

M.I.X.C.S. MUSIC, INTERNET AND COGNITIVE SCIENCES

Pierre-Henri Vulliard

SCRIME / Arts Sciences Information Sarl
pierre-henri.vulliard@u-bordeaux.fr

RÉSUMÉ

Dans cet article, nous présentons une approche intégrée pour la création et la performance musicale, combinant l'électroencéphalographie (EEG), les stations de travail audio numériques (DAW) telles que Ableton Live, Max for Live (M4L) et Serato DJ, et les techniques de classification.

L'objectif principal est d'examiner comment cette approche peut enrichir la création musicale, offrir de nouvelles perspectives pour la recherche sur la cognition musicale et élargir notre compréhension des processus cognitifs impliqués dans la musique. La solution choisie est de créer une boucle de rétroaction adaptative, permettant d'influencer l'état émotionnel et cognitif du musicien pendant la performance, afin d'optimiser les phénomènes psychiques et musicaux.

Nous utilisons un casque EEG Emotiv pour mesurer l'activité cérébrale et des logiciels tels qu'Emotiv BCI et Emotiv Pro pour analyser les signaux EEG et les traduire en échelles émotionnelles et cognitives.

L'API OpenAI est également intégrée pour enrichir le processus créatif en générant des images et des poèmes basés sur l'état émotionnel du musicien.

Les expérimentations préliminaires sont menées avec l'auteur comme utilisateur principal, dans le cadre de performances temps réel en ligne. Cette étude vise à explorer les potentialités de cette approche intégrée pour améliorer la qualité de la composition et de la performance, et ouvrir de nouvelles perspectives dans les domaines artistiques.

1. INTRODUCTION

1.1. Contexte et motivation

La musique est un langage universel qui a le pouvoir d'évoquer des émotions et d'influencer notre humeur. Depuis les premières formes d'expression musicale jusqu'aux développements technologiques modernes, la musique a toujours été un moyen essentiel pour les humains de communiquer et d'exprimer leurs émotions. Cependant, la compréhension des mécanismes sous-jacents qui régissent la relation entre les émotions, les processus cognitifs et la création musicale est encore limitée.

Au cours des dernières décennies, les neurosciences et l'informatique musicale ont fait des progrès

considérables dans l'étude de ces mécanismes, offrant des opportunités uniques pour explorer et exploiter les liens entre les processus cérébraux, les émotions et la création musicale. Les avancées dans les domaines de l'électroencéphalographie (EEG) et des stations de travail audio numériques (DAW) [2] ont permis d'obtenir de nouvelles perspectives sur l'interaction entre le cerveau et la musique, ainsi que sur les effets de la musique sur la situation émotionnelle et mentale des musiciens.

Outre son utilisation dans la recherche sur la cognition musicale, l'EEG a également été utilisé pour créer des compositions et des performances basées sur les réponses cérébrales des musiciens et du public. Par exemple, des compositions basées sur les données EEG ont été créées en utilisant les rythmes et les motifs de l'activité cérébrale pour générer des séquences musicales[3].

Dans ce contexte, cette étude vise à démontrer l'utilisation combinée de l'électroencéphalographie, des stations de travail audio numériques et des méthodes de classification pour optimiser l'état émotionnel du musicien pendant la performance. En intégrant ces technologies et méthodologies, il est possible d'obtenir une compréhension plus approfondie des liens entre les émotions, les processus cognitifs et la musique, et d'explorer de nouvelles formes d'expression artistique basées sur ces liens.

1.2. Objectif de la recherche

L'objectif principal de cette recherche est de créer un système de rétroaction pour optimiser l'état émotionnel du musicien pendant la composition et la performance musicale. Le système combine l'analyse des signaux EEG avec les DAW et les méthodes de classification pour créer une boucle de rétroaction adaptative qui modifie la composition musicale et la performance en fonction des émotions et de l'état cognitif du musicien.

Le système de rétroaction vise aussi à fournir aux musiciens des informations en temps réel sur leur état psychologique, leur permettant d'ajuster leur performance en conséquence. Cette approche intégrée a le potentiel d'améliorer la qualité de la création musicale et de la performance en permettant aux musiciens d'explorer et de maîtriser les interactions entre leur état émotionnel, leur état cognitif et leur expression musicale.

2. MÉTHODOLOGIE

2.1. Acquisition des données EEG

La première étape de cette étude consiste à acquérir les données EEG à l'aide d'un casque EEG Emotiv (Figure 1). Ce dispositif portable non invasif permet de mesurer l'activité électrique du cerveau en temps réel, offrant une méthode fiable pour surveiller les processus cognitifs et émotionnels du musicien pendant la composition et la performance. Les signaux EEG sont enregistrés à partir de plusieurs électrodes placées sur le cuir chevelu, fournissant une représentation détaillée de l'activité cérébrale dans différentes régions du cerveau.



Figure 1. Casques Emotiv

2.2. Analyse des signaux EEG

Une fois les données EEG acquises, elles sont analysées à l'aide du logiciel Emotiv, qui transforme les signaux bruts en paramètres émotionnels et cognitifs, telles que le stress, la relaxation, l'excitation, l'engagement, la concentration et l'intérêt. Ces métriques sont calculées en examinant les modèles d'activité cérébrale et en les comparant aux normes préétablies pour les différentes émotions et états cognitifs. L'analyse des signaux EEG permet ainsi de quantifier et de caractériser les conditions émotionnelles et mentales du musicien tout au long de l'expérience.

2.3. Visualisation des données EEG

Les données EEG analysées sont ensuite visualisées en temps réel sous forme de signaux EEG bruts (Figure 2), ainsi qu'à l'aide d'un modèle de cerveau 3D (Figure 3) qui affiche les fréquences, les couleurs correspondant aux différents types d'ondes (Delta, Theta, Alpha, Beta...). Cette visualisation permet au musicien de suivre l'évolution de ses conditions psychologiques et mentales pendant la performance, et d'identifier les facteurs qui influencent sa créativité et son expression musicale.

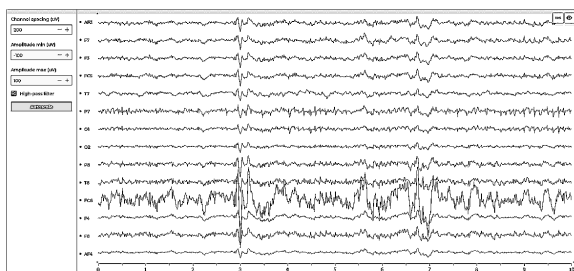


Figure 2. Exemple de fréquences EEG brutes

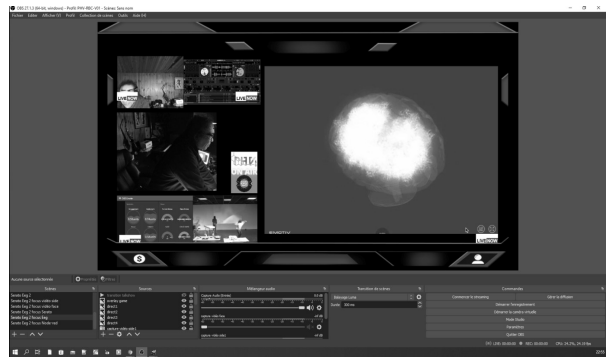


Figure 3. Fréquences EEG sur un modèle 3D

2.4. Intégration des DAW et mise en place du feedback

Les DAW sont des logiciels qui permettent la composition, l'enregistrement, la production et la diffusion en live. Ils offrent une plate-forme puissante et flexible pour la création musicale, avec des fonctionnalités avancées telles que la manipulation d'échantillons, la synthèse, les effets et le séquençage[4].

L'intégration des DAW et la mise en place du feedback sont essentielles pour créer une boucle de rétroaction adaptative entre les dynamiques émotionnelles et cognitives du musicien et la composition musicale. Dans cette section, nous détaillons les différentes étapes de cette intégration.

2.4.1. Utilisation du protocole OSC

Le protocole Open Sound Control (OSC) est utilisé pour faciliter la communication entre les différents logiciels et composants du système. L'OSC est un protocole de communication basé sur le réseau qui permet l'échange d'informations entre des ordinateurs, des synthétiseurs, des contrôleurs et d'autres dispositifs multimédias. Dans notre approche, l'OSC est utilisé pour transmettre les données EEG et les valeurs émotionnelles et cognitives entre Emotiv BCI et les DAW, tels qu'Ableton Live et M4L.

2.4.2. Intégration de Max for Live (M4L)

Max for Live (M4L) est l'environnement de programmation graphique Max-MSP intégré dans Ableton Live (Figure 4). Il permet aux utilisateurs de créer et d'éditer des instruments, des effets et des dispositifs MIDI personnalisés. Pour cette étude, nous avons développé plusieurs dispositifs Max for Live qui reçoivent les données OSC provenant d'Emotiv BCI et les convertissent en contrôleurs MIDI pour manipuler les paramètres de la composition musicale, ainsi qu'en commandes de contrôle envoyées en UDP pour les autres aspects artistiques et techniques du spectacle.

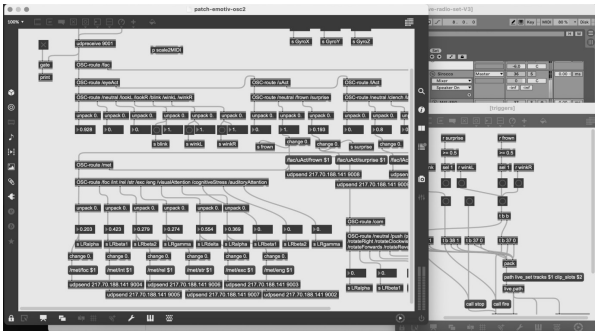


Figure 4. Max-for-Live (M4L)

2.4.3. Mise en place du feedback

Une fois les données OSC reçues dans M4L, elles sont utilisées pour contrôler différents aspects de la composition et de la performance musicale, tels que le déclenchement de sons, la modification des effets audio [4], et la manipulation des paramètres de mixage dans Ableton Live et Serato DJ (Figure 5). En fonction des mesures des processus émotionnels et cognitifs, le système de rétroaction adaptative ajuste la composition pour optimiser le bien-être psychologique et intellectuel du musicien. Cette boucle de rétroaction permet au musicien d'explorer et de maîtriser les interactions entre son état d'esprit et son expression musicale.



Figure 5. Serato DJ

2.4.4. Interactions entre les différentes composantes

L'intégration réussie des DAW, du protocole OSC et de M4L permet de créer une boucle de rétroaction adaptative et interactive. Cette boucle de rétroaction relie les données EEG, les variables émotionnelles et cognitives, les logiciels de traitement et d'analyse des données, les DAW et les dispositifs M4L personnalisés pour créer une expérience musicale dynamique et immersive, basée sur les « états d'âme » du musicien.

Cette intégration devrait permettre aussi d'étudier la cognition musicale d'une manière plus écologique et interactive que les approches traditionnelles basées sur l'écoute passive de stimuli musicaux. Cette approche offre également la possibilité d'examiner les processus cognitifs impliqués dans la création et l'interprétation en temps réel, plutôt que de se concentrer uniquement sur la perception et la mémoire de la musique

2.5. Implémentation du système de classification

Un aspect crucial de cette recherche est l'application d'un système de classification pour améliorer la précision et la pertinence de la rétroaction. Un système de classification est une technique qui emploie des algorithmes d'apprentissage automatique [1] pour identifier des modèles spécifiques dans un ensemble de données et les associer à des catégories prédéfinies. Dans le cadre de cette étude, le système de classification est utilisé pour reconnaître des modèles spécifiques dans les indicateurs émotionnels et cognitifs, et les associer à des paramètres musicaux pertinents [5]. Ce processus permettra de fournir une rétroaction plus précise et personnalisée au musicien, en adaptant la musique en fonction de son état individuel.

2.6. Intégration de l'API OpenAI

Dans cette étude, nous intégrons à titre exploratoire l'API OpenAI pour enrichir le processus créatif et exploiter les capacités de l'intelligence artificielle dans la création musicale. L'API OpenAI est utilisée pour associer des mots-clés aux données émotionnelles et mentales du musicien, et les envoyer via des scripts Python à la plateforme en ligne OpenAI. En fonction des paramètres émotionnels et intellectuels du musicien, l'API OpenAI génère ainsi automatiquement des images et des poèmes qui reflètent les émotions et les pensées du musicien. Ces éléments générés par l'intelligence artificielle peuvent ensuite être intégrés dans la performance, offrant de nouvelles possibilités d'expression artistique et de communication des émotions.

2.7. Expérimentation et évaluation

Afin d'évaluer l'efficacité du système de rétroaction et de déterminer son impact sur la qualité du résultat sonore, plusieurs expériences sont menées avec l'auteur comme utilisateur principal. Bien que les résultats préliminaires ne soient pas encore significatifs, ces expériences permettent de mieux comprendre les défis et les opportunités liés à l'intégration de l'électroencéphalographie, des stations de travail audio numériques et des méthodes de classification dans la création musicale.

Au cours de ces expériences, différents aspects du système sont testés et évalués, notamment la qualité des données EEG, la précision de l'analyse des signaux EEG, la pertinence de la visualisation, l'efficacité de l'intégration des DAW et du feedback, et l'impact de l'API OpenAI sur la création musicale. Ces expériences permettent d'identifier les domaines d'amélioration et de proposer des développements futurs pour optimiser davantage le système de rétroaction et son application dans la composition musicale.

3. RÉSULTATS ET DÉFIS

3.1. Résultats préliminaires

Les expériences préliminaires menées dans le cadre de cette étude n'ont pas produit de résultats significatifs. Toutefois, ces premières tentatives ont permis d'identifier des défis et des domaines d'amélioration pour les expériences futures.

3.2. Défis

L'un des principaux défis identifiés dans cette étude est l'amélioration de la rétroaction grâce à l'implémentation d'un système de classification efficace. De plus, la démonstration actuelle est limitée à un seul utilisateur. Pour évaluer pleinement l'efficacité et l'applicabilité de cette approche, il est nécessaire d'inclure un plus grand nombre de participants et de concevoir des expériences mieux adaptées pour évaluer les impacts de la rétroaction.

4. DISCUSSION

4.1. Implications potentielles

Cette étude présente plusieurs implications potentielles pour les domaines de la musique, de l'informatique musicale et des sciences cognitives. L'intégration de l'EEG, des DAW et des méthodes de classification offre des perspectives prometteuses pour l'amélioration du processus de composition et de jeu instrumental en optimisant l'état émotionnel du musicien. Les implications incluent :

Une meilleure compréhension des liens entre les émotions, les processus cognitifs et la création musicale.

Le développement de nouvelles méthodologies et outils pour la création musicale, basés sur l'interaction entre le cerveau, les émotions et la technologie.

L'exploration de nouvelles formes d'expression artistique et musicale, fondées sur l'adaptation en temps réel à l'état émotionnel et cognitif du musicien.

La possibilité d'utiliser des méthodes similaires pour interagir avec les composantes émotionnelles et mentales des artistes dans d'autres disciplines créatives, telles que la danse, le théâtre ou les arts visuels.

4.2. Développements futurs

Afin de surmonter les défis identifiés et d'améliorer l'efficacité du système de rétroaction, plusieurs développements futurs sont envisagés :

Implémentation d'un système de classification plus sophistiqué : l'utilisation d'algorithmes d'apprentissage automatique avancés et de techniques de traitement du signal pourrait améliorer la précision de la rétroaction et optimiser davantage l'état émotionnel du musicien.

Conduite d'expériences supplémentaires avec un plus grand nombre de participants: cela permettrait d'affiner

le système de rétroaction et de le rendre plus adaptable aux besoins individuels des musiciens

Approfondissement de l'intégration de l'API OpenAI : l'intelligence artificielle pourrait être utilisée pour générer automatiquement des compositions ou des improvisations basées sur les émotions et l'état cognitif du musicien, ou pour analyser et apprendre des modèles musicaux spécifiques associés à différents états émotionnels.

5. CONCLUSION

Cette étude a exploré l'utilisation combinée de l'électroencéphalographie, des stations de travail audio numériques et des méthodes de classification pour créer un système de rétroaction visant à optimiser l'état émotionnel du musicien pendant la composition et la performance musicale. Bien que les résultats préliminaires ne soient pas encore significatifs, cette recherche interdisciplinaire ouvre la voie à de nouvelles explorations et découvertes dans les domaines de la musique, de l'informatique musicale et des sciences cognitives.

Les défis futurs incluent l'amélioration de la rétroaction grâce à l'implémentation d'un système de classification plus sophistiqué, l'inclusion d'un plus grand nombre de participants dans les expériences et l'exploration des possibilités offertes par l'intégration de l'intelligence artificielle dans la création musicale. En surmontant ces défis, cette approche intégrée pourrait offrir de nouvelles perspectives pour la compréhension des liens entre les émotions, les processus cognitifs et la musique, et pour le développement de nouvelles formes d'expression artistique basées sur ces liens.

6. BIBLIOGRAPHIE

1. Briot, Jean-Pierre, Hadjeres, Gaëtan, et Pachet, François. Deep learning techniques for music generation. Springer, 2020.
2. Celerier, Jean-Michaël, Desainte-Catherine, Myriam, et Couturier, Jean-Michel. Rethinking the audio workstation: tree-based sequencing with i-score and the LibAudioStream. In : *Sound and Music Computing Conference*. 2016.
3. Miranda, E. R., & Brouse, A. (2005). Interfacing the brain directly with musical systems: On developing systems for making music with brain signals. *Leonardo*, 38(4), 331-336.
4. Miranda, Eduardo Reck et Castet, Julien (ed.). *Guide to brain-computer music interfacing*. Springer, 2014.
5. Vulliard, P. H., Larralde, J., & Desainte-Catherine, M. (2012). Rétroaction musique-physiologie : une approche selon le paradigme des émotions. In *Journées d'Informatique Musicale*.