupes lorsque les évaluations générales de créativité impliquent l'utilisation de mots et d'images.

Conclusion

12. Finalement, notre revue met en avant l'association entre pratique musicale et amélioration des performances cognitives, s'étendant des fonctions exécutives à la créativité. Bien que dans certains cas son action est

restreinte au domaine de l'audition, les études actuelles suggèrent que la pratique musicale est bénéfique pour des tâches et des fonctions cognitives non connexes (ou du moins pas manifestement liées) aux capacités musicales. Cependant, même si les résultats des études longitudinales examinés sont encourageants, il est important de noter que la relation de causalité entre les bénéfices observés et la pratique musicale n'est pas une évidence. En outre, Schubert et Strobach (2012) ont remarqué dans les études sur la pratique en général que les effets d'attente peuvent contribuer à une possible confusion dans l'interprétation des résultats car la connaissance de l'hypothèse d'une étude peut modifier le comportement des sujets au sein de l'étude. Par ailleurs, faire appel à une plus large batterie de tests permettrait d'interpréter les résultats en termes de niveau de processus cognitif et non pas de tâches individuelles (Green et al., 2014). De plus, la sélection du groupe de contrôle adéquat est une question pertinente afin d'étudier la pratique musicale. En effet, étant donné que le simple test-retest¹⁴ et les groupes de contrôle passifs n'excluent pas de possibles biais, des groupes de contrôle actifs sont nécessaires pour obtenir une bonne interprétation des résultats. Comme l'a souligné Schellenberg (2005), le groupe de contrôle actif devrait idéalement pratiquer une autre activité artistique, telle que le théâtre. Le point positif d'un groupe de contrôle actif est qu'il est naturellement adaptatif (par exemple, les leçons de théâtre augmentent en difficulté en fonction de la progression de l'acteur dans sa formation). En outre, il n'est pas à exclure que la personnalité (Corrigall et al., 2013) et les facteurs neuro-développementaux préexistants puissent jouer un rôle dans le choix de l'activité artistique. Par exemple, les individus avec une prédisposition génétique favorisant les fonctions de contrôle exécutif pourraient être bien plus attirés par la musique : ce qui semble être un effet de la pratique pourrait finalement représenter une forme d'auto-sélection. S'attaquer en profondeur à ce problème requiert de plus amples études longitudinales (Bergman Nutley et al., 2014 ; Roden et al., 2014). De manière similaire à d'autres champs du développement cognitif (Colzato et al., 2014), il serait intéressant de considérer les différences individuelles de façon plus systématique. En effet, si la pratique musicale affecte véritablement la neuroplasticité, il fait sens de dire que son effet dépend du niveau de performance de l'individu avant l'expérience – les individus non prédisposés seront plus sujets aux effets neuroplastiques que les individus prédisposés (plus sensibles à la musique).

13. En somme, notre revue met en lumière le potentiel effet de la pratique musicale dans l'optimisation de la cognition en général. De manière similaire à la pratique des jeux vidéo (Bavelier et al., 2012) et de la

méditation (Lippelt et al., 2014), la pratique musicale serait un entraînement cognitif utile pour favoriser le développement cérébral d'une manière peu coûteuse, efficace et saine – peut-être même pour ceux qui ont peu d'intérêt pour la musique. Plus particulièrement, la pratique musicale peut être une approche viable pour contrebalancer la détérioration du fonctionnement cognitif liée à l'âge (Bidelman et Alain, 2015).

Bibliographie :

C. Alain, B. R. Zendel, S. Hutka, G. M. Bidelman, « Turning down the noise : the benefit of musical training on the aging auditory brain », *Hear. Res.*, vol. 308, 2014, p. 162-173. doi : 10.1016/j.heares.2013.06.008

S. H. Anvari, L. J. Trainor, J. Woodside, B. A. Levy, « Relations among musical skills, phonological processing and early reading ability in preschool children », *J. Exp. Child Psychol.*, vol. 83, 2002, p. 111-130. doi : 10.1016/S0022-0965(02)00124-8

T. Baldeweg, A. Richardson, S. Watkins, C. Foale, J. Gruzelier, « Impaired auditory frequency discrimination in dyslexia detected with mismatch evoked potentials », *Ann. Neurol.*, vol. 45, 1999, p. 495-503. doi : 10.1002/1531-8249(199904)45:4<495::AID-ANA11>3.0.CO;2-M

D. Bavelier, C. S. Green, A. Pouget, P. Schrater, « Brain plasticity through the life span : learning to learn and action video games », *Annu. Rev. Neurosci.*, vol. 35, 2012, p. 391-416. doi : 10.1146/annurev-neuro-060909-152832

S. Bergman Nutley, F. Darkiand, T. Klingberg, « Music practice is associated with development of working memory during childhood and adolescence », *Front. Hum. Neurosci.*, n° 7, 2014, p. 926. doi : 10.3389/fnhum.2013.00926

M. Besson, D. Schön, S. Moreno, A. Santos, C. Magne, « Influence of musical expertise and musical training on pitch processing in music and language », *Restor. Neurol. Neurosci.*, vol. 25, 2007, p. 399-410.

E. Bialystok, F. I. Craik, G. Luk, « Bilingualism : consequences for mind and brain », *Trends Cogn. Sci.*, vol. 16, 2012, p. 240-250. doi : 10.1016/j.tics.2012.03.001

E. Bialystok, A. M. DePape, « Musical expertise, bilingualism, and executive functioning », *J. Exp. Psychol.*, vol. 35, 2009, p. 565. doi : 10.1037/a0012735

G. M. Bidelman, C. Alain, « Musical training orchestrates coordinated neuroplasticity in auditory brainstem and cortex to counteract age-related declines in categorical vowel perception », *J. Neurosci.*, vol. 35, 2015, p. 1240-1249. doi : 10.1523/JNEUROSCI.3292-14.2015

T. D. Bilhartz, R. A. Bruhn, J. E. Olson, « The effect of early music training on child cognitive development », *J. Appl. Dev. Psychol.*, vol. 20, 1999, p. 615-636. doi : 10.1016/S0193-3973(99)00033-7

- S. Brandler, T. H. Rammsayer, « Differences in mental abilities between musicians and non-musicians », *Psychol. Music*, vol. 31, 2003, p. 123-138. doi :10.1177/0305735603031002290
- J. Bugos, W. Mostafa, « Musical Training Enhances Information Processing Speed », *Bull. Council Res. Music Educ.*, vol. 187, 2011, p. 7-18.
- A. S. Chan, Y. C. Ho, M. C. Cheung, « Music training improves verbal memory », *Nature*, vol. 396, 1998, p. 128. doi : 10.1038/24075
- J. Chobert, C. François, J. L. Velay, M. Besson, « Twelve months of active musical training in 8- to 10-year-old children enhances the preattentive processing of syllabic duration and voice onset time », *Cereb. Cortex*, vol. 24, 2014, p. 956-967. doi : 10.1093/cercor/bhs377
- L. S. Colzato, W. van den Wildenberg, B. Hommel, « Cognitive control and the COMT Val158Met polymorphism : genetic modulation of videogame training and transfer to task-switching efficiency », *Psychol. Res.*, vol. 78, 2014, p. 670-678. doi :10.1007/s00426-013-0514-8
- K. A. Corrigan, E. G. Schellenberg, N. M. Misura, « Music training, cognition, and personality », *Front. Psychol.*, vol. 4, 2013, p. 222. doi : 10.3389/fpsyg.2013.00222
- C. François, J. Chobert, M. Besson, D. Schön, « Music training for the development of speech segmentation », *Cereb. Cortex*, vol. 23, 2013, p. 2038-2043. doi : 10.1093/cercor/bhs180
- M. S. Franklin, K. S. Moore, C.-Y. Yip, J. Jonides, K. Rattray, J. Moher, « The effects of musical training on verbal memory », *Psychol. Music*, vol. 36, 2008, p. 252-265. doi : 10.1177/0305735607086044
- A. F. Fry, S. Hale, « Relationships among processing speed, working memory, and fluid intelligence in children » *Biol. Psychol.*, vol. 54, 2000, p. 1-34. doi :10.1016/S0301-0511(00)00051-X
- E. M. George, D. Coch, « Music training and working memory : an ERP study » *Neuropsychologia*, vol. 49, 2011, p. 1083-1094. doi : 10.1016/j.neuropsychologia.2011.02.001
- C. Gibson, B. S. Folley, S. Park, « Enhanced divergent thinking and creativity in musicians : a behavioral and near-infrared spectroscopy study », *Brain Cogn.*, vol. 69, 2009, p. 162-169. doi : 10.1016/j.bandc.2008.07.009
- C. S. Green, T. Strobach, T. Schubert, « On methodological standards in training and transfer experiments », *Psychol. Res.*, vol. 78, 2014, p. 756-772. doi : 10.1007/s00426-013-0535-3
- K. L. Hyde, J. Lerch, A. Norton, M. Forgeard, E. Winner, A. C. Evans, et al., « Musical training shapes structural brain development », *J. Neurosci.*, vol. 29, 2009a, p. 3019-3025. doi : 10.1523/JNEUROSCI.5118-08.2009
- K. L. Hyde, J. Lerch, A. Norton, M. Forgeard, E. Winner, A. C. Evans, et al., « The effects of musical training on structural brain development », *Ann. N.Y. Acad. Sci.*, vol. 1169, 2009b, p. 182-186. doi : 10.1111/j.1749-6632.2009.04852.x
- C. E. James, M. S. Oechslin, D. Van De Ville, C. A. Hauert, C. Descloux, F. Lazeyras, « Musical Training intensity yields opposite effects on greymatter density in cognitive versus sensorimotor networks », *Brain Struct. Funct.*, vol. 219, 2014, p. 353-366. doi : 10.1007/s00429-013-0504-z
- L. Jäncke, « The plastic human brain. Restor at. Neurol. », *Neurosci.*, vol. 27, 2009, p. 521-538. doi : 10.3233/RNN-2009-0519

- N. Kraus, J. Slater, E. C. Thompson, J. Hornickel, D. L. Strait, T. Nicol, et al., « Music enrichment programs improve the neural encoding of speech in at-risk children », *J. Neurosci.*, vol. 34, 2014, p. 11913-11918. doi : 10.1523/JNEUROSCI.1881-14.2014
- S.-C. Li, F. Schmiedek, O. Huxhold, C. Röcke, J. Smith, U. Lindenberger, « Working memory plasticity in old age : practice gain, transfer, and maintenance », *Psychol. Aging*, vol. 23, 2008, p. 731-742. doi : 10.1037/a0014343
- D. P. Lippelt, B. Hommel, L. S. Colzato, « Focused attention, open monitoring and loving kindness meditation: effects on attention, conflict monitoring and creativity », *Front. Psychol.*, vol. 5, 2014, p. 1083. doi : 10.3389/fpsyg.2014.01083
- C. Magne, D. Schön, M. Besson, « Musician children detect pitch violations in both music and language better than non-musician children : behavioral and electrophysiological approaches », *J. Cogn. Neurosci.*, vol. 18, 2006, p. 199-211. doi : 10.1162/jocn.2006.18.2.199
- S. Martens, S. M. Wierda, M. Dun, M. de Vries, H. G. O. M. Smid, « Musical minds: attentional blink reveals modality-specific restrictions », *PLoS One*, vol. 10, 2015, 10:e0118294. doi : 10.1371/journal.pone.0118294
- S. Moreno, E. Bialystok, R. Barac, E. G. Schellenberg, N. J. Cepeda, T. Chau, « Short-term music training enhances verbal intelligence and executive function », *Psychol. Sci.*, vol. 22, 2011, p. 1425-1433. doi : 10.1177/0956797611416999
- S. Moreno, G. M. Bidelman, « Examining neural plasticity and cognitive benefit through the unique lens of musical training », *Hear. Res.*, vol. 308, 2013, p. 84-97. doi : 10.1016/j.heares.2013.09.012
- S. Moreno, Y. Lee, M. Janus, E. Bialystok, « Short-term second language and music training induces lasting functional brain changes in early childhood », *Child Dev.*, vol. 86, 2015, p. 394-406. doi : 10.1111/cdev.12297
- S. Moreno, C. Marques, A. Santos, M. Santos, S. L. Castro, M. Besson, « Musical training influences linguistic abilities in 8-year-old children : more evidence for brain plasticity », *Cereb. Cortex*, vol. 19, 2009, p. 712-723. doi : 10.1093/cercor/bhn120
- K. J. Pallesen, E. Brattico, C. J. Bailey, A. Korvenoja, J. Koivisto, A. Gjedde, « Cognitive control in auditory working memory is enhanced in musicians », *PLoS One*, vol. 5, 2010, 5:e11120. doi : 10.1371/journal.pone.0011120
- Aniruddh D. Patel, « Language, music, syntax and the brain », *Nat. Neurosci.*, vol. 6, 2003, p. 674-681. doi : 10.1038/nn1082
- Virginia B. Penhune, « Sensitive periods in human development : evidence from musical training », *Cortex*, vol. 47, 2011, p. 1126-1137. doi : 10.1016/j.cortex.2011.05.010
- I. Roden, T. Könen, S. Bongard, E. Frankenberg, E. K. Friedrich, G. Kreutz, « Effects of music training on attention, processing speed and cognitive music abilities – findings from a longitudinal study », *Appl. Cogn. Psychol.* vol. 28, 2014, p. 545-557. doi : 10.1002/acp.3034
- A. C. Rodrigues, M. A. Loureiro, P. Caramelli, « Long-term musical training may improve different forms of visual attention ability », *Brain Cogn.*, vol. 82, 2013, p. 229-235. doi : 10.1016/j.bandc.2013.04.009

- A. C. Rodrigues, M. Loureiro, P. Caramelli, « Visual memory in musicians and non-musicians », *Front. Hum. Neurosci.*, n° 8, 2014, p. 424. doi : 10.3389/fnhum.2014.00424
- E. Glenn Schellenberg, (2004). « Music lessons enhance IQ », *Psychol. Sci.*, vol. 15, 2004, p. 511-514. doi : 10.1111/j.0956-7976.2004.00711.x
- E. Glenn Schellenberg, « Music and cognitive abilities », *Curr. Dir. Psychol. Sci.*, vol. 14, 2005, p. 322-325. doi : 10.1111/j.0963-7214.2005.00389.x
- E. Glenn Schellenberg, « Long-term positive associations between music lessons and IQ » *J. Educ. Psychol.*, vol. 98, 2006, p. 457. doi : 10.1037/0022-0663.98.2.457
- E. Glenn Schellenberg, (2011). « Examining the association between music lessons and intelligence », *Br. J. Psychol.*, vol. 102, 2011, p. 283-302. doi : 10.1111/j.2044-8295.2010.02000.x
- T. Schubert, T. Strobach, « Video game experience and optimize executive control skills-On false positives and false negatives : reply to Boot and Simons », *Acta Psychol.*, vol. 141, 2012, p. 278-280. doi : 10.1016/j.actpsy.2012.06.010
- J. Slater, E. Skoe, D. L. Strait, S. O'Connell, E. Thompson, N. Kraus, « Music training improves speech-in-noise perception : longitudinal evidence from a community-based music program », *Behav. Brain Res.*, vol. 291, 2015, p. 244-252. doi : 10.1016/j.bbr.2015.05.026
- L. R. Slevc, B. M. Okada, « Processing structure in language and music : a case for shared reliance on cognitive control », *Psychon. Bull. Rev.*, vol. 22, 2015, p. 637-652. doi : 10.3758/s13423-014-0712-4
- A. T. Tierney, J. Krizman, N. Kraus, « Music training alters the course of adolescent auditory development », *Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A.*, vol. 112, 2015, p. 10062-10067. doi : 10.1073/pnas.1505114112
- V. van Veen, C. S. Carter, « Conflict and cognitive control in the brain », *Curr. Dir. Psychol. Sci.*, vol. 15, 2006, p. 237-240. doi : 10.1111/j.1467-8721.2006.00443.x
- David Wechsler, *Wechsler Intelligence Scale for Children-Third Edition*, San Antonio, TX : Psychological Corp, 1991.
- E. J. White, S. A. Hutka, L. J. Williams, S. Moreno, « Learning, neural plasticity and sensitive periods : implications for language acquisition, music training and transfer across the lifespan », *Front. Syst. Neurosci.*, vol. 7, 2013, p. 90. doi : 10.3389/fnsys.2013.00090
- J. Woodward, P. L. Sikes, « The creative thinking ability of musicians and nonmusicians », *Psychol. Aesthet. Creat. Arts*, vol. 9, 2015, p. 75. doi : 10.1037/a0038177
- R. J. Zatorre, J. L. Chen, V. B. Penhune, « When the brain plays music : auditory-motor interactions in music perception and production », *Nat. Rev. Neurosci.*, vol. 8, 2007, p. 547-558. doi : 10.1038/nrn2152
- J. Zuk, C. Benjamin, A. Kenyon, N. Gaab, « Behavioral and neural correlates of executive functioning in musicians and non-musicians », *PLoS One*, vol. 9, 2014, 9:e99868. doi : 10.1371/journal.pone.0099868

Notes :

¹ Morphométrie à base de voxels : de l'anglais « *voxel-based morphometry* ». (NDT)

² Les adolescents ont été testés une première fois avant leur entrée en High school vers 13 ou 14 ans et une seconde fois trois ans après. (NDT)

³ Potentiel évoqué : « Un potentiel évoqué (PE, dit aussi ERP pour l'anglais *Event-Related Potential*) désigne la modification du potentiel électrique produite par le système nerveux en réponse à une stimulation externe, notamment sensorielle (un son, une image, etc.) mais aussi à un événement interne, notamment une activité cognitive (attention, préparation motrice, etc.). » (Wikipédia, consulté le 12/11/2019) Le PE négatif lié à l'erreur, traduit de l'anglais « *error-related negativity* » (ERN), est un potentiel évoqué (PE) qui est observé au niveau frontal lorsque les sujets commettent une erreur dans un exercice donné. (NDT)

⁴ En référence au transfert proche/lointain et aux compétences connexes/non-connexes évoquées dans l'introduction de l'article (transfert ici plus ou moins connexe). (NDT)

⁵ La conscience phonologique est la capacité à reconnaître et utiliser les unités sonores constituant un mot. (NDT)

⁶ Le pré-attentif est constitué par l'ensemble des informations non conscientes provenant du monde environnant. (NDT)

⁷ De l'anglais « [Shared Syntactic Integration Resources Hypothesis, ssirh](#) » : Patel a formulé l'hypothèse que les traitements de la musique et du langage partagent des ressources d'intégration syntaxique. (NDT)

⁸ Par exemple, les participants devaient indiquer si des mots prononcés étaient de fréquence haute ou basse. Le conflit réside dans le fait que les mots prononcés « haut » ou « bas » ne correspondent pas forcément aux fréquences perçues. (NDT)

⁹ La P300 est un potentiel évoqué mesuré en électroencéphalographie. « P » signifie que c'est une onde dont l'amplitude est positive, et « 300 », qu'elle apparaît 300 ms après le début d'une stimulation. (NDT)

¹⁰ De l'anglais « *attentional-blink (AB)* ». Cf. N., Pam M.S., « *Attentional-blink* », *Psychology dictionary*, 2013, <https://psychologydictionary.org/attentional-blink/>, consulté le 26 novembre 2019. (NDT)

¹¹ De l'anglais « *fluid intelligence* », notion développée par R. Cattell dans *Abilities : Their structure, growth, and action*, New York, Houghton Mifflin, 1971. (NDT)

¹² Le *Wechsler Intelligence Scale for Children* ou WISC est un test de quotient intellectuel développé en 1949 par David Wechsler pour les enfants de 6 ans à 16 ans et 11 mois. (NDT)

¹³ De l'anglais « *Near-infrared spectroscopy (NIRS)* » : il s'agit d'une technique de mesure et d'analyse des spectres de réflexion dans la gamme de longueurs d'onde du proche infrarouge, partie du spectre électromagnétique qui vient juste après le visible. (NDT)

¹⁴ Il s'agit d'une méthode de test répété permettant d'évaluer une constance dans le temps des résultats obtenus par une même personne. (NDT)

Déclaration du conflit d'intérêts : Les auteurs déclarent que cette recherche a été menée en l'absence de toute relation commerciale ou financière qui pourrait être interprétée comme un conflit d'intérêts potentiel.