

INSTITUT DE FORMATION DES MANIPULATEURS EN
ÉLECTRORADIOLOGIE MÉDICALE
Centre Hospitalier Universitaire de Rennes
2, rue Henri Le Guilloux 35000 Rennes

Musique et diminution de l'anxiété : impact sur l'électroencéphalogramme ou sensation subjective ?

Eve-Lise LE GALLO

Directeur de mémoire : Rémi BERANGER

Travail de Fin d'Études

Formation de Manipulateur en Électroradiologie Médicale

Promotion 2017 – 2020



PRÉFET DE LA RÉGION BRETAGNE

**DIRECTION REGIONALE
DE LA JEUNESSE, DES SPORTS
ET DE LA COHÉSION SOCIALE**
Pôle formation-certification-métier

Diplôme d'Etat de Manipulateur en Electroradiologie Médicale

Travaux de fin d'études :

Musique et diminution de l'anxiété

Conformément à l'article L 122-4 du code de la propriété intellectuelle du 3 juillet 1992 : « toute représentation ou reproduction intégrale ou partielle faite sans le consentement de l'auteur ou de ses ayants droit ou ayants cause est illicite. Il en est de même pour la traduction, l'adaptation ou la transformation, l'arrangement ou la reproduction par un art ou un procédé quelconque ».

*J'atteste sur l'honneur que la rédaction des travaux de fin d'études, réalisée en vue de l'obtention du diplôme d'Etat de **Manipulateur en Electroradiologie Médicale** est uniquement la transcription de mes réflexions et de mon travail personnel.*

Et, si pour mon argumentation, je copie, j'emprunte un extrait, une partie ou la totalité de pages d'un texte, je certifie avoir précisé les sources bibliographiques.

Le **10/05/2020**

Signature de l'étudiant :

Fraudes aux examens :

CODE PENAL, TITRE IV DES ATTEINTES A LA CONFIANCE PUBLIQUE
CHAPITRE PREMIER : DES FAUX

Art. 441-1 : Constitue un faux toute altération frauduleuse de la vérité, de nature à causer un préjudice et accomplie par quelque moyen que ce soit, dans un écrit ou tout autre support d'expression de la pensée qui a pour objet ou qui peut avoir pour effet d'établir la preuve d'un droit ou d'un fait ayant des conséquences juridiques.

Le faux et l'usage de faux sont punis de trois ans d'emprisonnement et de 45 000 € d'amende.

Loi du 23 décembre 1901, réprimant les fraudes dans les examens et concours publics.

Art. 1^{er} : Toute fraude commise dans les examens et les concours publics qui ont pour objet l'entrée dans une administration publique ou l'acquisition d'un diplôme délivré par l'Etat constitue un délit.

Remerciements

Je tiens à remercier Rémi BERANGER, mon directeur de mémoire, dont l'expérience et les conseils ont été plus que précieux.

Je remercie aussi mes camarades de promotion, et futurs collègues, pour leur soutien sans faille à chaque moment d'interrogation ou de doute.

Merci à mes formateurs, qui ont su être disponibles malgré les conditions particulières dans lesquelles ce travail a été mené.

Je souhaite également remercier ma famille et mes amis, pour leur accompagnement, leur relecture et leurs encouragements.

Merci à Tom, qui m'a aidée à garder ma motivation et m'a soutenue en me rendant le quotidien plus doux tout au long de ce travail. Les thés au citron qu'il m'a apportés durant ma rédaction ont grandement facilité celle-ci.

*« La vie sans musique est tout simplement une erreur, une fatigue, un
exil. »*

Friedrich Nietzsche

Glossaire

DDP : Différence De Potentiel

EEG : Électroencéphalogramme

HPN : Hyperpnée

IRM : Imagerie par Résonance Magnétique

PMR : « Progressive Muscle Relaxation »

REM : « Rapid Eye Movement »

SNC : Système Nerveux Central

SWS : « Slow Wave Sleep »

TBRT : « Triarchic Body-Pathway Relaxation Technique »

Table des matières

I. Introduction.....	1
II. Cadre conceptuel.....	2
2.1. Situation d'appel.....	2
2.2. Quelques définitions et concepts.....	2
2.2.1. L'anxiété.....	2
2.2.2. La relaxation.....	3
2.2.3. Le bien-être.....	3
2.2.4. L'émotion.....	3
2.2.5. L'électroencéphalographie.....	4
a) Définition.....	4
b) Lobes cérébraux.....	4
c) Description du matériel et de l'environnement.....	4
d) Ondes cérébrales.....	5
e) Indications et contre-indications.....	5
f) Déroulement de l'examen.....	5
g) Analyse de l'électroencéphalogramme.....	6
h) Avantages et limites.....	6
2.2.6. La musique.....	6
a) Un phénomène physique.....	6
b) Un art.....	7
c) Perception.....	7
d) Le paysage sonore.....	8
2.3. Intérêt de l'objet de recherche.....	8
III. Méthodologie de recherche.....	11
3.1. Élaboration de l'algorithme de recherche.....	11
3.2. Méthode de sélection des articles.....	12
3.3. Informations collectées.....	13
IV. Résultats.....	14
4.1. Types de musique étudiés.....	14
4.2. Impact de la musique sur le bien-être ressenti.....	14
4.3. Impact de la musique sur l'électroencéphalogramme.....	16
4.3.1. Alpha.....	16

4.3.2. Bêta.....	17
4.3.3. Thêta.....	17
4.3.4. Autres ondes cérébrales.....	18
V. Discussion.....	19
5.1. Points faibles.....	19
5.2. Points forts.....	21
5.3. Application en imagerie médicale.....	21
VI. Conclusion.....	23
VII. Bibliographie.....	24
Annexes.....	26

I. Introduction

Il n'est pas rare de prendre en charge des patients anxieux en imagerie médicale. Cet état peut être dû à plusieurs facteurs tels que la méconnaissance des examens et appareils, l'appréhension de la pose d'un cathéter ou la crainte du diagnostic [1]. Forts de ce constat, certains établissements ont mis en place des systèmes sonores permettant l'écoute de musique au cours des examens, dans l'objectif de diminuer la nervosité des patients. Étant donné que la majorité des patients semble apprécier cette possibilité [2], il me semble important de mettre en évidence le rôle éventuel de la musique dans la diminution de l'anxiété. Faute de données scientifiques explicites à ce sujet, le but de cette étude est donc de déterminer de quelle façon la musique peut-elle agir sur le bien-être et le niveau d'anxiété. Concrètement, je me suis alors posée la question suivante :

La musique a-t-elle un effet de relaxation, au sens de diminution de l'anxiété, observable ?

Pour y répondre, j'ai estimé que les explorations fonctionnelles neurologiques, et notamment l'électroencéphalogramme (EEG), seraient de bonnes ressources. En effet, l'EEG est une méthode de mesure de l'activité électrique cérébrale qui permet le diagnostic de nombreux troubles ou événements neurologiques. Or, il faut savoir que les stimulations sensitives, y compris auditives, sont transmises et traitées au niveau cérébral dans des aires définies. Le traitement de l'information musicale est donc potentiellement observable à l'EEG. Par ailleurs, et contrairement à l'imagerie par résonance magnétique (IRM), qui permet elle aussi l'étude cérébrale, l'EEG peut être réalisé dans des conditions à influence moindre sur l'individu, puisque c'est un examen non bruyant, lors duquel le sujet peut être installé à son aise, assis ou allongé.

De nombreux travaux ont été menés en ce qui concerne l'impact potentiel de la musique sur les ondes cérébrales, le développement neurologique et l'état émotionnel. Bien que des phénomènes physiologiques aient été observés dans le cadre de l'écoute musicale, ceux-ci n'ont pas été condensés, ce qui à l'heure actuelle, ne permet pas de conclure à un schéma universel de l'influence de la musique sur l'activité cérébrale. Cette revue de la littérature a donc pour but de synthétiser les connaissances apportées par les précédents écrits, afin de mettre en lumière l'éventuelle influence de la musique sur l'activité cérébrale et sur la diminution de l'anxiété.

II. Cadre conceptuel

2.1. Situation d'appel

Ma formation pratique m'a permis de découvrir différents environnements, modes d'exercice et différentes patientèles. Pour autant, s'il y a au moins un élément auquel j'ai été confrontée au cours de tous mes stages, c'est l'anxiété de certains patients. En effet, j'ai observé qu'un nombre non négligeable d'entre eux étaient anxieux en amont et/ou au cours de leur examen d'imagerie ou traitement. La communication thérapeutique apparaît actuellement comme le remède de première intention dans cette situation. Cependant, cela ne suffit pas toujours à apaiser les patients. Ainsi, il arrive parfois que certains vivent mal leur examen, voire le refusent.

Après avoir été formée dans des centres dispensant de la musique pendant la réalisation des examens ou traitements, j'ai remarqué que cela semblait avoir un impact positif sur le niveau d'anxiété des patients. Malgré cette impression, les recherches préliminaires menées dans le cadre de ce travail, m'ont permis de constater l'inexistence de recommandations au sujet de l'utilisation de musique en imagerie médicale. J'ai donc décidé d'étudier l'influence de la musique sur l'état psycho-somatique des individus, par le biais de l'EEG, dans le but de conclure à un éventuel intérêt thérapeutique de son utilisation au cours des examens d'imagerie.

2.2. Quelques concepts et définitions

2.2.1. L'anxiété

D'après l'auteur André Le Gall (2001), c'est un état affectif négatif dû à la perception ou la crainte d'un danger proche [3]. Elle se situe entre l'angoisse et l'inquiétude, qui se manifestent par des états respectivement plus et moins intenses. On décrit 3 types d'anxiété qui vont du normal au pathologique :

- L'anxiété d'objet est une manifestation banale et commune. Elle est liée à une situation précise ou un objet réel démesurément craint. C'est par exemple, la crainte de rentrer dans un appareil d'IRM. Cela signifie que la situation et l'objet sont appréhendés mais l'anxiété est surmontable avec une aide externe.
- L'attente anxieuse, quant à elle, caractérise la situation de confusion d'une personne confrontée à des changements importants dans sa vie. Ces changements sont généralement d'ordre familial (perte d'un proche, naissance), professionnel (diplôme, reconversion) ou immobilier (déménagement, vente d'un bien). Or, la personne dans l'attente anxieuse n'est pas prête à faire face à ces changements, ce qui lui prodigue un sentiment d'insécurité, de doute et de perte du sens de son existence. Cet état anxieux se manifeste discrètement mais de façon diffuse pour l'individu. Dans cette situation, une prise en charge psychologique est conseillée.
- Enfin, le dernier type d'anxiété est l'anxiété inconsciente, considérée comme pathologique. Elle est due à un refoulement qu'il convient d'identifier à l'aide d'une thérapie. Ce refoulement méconnu par la personne provient généralement d'une situation vécue dans l'enfance et source de peurs. Cela peut mener au développement de phobies et d'angoisses existentielles, avec potentiellement des accès paroxystiques comme des crises de panique.

2.2.2. La relaxation

« Relaxation » vient du verbe *relaxer* qui est un mot ancien dans la langue française (XII^e siècle) signifiant à l'origine « pardonner » [4]. Ce sens premier lui vaut l'utilisation juridique du terme *relaxer* pour exprimer le fait de « remettre en liberté ». Mais ce mot prend un sens différent selon les cultures et les langues. Au XVI^e siècle, le verbe anglais *to relax* signifie alors « la détente de l'esprit ». En France, le mot évolue naturellement au fil des siècles pour se rapprocher du sens de sa racine latine *relaxatio* qui est « le repos, la détente ». Au XIX^e siècle, le terme médical *relanssacion* qui veut dire « relâcher, desserrer un pansement » fusionne avec le sens latin pour décrire la « décontraction musculaire ».

Les significations anglaise et française ont depuis été combinées pour associer les aspects physique et psychologique de la relaxation. Le terme *relaxation* renvoie donc aujourd'hui à la notion de « détente psycho-corporelle ».

2.2.3. Le bien-être

D'après le Centre National de Ressources Textuelles et Lexicales (2012), le bien-être est le « *sentiment général d'agrément, d'épanouissement que procure la pleine satisfaction des besoins du corps et/ou de l'esprit* » [5]. D'un point de vue physiologique, le bien-être est bien différent du plaisir et du bonheur qui sont des états émotionnels liés respectivement à la production de dopamine et de sérotonine. Il n'a pas de lien avéré avec une sécrétion hormonale donnée, mais est plutôt un état qui s'évalue individuellement et de manière subjective. Le bien-être est le plus souvent l'origine ou le résultat d'une composante physique. Ainsi, la santé, la sécurité financière, la pratique d'une activité physique ou intellectuelle peuvent induire une sensation de bien-être. Réciproquement, cette sensation de bien-être peut accroître le sentiment d'harmonie avec soi et les autres, de réalisation de soi.

Le bien-être est un concept global qui prend en compte de nombreux facteurs tels que la réussite professionnelle, sentimentale, économique et plus généralement la perception d'avoir un mode de vie équilibré. Ces facteurs sont propres à chacun et sont modulés en fonction des objectifs de vie et motivations personnelles. Ils n'ont donc pas tous le même poids dans la perception individuelle du bien-être. Le sentiment de bien-être consiste en résumé à se sentir bien tant au niveau physique que psychologique.

2.2.4. L'émotion

Il existe une interaction permanente entre un individu et son environnement. Or, cet environnement est la source de nombreux stimuli, susceptibles d'agir sur le fonctionnement de l'organisme de l'individu. Une réponse plus ou moins globale peut donc être observée, notamment sur le versant comportemental, physiologique, verbal ou neurologique [6]. En cela, l'émotion est le résultat d'une expérience psycho-physiologique à un instant donné, soit le résultat d'une interaction. On décrit des émotions primaires telles que la joie, la tristesse, la colère, la peur, le dégoût et la surprise. Ces émotions peuvent être combinées et nuancées, et forment ainsi une vaste palette d'états émotionnels pouvant être ressentis, comme l'état de sérénité.

2.2.5. L'électroencéphalographie

a) Définition

L'électroencéphalographie est une discipline para-clinique qui comprend un ensemble de méthodes d'enregistrement et d'analyse de l'activité électrique cérébrale. Parmi ces méthodes on trouve les potentiels évoqués, la magnéto-encéphalographie, l'EEG de sommeil et l'EEG dit de routine [7]. C'est cette dernière technique que j'ai choisi d'étudier et que je nommerai *EEG* tout au long de ce travail.

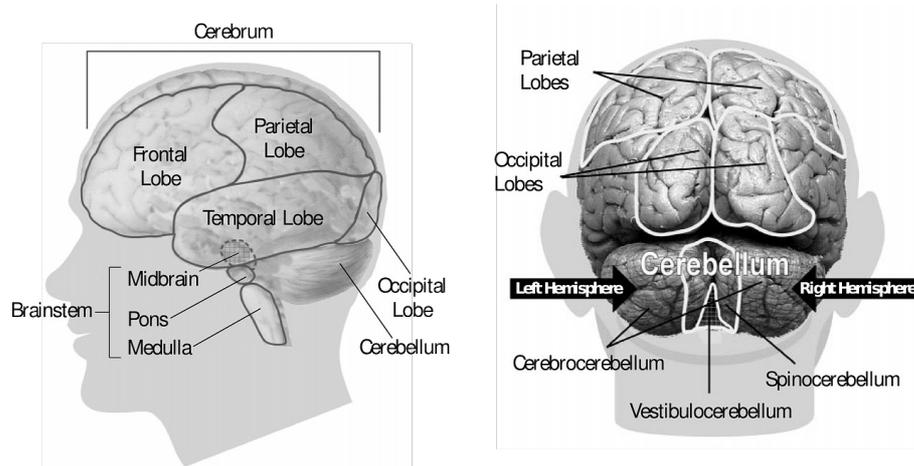


Figure 1 : Illustration représentant la répartition des principaux lobes cérébraux

b) Lobes cérébraux

L'EEG rend possible l'étude temporelle de l'activité électrique cérébrale, ce qui signifie que l'enregistrement permet de suivre cette activité au cours du temps et de l'expliquer par différents stimuli de l'environnement. Mais il permet aussi une étude spatiale. En effet, on divise habituellement le cerveau en hémisphères droit et gauche, et en lobes frontaux, temporaux, pariétaux et occipitaux (Figure 1). Afin d'avoir notion des différences d'activités entre zones cérébrales, cette organisation en lobes régit la disposition du matériel d'acquisition de l'EEG.

c) Description du matériel et de l'environnement

Pour limiter les artéfacts, l'examen doit être réalisé dans un environnement calme et isolé, sans autre condition particulière, l'EEG étant mobile. Les dispositifs actuels d'enregistrement et de recueil de l'EEG sont tous issus d'un système numérique [8], je ne développerai donc que ces derniers. Le matériel nécessaire est le suivant :

→ les électrodes : Elles sont positionnées sur le cuir chevelu sous forme de cupules ou de tampons. Une pâte conductrice, ou solution saline, favorise leur adhérence avec le scalp. Les électrodes sont le plus souvent disposées sur un bonnet selon le système 10/20 de Jasper. Leurs positions sont donc clairement définies et concordent avec l'organisation lobaire du cerveau afin que chacune recueille l'activité d'une zone cérébrale précise. Chaque électrode est nommée en fonction du lobe qu'elle enregistre et de l'hémisphère concerné, ce qui permet d'identifier facilement les zones cérébrales correspondantes. Les électrodes captent les micro-courants présents au niveau du scalp et les transmettent à une boîte tête par le biais de câbles.

→ la boîte têtère : Elle reçoit les activités enregistrées par les électrodes grâce à un multiplexage. Cela signifie que tous les signaux recueillis sont combinés sans perdre leur information localisatrice. Les courants électriques perçus sont micro-voltés et difficilement analysables. Ils sont donc amplifiés par des amplificateurs au sein de la boîte têtère. Une fois amplifiés, des filtres leur sont appliqués afin de purifier le signal. Un filtre passe-bas à 50 Hz permet par exemple de supprimer l'influence du courant électrique industriel. La boîte têtère comprend également un convertisseur analogique digital qui va transformer le signal du courant en lumière. Le signal lumineux est alors transmis sans perte à un ordinateur, grâce à la fibre optique.

→ l'ordinateur : Il comprend un processeur et une carte graphique qui permettent le codage informatique du signal lumineux grâce à la transformée de Fourier. Une fois codé et traité, le signal recueilli par les électrodes peut être affiché à l'écran, stocké, analysé puis archivé.

d) Ondes cérébrales

Les ondes cérébrales enregistrées à l'EEG ont une forme assimilée comme sinusoïdale. Leurs fréquences sont variables bien que physiologiquement inférieures à 50 Hz. Les principales familles d'ondes cérébrales sont les suivantes :

→ les ondes bêta : de 13 à 30 Hz, rythme caractéristique des éveils calme et actif

→ les ondes alpha : de 8 à 13 Hz, rythme physiologique de l'éveil calme, yeux fermés

→ les ondes thêta : de 4 à 8 Hz, rythme typique de la baisse de vigilance et du sommeil

→ les ondes delta : de 0.5 à 4 Hz, surtout présentes dans l'EEG de l'enfant, en phase d'endormissement. Les ondes delta sont pathologiques chez l'adulte, hors le cas du sommeil profond.

e) Indications et contre-indications

Bien que l'examen soit plus difficile à réaliser et/ou à interpréter dans certaines situations (patient non coopérant, tremblement, cheveux épais), il n'existe pas de contre-indications à l'EEG. Les indications sont quant à elles nombreuses, sans limite d'âge : épilepsie, encéphalopathies, bilan de malaise avec ou sans perte de connaissance, état confusionnel, diagnostic, pronostic et surveillance de coma, diagnostic de mort cérébrale et troubles du sommeil.

f) Déroulement de l'examen

L'EEG d'un patient coopérant doit durer au minimum 20 minutes pour être considéré comme satisfaisant. Dans un premier temps, le patient est reçu dans un environnement calme et est installé confortablement, assis ou allongé. Le technicien positionne alors les électrodes sur le scalp et les branche. Les impédances des électrodes sont contrôlées pour vérifier que celles-ci captent bien l'activité électrique corticale et que la chaîne d'acquisition fonctionne correctement. La majeure partie de l'enregistrement se fait en condition de veille calme, yeux fermés.

L'activité électrique cérébrale existe de façon permanente à un état basal, mais pour évaluer son niveau de réactivité, des stimulations sont effectuées au cours de l'examen.

Régulièrement, le patient doit fermer et ouvrir les yeux afin d'observer la réaction d'arrêt du rythme alpha à l'ouverture. Une à deux phases d'hyperpnée (HPN) sont aussi demandées. L'HPN entraîne une hyperventilation qui limite les échanges gazeux au niveau cérébral. Ainsi, le taux de dioxyde de carbone augmente dans le cerveau, ce qui favorise la survenue de crises chez les patients épileptiques. Enfin a lieu la stimulation lumineuse intermittente (SLI), c'est-à-dire que le patient est exposé à des flashes lumineux de fréquence connue. Les ondes cérébrales ont physiologiquement tendance à calquer leur fréquence sur celle de la SLI, cette stimulation permet donc d'évaluer la capacité d'entraînement neural. Elle peut aussi mettre en évidence le caractère photosensible d'une épilepsie. Chaque stimulation doit être notifiée sur l'EEG et toute anomalie observée doit être reportée. L'examen se termine en veille calme, puis le technicien retire les électrodes et le tracé peut être analysé.

g) Analyse de l'électroencéphalogramme

Elle se fait par analyse des fréquences et des différences de potentiel (DDP) entre électrodes. Pour cela, les électrodes sont le plus souvent couplées 2 par 2 pour permettre une analyse bipolaire. On appelle « dérivation » les paires d'électrodes formées. Les multiples combinaisons possibles permettent de former différents montages. Un montage d'EEG est l'organisation selon laquelle on choisit d'afficher les différentes dérivations. Analyser un EEG avec différents montages est essentiel car selon les combinaisons d'électrodes, les DDP seront plus ou moins importantes et n'auront pas la même valeur diagnostique.

h) Avantages et limites

L'EEG est un examen accessible, non invasif, peu coûteux, mobile et reproductible. Malheureusement, il est très sensible et peut être soumis à de nombreux artefacts comme la pulsation des vaisseaux, la contraction musculaire, les mouvements oculaires et la sudation. Sa limite principale est son interprétation, qui reste complexe pour un professionnel peu expérimenté.

2.2.6. La musique

a) Un phénomène physique

D'un point de vue physique, on considère la musique comme un assemblage d'ondes sonores audibles. Telles les ondes sonores, la musique est donc une onde mécanique. Cela signifie que c'est un phénomène spatio-temporel, qui consiste en une propagation d'énergie sans déplacement de matière au sein d'un milieu matériel élastique comme l'air. Son caractère audible implique que la fréquence des ondes musicales soit comprise entre 20 Hz et 20 kHz. Cela nous permet d'amorcer les différents paramètres qualifiant une onde sonore :

→ Les harmoniques : Il est rare de rencontrer des sons purs. La majeure partie de la musique est alors constituée de sons complexes, qui sont des combinaisons de sons purs. Les ondes de sons complexes sont l'association de plusieurs ondes sinusoïdales monochromatiques. Chaque onde sinusoïdale de son pur code une harmonique. Le

nombre d'harmoniques et leurs fréquences définit le timbre d'un son. C'est la caractéristique qui permet de différencier des instruments entre eux ou des voix.

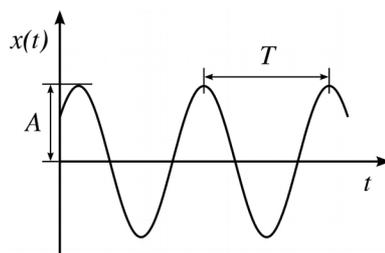


Figure 2 : Onde sinusoïdale monochromatique

→ L'amplitude : En terme musical, c'est l'intensité. Si on considère une onde sinusoïdale de son pur, ou monochromatique, on peut lire l'amplitude A au niveau du maximum de l'onde (Figure 2). Elle définit le volume du son. Plus une onde a une amplitude élevée, plus le volume du son est important.

→ La fréquence : C'est ce qu'on appelle musicalement la hauteur du son. Elle définit la propriété grave ou aiguë d'un son. Prenons le cas simplifié d'une onde sinusoïdale monochromatique. On peut observer qu'un motif se répète au cours du temps. La période « T » de l'onde est la durée (en secondes) qui sépare 2 répétitions successives de ce motif. La période permettra elle-même de calculer la fréquence « f » de l'onde grâce à la formule suivante :

$$f = 1 / T$$

Plus la fréquence est élevée, plus le son sera aigu, plus elle est basse, plus le son sera grave.

b) Un art

Comme je viens de le présenter, la musique se définit comme un phénomène physique. Mais c'est aussi et surtout l'art d'agencer des notes en les modulant en fonction des 3 paramètres évoqués précédemment. Elle est donc avant tout, pour les créateurs comme les auditeurs, un moyen d'expression individuel et collectif qui se sent par l'ouïe et se ressent par les émotions qu'elle transmet. Les œuvres produites, comme dans les autres arts existant, sont subjectives, c'est-à-dire que l'appréciation d'une pièce musicale est propre à chacun. Pour autant, ce travail de recherche permettra de développer l'éventuelle existence d'une musique objective et appréciable par le plus grand nombre.

c) Perception

La perception musicale comprend une chaîne de transmission complexe. Tout d'abord, une onde sonore est captée par l'appareil auditif périphérique. Celui-ci la transmet sous forme de vibration à la cochlée. Au sein de la cochlée se trouvent des cellules ciliées qui permettent la propagation de l'onde. D'autres cellules, les cellules sensorielles cochléaires, sont excitées par cette vibration et en codent les paramètres (intensité, hauteur, durée). Après avoir codé ces informations, la cochlée crée des potentiels efférents transmis via le nerf cochléaire au tronc cérébral. L'influx nerveux codant l'onde sonore est ensuite acheminé jusqu'au cerveau, notamment au niveau du cortex auditif primaire. Différentes aires constituent ce cortex et traitent alors l'influx nerveux. Le décodage de l'influx a lieu et les caractéristiques sonores sont analysées

simultanément (hauteur, timbre, durée des notes, paroles). L'information sonore peut ainsi avoir des répercussions sur l'ensemble du réseau cérébral (analyse sémantique des paroles, analyse émotionnelle, mnésique, etc) [9].

d) Le paysage sonore

Pour conclure sur la notion de *musique*, il ne faut pas la réduire uniquement aux définitions précédentes car elle ne se limite pas aux seules œuvres produites. Ce qui fait son intérêt, c'est plutôt son omniprésence dans notre mode de vie, dans notre langage, notre environnement. Ainsi, chacun est libre d'apprécier la musicalité des mots ou encore les ambiances sonores dans lesquelles il évolue, telles que le bruit du trafic et le clapotement de la pluie. L'intérêt de la musique est qu'elle se trouve partout.

2.3. Intérêt de l'objet de recherche

Tout individu est susceptible de ressentir de l'anxiété au cours de sa vie. Si cela est généralement sans incidence, lorsqu'elle est à son maximum, l'anxiété peut conduire à des symptômes psychologiques et physiologiques importants tels que la modification des fréquences du système cardio-respiratoire, le malaise vagal, la crise de panique et la paranoïa [3]. Ces maux peuvent avoir de fortes répercussions sur la qualité de vie des individus, notamment sur leur perception de bien-être. Ils peuvent les limiter dans leurs accomplissements et entraîner à terme un syndrome dépressif. Pour éviter l'impact négatif de l'anxiété, il existe de nombreux moyens, curatifs comme symptomatiques, tels que la pratique d'une activité physique ou intellectuelle, la méditation, le recours à une thérapie, ...

Dans le cadre des soins, et plus particulièrement de l'imagerie médicale, l'anxiété peut perturber la réalisation de l'examen. Je souhaite d'ailleurs souligner le fait que, bien qu'on puisse penser que les patients anxieux pris en charge en imagerie manifestent préférentiellement une anxiété d'objet (cf §2.2.1), il ne faut pas négliger le contexte de vie de chacun d'entre eux. Cela induit que les patients admis en imagerie peuvent présenter n'importe lequel des 3 types d'anxiété décrits précédemment.

D'après mes observations sur le terrain, il m'a semblé que les patients anxieux avaient plus de difficultés à rester immobile que les autres. Leur anxiété semblait les inciter à bouger de façon déraisonnable, ayant pour conséquence une altération de la qualité image et donc de l'examen. Aussi, la relation de soin était plus difficile à établir, l'anxiété se posant comme une barrière à la communication. Si dans la majorité des cas, cela impacte alors la qualité d'image et la relation soignant-soigné, l'état anxieux peut aussi compromettre l'examen en lui-même, par le désistement de certains patients [1]. La diminution de la qualité d'image et le désistement sont très problématiques car ils représentent des pertes de chance pour les patients, par la limitation de l'apport diagnostique voire l'impossibilité à réaliser ce diagnostic.

Par conséquent, les professionnels de santé sont formés à l'analyse de la situation relationnelle et de l'état émotionnel. Lorsqu'un patient est considéré comme anxieux, la réponse de ceux-ci est alors, la plupart du temps, l'utilisation de la communication thérapeutique. Si ce mode de communication s'avère efficace dans de nombreuses situations, il ne suffit pas toujours à

permettre aux patients de se relaxer. De ce fait, il est nécessaire de recourir à d'autres outils afin que les patients anxieux puissent bénéficier de leur examen, ce dans les meilleures conditions possibles, et avec un apport diagnostique équivalent à celui de patients non anxieux. Actuellement, l'outil le plus utilisé en second recours est l'hypnose. Cependant, celle-ci implique que du personnel soignant soit formé et disponible pour prendre en charge les patients qui en ont besoin, ce qui n'est pas toujours possible. En effet, hors le cas des sujets claustrophobes nécessitant une IRM, il est rare que l'anxiété des patients soit connue en amont d'un examen, ce qui pose le problème de la disponibilité des personnels formés à l'hypnose. Par ailleurs, les conditions d'exercice et les locaux ne permettent pas toujours une mise en œuvre adaptée de cette pratique. Il serait donc avantageux de trouver d'autres outils permettant la diminution de l'anxiété au cours des examens d'imagerie médicale.

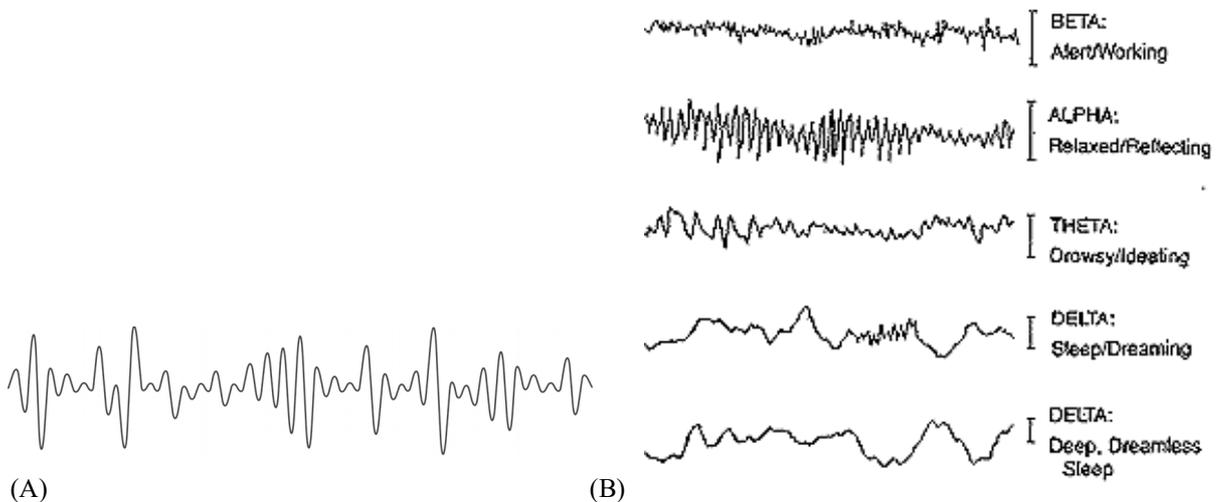


Figure 3 : Illustrations représentant une onde musicale issue d'un son complexe (A) et les familles d'ondes cérébrales connues à ce jour (B).

Comme abordé précédemment, la musique a cette vertu d'être omniprésente dans notre quotidien. De cette façon, on peut l'assimiler à un stimulus familier au sein de notre environnement, susceptible d'impacter nos émotions. En plus de cette faculté, son décodage, tant sur les composantes linguistique qu'instrumentale, permet de considérer la musique comme une activité intellectuelle. Cela signifie qu'elle aurait une possible influence sur la perception de bien-être et donc sur l'anxiété. Cette éventualité m'a poussée à me questionner et à effectuer quelques recherches préliminaires qui m'ont rapidement fait prendre conscience de la pauvreté des informations à ce propos. J'ai alors décidé de travailler à partir de la question de départ suivante :

La musique a-t-elle un effet de relaxation, au sens de diminution de l'anxiété, observable ?

Pour y répondre, je me suis dans un premier temps interrogée sur le mode de perception de la musique. Cela m'a permis de définir par quel(s) moyen(s) celle-ci pourrait être détectable si un effet de relaxation était avéré. Étant donné le mode de traitement de l'information sonore et les similitudes physiques entre les tracés résultant de l'EEG et les ondes musicales (Figure 3), j'en ai déduit que le moyen le plus fiable était d'étudier l'EEG en cours d'écoute musicale. On pourrait penser que l'IRM est un examen de meilleure intention dans cette étude car elle offre

une meilleure résolution spatiale pour localiser les zones cérébrales où l'activité est la plus intense. Cependant, l'objet de cette recherche porte sur l'anxiété et le sentiment de bien-être ou de relaxation. Or, l'environnement et le déroulement d'un examen IRM impliquent des conditions pouvant entraver ces sentiments, tels que le bruit et la morphologie de l'appareil en tunnel quasi-fermé. Ce sont des facteurs trop influents sur l'état émotionnel [1] pour permettre une observation objective de l'impact de la musique.

Lors de la construction de mon cadre conceptuel, j'ai d'abord cherché des ouvrages et articles en rapport avec mon thème de recherche. Je me suis vite aperçue que les données concernant ce sujet étaient limitées, et même inexistantes en Français. Ma première idée fut alors de mener une méthode expérimentale mais cela posait les problèmes éthiques et organisationnels suivants :

- Obligation de rassembler un comité de protection des personnes
- Nécessité de contracter une assurance couvrant les éventuels dommages liés à la recherche
- Besoin de moyens financiers couvrant les examens réalisés dans le cadre de la recherche
- Nécessité de recruter des investigateurs experts en neurologie et aptes à assurer un suivi des participants en cas de découverte d'une pathologie au cours de l'EEG expérimental

Face aux difficultés incompressibles de mise en œuvre d'une méthode expérimentale, j'ai décidé de réaliser une revue de la littérature. Le but de ce travail est donc de synthétiser les connaissances apportées par les précédents écrits, afin de mettre en lumière le lien éventuel entre l'écoute de musique et une diminution de l'anxiété, appuyée par l'EEG. En ce sens, si une influence est prouvée, cela permettrait de démarginaliser la mise à disposition de musique durant les examens d'imagerie médicale et traitements. Aussi, j'ai pu observer au cours de mes stages que la musique, initialement prévue pour augmenter le confort du patient, était régulièrement choisie en fonction du goût musical des professionnels, et donc pas toujours adaptée. Des données significatives sur les types de musique les plus propices au bien-être permettraient l'émergence de recommandations, notamment pour aiguiller les professionnels dans leur prise en charge du confort du patient.

III. Méthodologie de recherche

3.1. Élaboration de l'algorithme de recherche

Pour constituer ma liste d'articles d'intérêt, j'ai choisi d'utiliser la base de données Medline qui regroupe une grande quantité d'articles scientifiques. Afin d'obtenir une sélection intéressante, il a fallu déterminer un algorithme de recherche, c'est-à-dire une combinaison de mots permettant à la fois d'inclure et d'exclure efficacement les articles pertinents pour mon sujet. J'ai d'abord déterminé les 3 termes définissant le mieux mon sujet :

EEG – Musique – Anxiété

Après avoir exploré la base de données, j'ai remarqué que chaque article était référencé grâce à des termes « MeSH ». Sur Medline, les articles sont indexés en fonction des sujets qu'ils abordent. Les termes « MeSH » sont donc comme des mots-clés qui permettent de classer efficacement les articles dans le répertoire. Ma première recherche fut la suivante :

electroencephalography [MeSH Terms] AND music [MeSH Terms] AND anxiety [MeSH Terms]

Elle n'a produit que 7 résultats. J'ai alors sélectionné 4 articles repères pertinents pour mon sujet, de façon arbitraire, afin d'en comparer les termes MeSH. Cela m'a permis de valider l'utilisation des termes « electroencephalography » et « music » au détriment de « eeg », « electroencephalogram » ou « music therapy », « music/psychology », « sound », ...

En ce qui concerne le champ lexical de l'anxiété ou du bien-être, j'ai remarqué que les termes MeSH s'y rapportant étaient soit très variables, soit inexistantes. J'ai donc préféré utiliser le référencement « Title/Abstract » pour cette partie de l'algorithme. J'ai établi une liste de mots en lien avec l'anxiété ou le bien-être. La sélection des mots-clés utiles dans l'algorithme s'est faite en les supprimant un par un et en observant leur impact sur les résultats. Lorsque la suppression d'un terme ne modifiait pas le nombre de résultats ou excluait des articles hors sujets, ce terme était supprimé définitivement. Le test a commencé avec l'algorithme suivant :

electroencephalography [MeSH Terms] AND music [MeSH Terms] AND (well being [Title/Abstract] OR comfort [Title/Abstract] OR peace of mind [Title/Abstract] OR tranquility [Title/Abstract] OR quietness [Title/Abstract] OR relaxation [Title/Abstract] OR serenity [Title/Abstract] OR relax [Title/Abstract] OR relaxing [Title/Abstract] OR prosperity [Title/Abstract] OR therapeutic [Title/Abstract] OR therapy [Title/Abstract] OR relief [Title/Abstract] OR alleviation [Title/Abstract] OR easing [Title/Abstract] OR solace [Title/Abstract] OR suffering [Title/Abstract] OR pain [Title/Abstract] OR misery [Title/Abstract] OR distress [Title/Abstract] OR stress [Title/Abstract] OR tension [Title/Abstract] OR strain [Title/Abstract] OR interest [Title/Abstract] OR benefit [Title/Abstract] OR quiet [Title/Abstract] OR calm [Title/Abstract] OR peacefulness [Title/Abstract] OR calmness [Title/Abstract] OR stillness [Title/Abstract] OR security [Title/Abstract] OR peace [Title/Abstract] OR pleasant [Title/Abstract] OR anxious [Title/Abstract] OR anxiety [Title/Abstract] OR nervous [Title/Abstract] OR nerve [Title/Abstract] OR edgy [Title/Abstract] OR tense [Title/Abstract] OR jittery [Title/Abstract] OR anguish [Title/Abstract] OR apprehension [Title/Abstract] OR mood [Title/Abstract])

Cet algorithme permettait d'obtenir **118** résultats mais de nombreux termes se sont avérés sans influence sur ce nombre, ou bien renvoyaient à des articles hors sujets. Le détail de la phase de test est disponible en Annexe I. Celle-ci m'a permis de passer de l'algorithme précédent à celui-ci :

electroencephalography [MeSH Terms] AND music [MeSH Terms] AND (relaxation [Title/Abstract] OR interest [Title/Abstract] OR calm [Title/Abstract] OR pleasant [Title/Abstract] OR nervous [Title/Abstract] OR mood [Title/Abstract])

Cet algorithme a été retenu comme algorithme final. Il a été testé pour la dernière fois le 17 mars 2020 et a permis d'identifier **64 articles**. La liste des résultats est disponible en Annexe II.

3.2. Méthode de sélection des articles

La sélection s'est appuyée sur les critères suivants.

Critères d'inclusion :
-analyse de l'EEG
-écoute de musique
-rapport au bien-être

Critères d'exclusion :
-article traitant du neurofeedback *
-musique réduite à l'analyse d'un de ses paramètres, ex : analyse du traitement du rythme musical par le cortex auditif
-article traitant des liens entre musique et activité motrice / apprentissage / mémoire
-article dans une langue différente du Français, de l'Anglais et de l'Allemand
-étude concernant une autre espèce que l'être humain

Ainsi, sur les **64** articles retenus, ceux rédigés dans une langue autre que le Français, l'Anglais ou l'Allemand ont été exclus (**n = 3**). Les **61** restants traitant tous de l'espèce humaine, ils ont été triés à la lecture du titre, puis du résumé. De cette manière, **23** articles ont été jugés hors sujets à la lecture du titre, **24** l'ont été à la lecture du résumé. Cela a permis de conserver **14** articles potentiellement pertinents. Parmi ceux-ci, seuls **10** ont pu être lus en intégralité, les autres (**n = 4**) n'étant pas disponibles. Enfin, **1** article a été jugé hors sujet à la lecture intégrale. Au final, cette revue de la littérature s'est appuyée sur **9** articles publiés de 1993 à 2019. La démarche de tri des articles est synthétisée dans la Figure 4.

** : Le neurofeedback est une thérapie qui consiste à enregistrer l'EEG d'une personne. Après avoir évalué les éventuelles anomalies du tracé, le thérapeute les indique à son patient et le forme afin que celui-ci puisse apprendre à modifier son EEG. Le but de cette méthode est de contrôler l'EEG afin d'en supprimer les anomalies, de façon à apaiser les maux potentiellement causés par celles-ci.*

DIAGRAMME DE FLUX

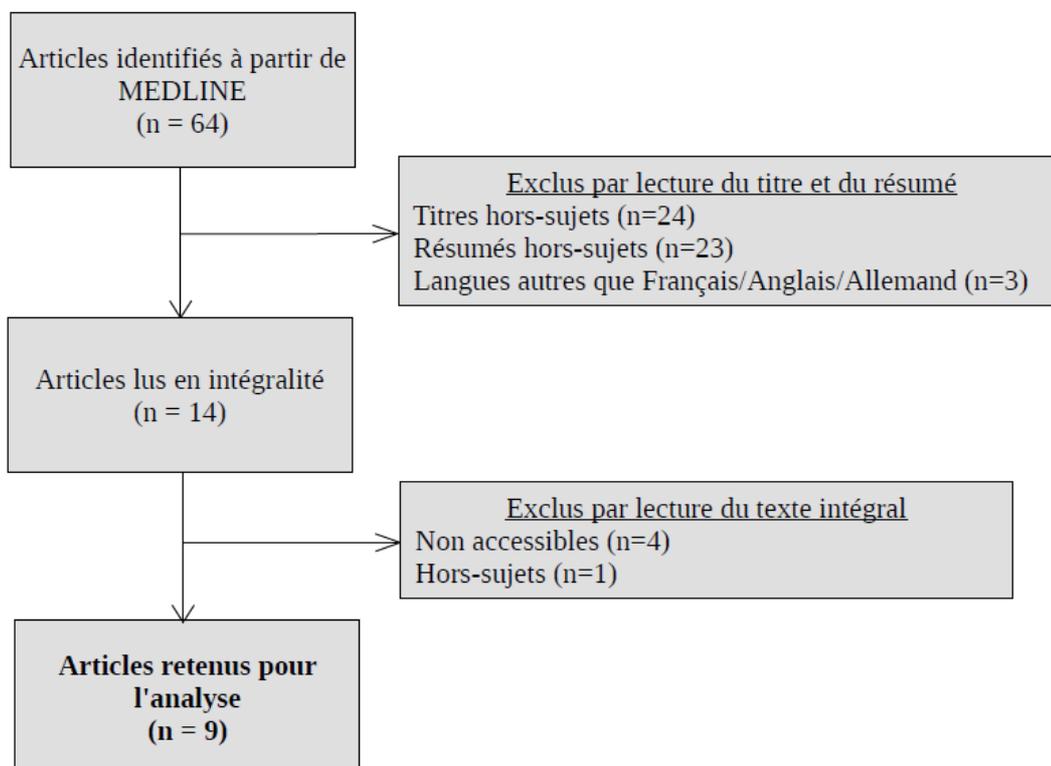


Figure 4 : Diagramme de flux illustrant la méthode de sélection des articles de recherche utilisés dans cette revue de la littérature

3.3. Informations collectées

Pour chacun des 9 articles analysés, les données ont été répertoriées selon une logique identique. Les articles ont d'abord été référencés précisément avec titre, nom des auteurs, année de publication et mots-clés. L'objectif de chaque étude menée a été mis en évidence avec description des éléments comparés. Les résultats d'études ont été résumés sous forme d'un commentaire propre à chaque article, et des éléments critiques ont été pointés pour informer sur la fiabilité des études en fonction de leurs points forts et points faibles. L'ensemble de ces informations est consultable en Annexe III.

IV. Résultats

4.1. Types de musique étudiés

Tandis que l'EEG est une méthode utilisée couramment depuis les années 50 sans remaniement majeur, la musique est un art en constante évolution. Les articles analysés dans cette revue de la littérature datent de 1993 à 2019 et permettent de résumer 26 ans de recherches. Il n'est donc pas surprenant d'observer une différence dans les musiques testées. Ainsi, on remarque que les articles les plus anciens ont étudié le concept de consonance musicale et ont traité majoritairement de morceaux de musique classique. Pour les articles plus récents, les chercheurs se sont davantage interrogés sur l'existence d'une musique objective à visée émotionnelle, et sur les différences d'effets potentielles entre genres musicaux.

Bien que le type musical soit très variable en fonction des études, les scientifiques se sont globalement tous appuyés sur 2 facteurs communs dans leur analyse de la musique. Ces facteurs sont la valence, qui sert à évaluer la qualité intrinsèquement agréable ou désagréable d'un stimulus (ici le son), et le niveau de stimulation.

4.2. Impact de la musique sur le bien-être ressenti

Plus de la moitié des articles analysés ($n = 6$) ont étudié le ressenti de leurs participants de façon spécifique au cours de l'écoute de musique et ont observé des phénomènes significatifs. Dans leur étude, Höller et al. (2012) ont soumis leurs participants à l'écoute de morceaux qu'ils jugeaient individuellement stimulants ou relaxants [10]. Les sessions d'écoute ont été comparées à une phase de repos (participant assis confortablement les yeux fermés dans une pièce isolée du bruit) et à une phase de stimulation tactile sur la voûte plantaire. À l'issue de chacune des sessions, les participants ont dû évaluer leurs niveaux de relaxation et d'excitation à l'aide de 2 échelles de Likert. On appelle parfois ces échelles « échelles de satisfaction » car elles permettent de traduire des ressentis même très nuancés au sein d'une population (ex : très satisfait, satisfait, neutre, insatisfait, très insatisfait). Concernant les résultats, l'écoute des morceaux calmes a été décrite significativement comme le test le plus relaxant et le moins excitant de tous. En comparaison aux autres phases de l'expérience, le niveau de relaxation ressenti avec les morceaux jugés relaxants, a été plus intense que toutes les autres sensations rapportées. On peut en déduire que la musique calme aurait un impact plus fort que d'autres stimulations sur les sensations subjectives ressenties.

Liu et al. (2018) ont eux étudié l'influence de différents genres musicaux tels que le classique, l'électronique dance music, le rap, la pop et le heavy metal [11]. Ils ont alimenté chacun de ces styles avec 4 morceaux à influence émotionnelle induisant la joie, la tristesse, la colère et le calme. La base de données et la classification émotionnelle ont été effectuées par des experts en fonction de la valence et du niveau d'excitation des morceaux, ceux-ci ayant été testés en amont. Lors du test, les participants ont écouté les 20 morceaux de la base de données et ont évalué chacun d'entre eux grâce à un questionnaire. Les résultats ont mis en évidence une cohérence entre la classification de valence et d'excitation expertisée, et les émotions réellement induites chez les participants. L'expérience a aussi montré une opposition significative entre la musique joyeuse et la musique nerveuse, la première entraînant une sensation de détente chez le sujet,

contrairement à la seconde. Pour ce qui est des différences entre styles musicaux, la musique pop s'est avérée être la plus agréable et la plus stimulante, tandis que la musique classique a été évaluée comme neutre du point de vue de sa valence, et a été jugée la plus relaxante.

Avant cela, Sammler et al. (2007) ont comparé l'impact de la consonance et de la dissonance sur la valence musicale [12]. Pour se faire, ils ont sélectionné 5 morceaux consonants, c'est-à-dire des morceaux dans lesquels les notes et accords sont séparés par des intervalles de fréquences simples (ex : gamme pentatonique). Ils ont modifié manuellement et aléatoirement certaines notes de ces morceaux pour les rendre dissonants. Les sessions d'écoute des participants consistaient en un enchaînement des 10 morceaux, sans que les morceaux consonants et dissonants d'une même origine ne soient à la suite. Les réponses des auditeurs aux questionnaires n'ont pas exposé de différence significative dans les niveaux de stimulation engendrés par les 2 types de musique. Cependant, une différence est apparue entre la valence des morceaux dissonants, qui ont été considérés comme désagréables, et celle des morceaux consonants, jugés agréables. Il apparaît donc que la consonance soit un caractère essentiel à la perception d'une musique comme agréable, et possiblement relaxante.

En matière de consonance, le monocorde est sans doute le mieux placé. En effet, cet instrument, existant depuis le VI^e siècle avant Jésus-Christ, consiste en une seule corde destinée à établir des gammes [13]. Il a depuis été décliné sous plusieurs formes, notamment en body monocorde, instrument dont l'écoute a été étudiée par Lee, Bhattacharya et Sohn (2012) [14]. Cette déclinaison comprend de multiples cordes accordées à la même tonalité et disposées sur un chevalet, que l'on gratte de façon progressive pour créer des harmoniques. Les chercheurs ont comparé l'écoute de cet instrument à une technique de relaxation progressive musculaire (PMR) qui s'avère avoir des bienfaits sur la diminution de l'anxiété. 40 patientes traitées par chimiothérapie pour des cancers gynécologiques ont été réparties dans 2 groupes : l'un dédié à l'écoute de monocorde, l'autre à l'écoute de la technique PMR. Après leur session d'écoute, les patientes ont dû s'exprimer par questionnaire sur leurs ressentis. Les résultats témoignent d'une sensation de diminution de l'anxiété dans les 2 groupes, ce de façon équivalente. Cela permet de supposer que la musique puisse avoir un caractère relaxant.

Dans un autre registre, certains scientifiques se sont attelés à créer eux-mêmes leurs pièces musicales [15]. Ainsi, Wu, Li et Yao (2009) ont créé un logiciel de sonification qui leur a permis de transformer un EEG de sommeil en morceaux musicaux. Dans leur composition, les chercheurs ont choisi un timbre unique, celui du piano. Les différents morceaux obtenus ont été séparés en 2 catégories, selon qu'ils appartenaient à des phases de Slow Wave Sleep (SWS, en français « sommeil profond à ondes lentes ») ou de Rapid Eye Movement (REM, en français « sommeil à mouvements oculaires rapides ») ou « sommeil paradoxal ». Après obtention de ces 2 catégories de morceaux, ils ont constitué une 3^e catégorie comprenant des bruits blancs et ont fait écouter le tout à 60 volontaires. Ceux-ci ont dû évaluer par questionnaire les différences perceptibles entre les morceaux, ainsi que le niveau d'excitation et la valence ressentis pour chacun d'entre eux. Les participants ont classé les morceaux dans 3 catégories distinctes, ce de façon cohérente par rapport aux catégories constituées par les chercheurs. Ils ont aussi fait ressortir une différence significative entre les 2 catégories de morceaux composés à partir de l'EEG de sommeil. Les morceaux issus du stade REM ont été perçus comme joyeux et stimulants, et ceux du stade SWS ont évoqué des sensations de relaxation, d'endormissement ou

d'ennui selon les volontaires. Il faut savoir que le SWS est un stade de sommeil durant lequel l'activité cérébrale est très réduite, ce qui permet une récupération de l'organisme. Le stade REM est, quand à lui, un stade où l'activité cérébrale est intense et marquée par des ondes plus rapides. On comprend alors que les activités cérébrales respectives de ces 2 stades de sommeil sont cohérentes avec les morceaux de musique qui en découlent, ce qui témoigne d'un lien probable entre EEG et musique.

Pour conclure, les articles analysés font état d'un sentiment de relaxation globalement augmenté par la musique. En effet, tous les articles de recherche témoignent d'une élévation du bien-être ressenti, tout en mettant en avant les caractéristiques qui permettent aux morceaux d'avoir un impact positif. Ils suggèrent ainsi que le caractère agréable d'un morceau détermine sa faculté à influencer positivement l'état émotionnel. Pour pouvoir être ressentie comme relaxante, la musique devrait donc avant tout avoir une valence positive, ou du moins neutre. En cela, la consonance musicale serait un facteur essentiel. Aussi, les musiques lentes et/ou calmes sont susceptibles d'avoir un impact plus important que les autres sur les ressentis des sujets, avec potentiellement une modification de la perception de bien-être plus étendue.

4.3. Impact de la musique sur l'électroencéphalogramme

4.3.1. Alpha

La majorité des articles étudiés (n = 7) retrace l'analyse du rythme alpha lors de l'écoute de musique. Tous témoignent d'une modification de celui-ci. Ainsi, en 1993 déjà, Kabuto, Kageyama et Nitta étudiaient les éventuels changements d'activité cérébrale et d'émotions induits par une musique plaisante [16]. Ils ont pour cela testé 6 échantillons musicaux (bruits d'insectes, piano, violon et 3 morceaux dédiés à la diminution du stress) et ont demandé aux participants de renseigner leurs ressentis via un questionnaire destiné à classer les émotions psycho-somatiques. Deux facteurs émotionnels ont guidé les chercheurs : le caractère « plaisant et relaxant » et le caractère « calme ». Ceux-ci ont constaté que l'augmentation du facteur « calme » était significativement liée à une diminution de l'activité alpha en occipital. Ils ont aussi observé que le pic de fréquence de l'onde alpha, c'est-à-dire son maximum, était diminué en occipital gauche en fonction de l'augmentation du facteur « calme ». Néanmoins, ces résultats sont à interpréter avec précaution. De fait, les questionnaires remplis par les participants avaient vocation, en plus de recueillir leur ressentis, à les classer en populations représentatives des principaux profils de personnalité. Parmi ces différents profils de personnalité, les chercheurs ont observé quelques différences significatives sur la répartition des gammes d'ondes de l'EEG. Malgré cela, ils ont choisi de moyenniser les résultats des EEG de tous les participants. Certains phénomènes liés à l'activité cérébrale peuvent alors être sur ou sous-représentés du fait de ce moyennage. Notons alors que les profils de personnalité sont susceptibles d'impacter l'influence de la musique sur l'activité cérébrale individuelle.

Pour autant, 2 autres études vont dans le sens de ces résultats. Jacobs et Friedman (2004) ont comparé des techniques de relaxation avérées à l'écoute de musique [17]. Leur étude a montré que ces 2 méthodes entraînaient une diminution de l'activité alpha comparable. Les chercheurs ont comparé ce phénomène, qu'ils ont jugé significatif, au phénomène d'entrée dans le premier stade de sommeil. La seconde étude, est celle basée sur l'écoute de sons de monocorde que j'ai évoquée précédemment [14]. Celle-ci a mis en évidence une diminution du rythme alpha en

occipital, dans le groupe d'auditeurs de sons de monocorde.

D'autres travaux ont mis en avant des résultats en mesure de compléter les précédents. Ainsi, Chan, Han et Cheung (2008) ont comparé la « Triarchic body-pathway relaxation technique » (TBRT, en Français « technique de relaxation de la voie corporelle triarchique ») et la musique dans l'induction de la pleine conscience [18]. La TBRT étant une technique de relaxation asiatique aux effets relaxants avérés. Ils ont constitué 2 groupes de participants et ont observé dans chacun d'entre eux une augmentation du rythme alpha en frontal gauche.

Une autre recherche témoigne d'une augmentation de l'activité alpha. Pour celle-ci, Hou et Chen (2019) ont étudié l'influence de différents morceaux, censés induire 4 émotions fondamentales : la joie, la tristesse, la colère et le calme [19]. Dans cette expérience, la gamme d'ondes alpha s'est avérée être la bande la plus variable en fonction des émotions. Ainsi, lors de l'écoute de musique nerveuse, les participants ont montré une augmentation de l'activité alpha en frontal gauche. Le même phénomène s'est produit lors de l'écoute de musique triste, complété par une augmentation de l'alpha en occipital et en temporal. Avec la musique calme, l'activité alpha a aussi augmenté, en frontal bilatéral cette fois.

Pour finir, comme Höller et al. (2012) l'ont souligné dans leur travail, la réactivité des ondes cérébrales alpha à la musique est universelle mais semble très variable selon les individus, surtout en occipital [10]. Par ailleurs, une grande variabilité des réponses d'activité alpha est également observable avec d'autres stimulations sensorielles non auditives, telles que la stimulation tactile menée dans cette enquête. D'après cette étude, la musique aurait une influence sur l'EEG mais son impact serait différent selon les individus.

4.3.2. Bêta

Seuls 2 articles de notre panel ont analysé le comportement des ondes cérébrales bêta et en ont tiré des observations significatives. Ainsi, pour revenir à l'étude analysant l'impact des sons de monocorde [14], celle-ci a montré une diminution des ondes bêta en fronto-médian dans les 2 groupes de participants. Elle a aussi montré qu'une diminution des bêta occipitaux se produisait dans le groupe d'écoute de monocorde.

L'étude la plus récente, de 2019 [19], a montré que la musique évoquant la joie entraînait une augmentation des ondes bêta en frontal gauche, de même que la musique évoquant la colère. Cependant, cette dernière a aussi montré une augmentation de l'activité bêta en occipital. Enfin, la musique calme, dans ce sens, a témoigné d'une augmentation des ondes bêta frontales bilatérales. Les ondes bêta semblent donc être réactives à l'écoute de musique, bien qu'elles le soient de façon semblable pour des morceaux appartenant à des catégories émotionnelles différentes.

4.3.3. Thêta

En ce qui concerne les ondes thêta, elles ont été largement étudiées. Les articles que j'ai analysés, y compris les plus anciens, ont tous souligné leur réactivité importante dans le cadre

de l'écoute de musique. En effet, les expériences ont montré que plus un morceau était considéré comme agréable, plus l'activité thêta augmentait, en particulier au niveau fronto-médian [12]. Ainsi, la musique classique [16] [18], la musique de relaxation ou new age * [17], la musique calme [19] et l'écoute de body monocorde [14], ont toutes entraîné une augmentation de l'activité cérébrale thêta. Sur le plan émotionnel, les musiques calmes ont été associées à l'augmentation des ondes thêta en frontal gauche, de même que, de façon plus modérée, les musiques évoquant la colère.

L'écoute de sessions de relaxation a également eu cet effet. D'ailleurs, l'activation des ondes thêta a été plus parlante avec les techniques de relaxation qu'avec la musique [17], et dans des zones plus précises comme le cortex cingulaire antérieur, notamment avec la TBRT [18]. Mais même si cette augmentation a été davantage mise en évidence avec les techniques de relaxation, elle est considérée comme significative avec la musique.

Bien que l'activation de la gamme thêta par la musique évoquant la colère n'aille pas dans ce sens, les chercheurs ont en majorité conclu que l'augmentation de l'activité thêta était associée à l'apaisement et à la relaxation.

4.3.4. Autres ondes cérébrales

Certains scientifiques considèrent une famille d'ondes cérébrales qui n'a pas encore été abordée dans ce travail, ce sont les « ondes gamma ». Comprises entre 30 et 50 Hz, ce sont en fait des ondes bêta hautes, observées lors de stimulations intenses et d'activité mentale importante. L'écoute du monocorde serait associée à une augmentation de l'activité gamma [14].

Les sensations à caractères « plaisant et relaxant » et « calme » entraîneraient, elles, une augmentation de l'activité delta en pariétal et en occipital [16]. Cependant, seule une recherche fait état de cette observation, les autres études ayant le plus souvent exclu la gamme d'ondes δ , à cause des risques de confusion de cette gamme avec des artéfacts dus aux légers mouvements d'électrodes ou oculaires.

Au final, les recherches menées ont avant tout montré des réactivités alpha et thêta à la musique. En effet la musique dite calme ou relaxante, classique, ainsi que le monocorde, ont été perçus comme agréables par les participants. Ils ont entraîné une diminution de l'activité alpha en occipital et une augmentation de cette activité en frontal gauche, bien qu'une variabilité ait été observée. Ces mêmes types de musique ont aussi entraîné une augmentation de l'activité thêta au niveau frontal. Les gammes d'ondes cérébrales alpha et thêta sont désormais considérées par les scientifiques comme des marqueurs de l'EEG témoignant du bien-être ressenti. Selon les études les plus récentes, l'augmentation de l'activité alpha au lobe frontal serait signe d'une augmentation des émotions positives. L'augmentation de l'activité thêta au niveau fronto-médian indiquerait un état d'attention intériorisée, signe d'une concentration accrue telle que celle obtenue par la méditation.

** La musique new age est un genre musical souvent utilisé au cours des séances de yoga, de massage ou de méditation.. Ce genre comprend de multiples morceaux qui ont vocation à apporter la relaxation, l'inspiration, la concentration et à induire des émotions positives.*

V. Discussion

Les différents résultats identifiés dans la littérature semblent converger en faveur d'une influence de la musique sur l'activité cérébrale, en particulier par l'activation des ondes alpha et thêta. Ces gammes d'ondes s'avèrent significativement liées à la sensation de relaxation, et par conséquent à la diminution de l'anxiété.

Bien qu'elle fluctue de manière très variable, la gamme alpha semble associée au traitement neurologique des émotions positives, notamment lorsque son activité augmente au niveau frontal gauche. Cela a été appuyé récemment par l'observation du traitement de morceaux à induction émotionnelle [19]. En plus d'être liées aux émotions positives, les ondes alpha seraient le marqueur de l'EEG le plus fiable pour faire état du sentiment de détente.

Les ondes thêta, ont elles aussi été fortement associées aux états de calme et de bien-être. Elles ont montré une grande réactivité à la musique, plus grande encore lors de l'écoute de techniques de relaxation. En effet, le monocorde et les techniques de relaxation classiques ont eu la même efficacité sur la diminution de l'anxiété, mais il n'en n'a pas été de même avec la TBRT. Cette technique a eu un impact différent de celui de la musique sur le recrutement des ondes thêta, entraînant une augmentation de l'activité thêta au niveau du cortex cingulaire antérieur. L'activité thêta en cette zone est un signe d'attention intériorisée, qui entraîne l'individu dans un état proche de celui obtenu par la méditation [17]. Or, les chercheurs étudiant la TBRT ont recruté des volontaires familiers de la musique, mais tous novices en matière de relaxation. Je considère alors qu'il est logique que les auditeurs aient été plus attentifs face à quelque chose qu'ils ne connaissaient pas, la TBRT, plutôt qu'à la musique. Selon moi, la légère variation de recrutement des ondes thêta dans cette expérience, ne permet pas d'affirmer une différence significative entre les effets de relaxation obtenus par la musique et par la TBRT. Si l'on considère alors uniquement les autres résultats confrontant la musique à la relaxation, on en déduit que ces stimulations ont la même efficacité dans la diminution de l'anxiété, que ce soit du point de vue de l'individu, ou du point de vue des événements EEG observés.

L'augmentation de l'activité thêta au niveau frontal, observée dans la plupart des études, témoigne d'une probable corrélation entre les ondes thêta et l'activité du système nerveux central (SNC). Ainsi une augmentation de l'activité thêta serait le signe d'une diminution de l'activité du SNC [17]. Le SNC régissant entre autres la vigilance, une baisse de son activité induit alors un état d'éveil altéré, semblable à l'état de somnolence. Cela signifie que si les ondes thêta sont plus actives, alors l'activité cérébrale devient comparable à une entrée en phase de sommeil léger. L'état ressenti par l'individu est donc proche, c'est-à-dire qu'il est calme et s'apaise.

5.1. Points faibles

Analysons cette fois les résultats évoqués précédemment d'un point de vue critique. Plusieurs failles sont à souligner comme le faible nombre de participants dans la majorité des études. Pour 5 d'entre elles, ce sont moins de 20 volontaires qui ont pris part aux protocoles de recherche. Un nombre si limité induit une faible puissance statistique. En effet, de plus grands échantillons permettent de s'affranchir de la variabilité inter-individuelle, qui est donc sur-représentée dans ces études et peut biaiser les résultats obtenus.

Aussi, la diversité des morceaux utilisés dans les différentes études est selon moi un biais parce que les recherches ont, en majorité (n = 6), été menées sur des catégories d'âge peu étendues. Le fait que la musique soit en constante évolution et soumise à des phénomènes de mode peut conditionner des générations à l'écoute préférentielle de certains genres musicaux, notamment par effet de répétition dans la vie quotidienne (radio, télévision, réseaux sociaux, etc) [20]. Or, 6 études ont été réalisées avec des volontaires de 18 à 30 ans. On peut donc imaginer que les genres musicaux peuvent être plus ou moins appréciés selon l'âge des auditeurs et que la génération est un facteur influent sur l'impact cérébral de la musique. Comme l'ont montré les résultats précédents, le caractère plaisant d'un morceau est une condition pour que la musique ait un impact psycho-physiologique positif sur les individus. Étudier des populations d'âges plus variés aurait permis une extrapolation des résultats à la population générale plus aisée.

D'autres articles de recherche analysés dans cette revue témoignent de déséquilibres entre les groupes dits « témoin » et les groupes de test de la musique. J'ai ainsi observé des disparités dans les profils des participants, dues aux modes de sélection différents d'une étude à l'autre. Ces disparités sont problématiques car elles peuvent être à l'origine de différences artificielles dans les résultats, non liées à l'effet de la musique.

Revenons à l'étude comparant l'impact de la musique de monocorde à la PMR, chez des patientes traitées par chimiothérapie pour des cancers gynécologiques [14]. Il existe un éventuel biais dans cette recherche, puisque sur les 40 patientes étudiées, 38 étaient traitées pour un cancer du sein et 2 pour un cancer ovarien. De fait, les cancers ovariens sont de moins bon pronostic que les cancers du sein et les 2 patientes atteintes de ce type de cancer ont été intégrées au groupe de l'écoute de monocorde. Une diminution de l'anxiété a été constatée dans les 2 groupes, ainsi qu'une augmentation de l'activité thêta, bien que légèrement moins significatives dans le groupe d'écoute de monocorde. On peut considérer que le moins bon pronostic des 2 patientes atteintes de cancer ovarien a pu minimiser les effets observés de la musique sur la relaxation dans leur groupe.

On retrouve aussi quelques variantes dans le recrutement des volontaires. Tandis que certaines études se sont limitées à une inclusion d'étudiants ou de personnes diplômées, d'autres ont été plus inclusives, mais ont négligé de sélectionner des participants avec une pratique identique de la musique. Ainsi, on retrouve dans 2 études des profils de participants différents, certains étant musiciens, d'autres non. Or, il a été observé par le passé [21] [22] que les musiciens stimulent et développent des aires cérébrales spécifiques du fait de leur pratique musicale. On peut alors penser que les musiciens sont impactés différemment par l'écoute de musique et que leurs réponses cérébrales sont elles aussi différentes, ce qui peut fausser les résultats observés.

Les différents biais mis en lumière font ressortir un point d'attention majeur à avoir quant à l'interprétation des résultats. L'évaluation de la qualité des échantillons constitués dans les études est essentielle car la sélection des participants est une notion déterminante dans l'interprétation des résultats, tant par rapport à leur nombre qu'à la diversité de leurs profils. Pour assurer une fiabilité optimale des résultats, l'équilibre des groupes comparés dans les études est indispensable.

5.2. Points forts

Malgré les faiblesses soulignées, des points forts se sont aussi dégagés, appuyant l'influence présumée de la musique sur l'activité cérébrale et l'anxiété ressentie.

Avant toute chose, la grande majorité des études ($n = 8$) décrites ici, consistaient à examiner l'EEG de leurs participants. Or, comme je l'ai dit précédemment, cette technique est reproductible et particulièrement fiable dans l'analyse de l'activité cérébrale. En outre, l'EEG est un examen dont le déroulement est, à priori, sans conséquences sur l'état émotionnel de l'individu, puisqu'il peut être pratiqué dans la position que le sujet juge la plus confortable (assis ou allongé) et dans n'importe quel environnement isolé des stimuli extérieurs. Pour renforcer la fiabilité de leurs résultats, plusieurs études ont analysé les EEG en excluant les première et dernière minutes de ceux-ci, afin de s'affranchir de l'état émotionnel des participants en début d'expérience, et de leur fatigue en fin d'expérience. Par ailleurs, les 2 études qui comportaient le moins de participants ont été répétées 2 fois, pour que seuls les éléments de l'EEG retrouvés aux 2 étapes soient conservés dans l'étude. Ces précautions amplifient la robustesse des résultats.

De plus, le fait que la musique ait été dans la plupart des cas comparée à un groupe ou une stimulation témoin, telle que l'enregistrement de l'EEG au repos sans musique, la stimulation tactile ou l'écoute de séances de relaxation, apporte du poids aux observations. En effet, les situations de repos et l'écoute de techniques de relaxation auraient pu être ressenties comme plus relaxantes que la musique calme. À l'inverse, la stimulation tactile aurait pu être jugée plus excitante que la musique stimulante. Ces données servent de repères et signifient que la musique a une influence psycho-physiologique suffisamment intense pour devancer les effets d'autres facteurs. La confrontation à ces stimulations « témoin » est donc importante pour repérer si les résultats liés à la musique sont significatifs ou non.

Enfin, en croisant les résultats des articles, il est vite ressorti que ceux-ci étaient semblables d'une étude à l'autre. Le fait d'obtenir des résultats redondants, bien que nuancés, me permet de considérer cette revue de la littérature comme complète, malgré les limites soulignées plus haut. On retiendra donc que les musiques classique, à visée relaxante et induisant une émotion calme, sont efficaces pour diminuer l'anxiété. De manière générale, la condition essentielle pour qu'un morceau ait des répercussions positives sur l'état psycho-physiologique, est son caractère agréable ou plaisant. Ainsi, la consonance d'un morceau est nécessaire pour qu'il puisse être apprécié par le plus grand nombre et ait une influence positive sur le niveau d'anxiété des individus.

5.3. Application en imagerie médicale

Le but de cette revue était de synthétiser la littérature existante, afin de conclure à une éventuelle influence de la musique sur la diminution de l'anxiété. Si cette influence semble très probable, l'objectif final de cette observation reste l'utilisation de la musique dans le cadre des examens d'imagerie médicale. À ce jour, la littérature est trop pauvre dans le cadre de l'imagerie pour que je puisse me permettre de dresser des recommandations explicites. Cependant, je vais dans la partie suivante aborder quelques modifications de pratiques potentiellement bénéfiques

dans la prise en charge du patient anxieux en imagerie.

Ma principale suggestion consisterait à installer dans les différents services d'imagerie des systèmes sonores permettant de délivrer de la musique, ce de façon systématique. Je pense avant tout aux services dispensant des examens relativement longs comme en médecine nucléaire, en IRM ou en imagerie interventionnelle, mais aussi aux examens plus courts comme en radiologie conventionnelle ou en scanographie. Dans le cas d'explorations bruyantes comme en IRM, la musique est déjà largement utilisée. Bien qu'elle ne puisse être audible tout au long de l'examen par le patient, les articles analysés m'incitent à penser que l'écoute de musique au moment de l'installation, en début d'examen et entre les différentes séquences d'images, permet au patient de se relaxer plus qu'il ne le pourrait sans musique.

Par ailleurs, la littérature étudiée donne quelques indications sur les stimulations sonores les plus susceptibles d'agir sur le niveau d'anxiété. Ainsi, les morceaux consonants, en particulier de musique classique, dédiés à la diminution de l'anxiété ou à la relaxation semblent les plus appropriés. Comme je l'ai abordé précédemment, les morceaux à induction émotionnelle évoquant le calme seraient également efficaces. Il conviendrait pour les identifier de prendre connaissance des classifications expertisées dans les études de 2018 [11] et 2019 [19].

Dans l'attente de recommandations officielles, je tiens à souligner le fait que les morceaux considérés individuellement comme relaxants se sont aussi avérés utiles dans la recherche du sentiment de relaxation. Il appartient donc aux professionnels de santé d'interroger les patients jugés anxieux sur la musique qui les aide à se détendre habituellement.

À terme, il serait intéressant de tester l'impact de la musique sur la diminution de l'anxiété dans le cadre de l'imagerie médicale. Comme je l'ai dit plus tôt, les examens d'imagerie sont potentiellement plus anxiogènes que l'EEG, puisque ceux-ci nécessitent une installation spécifique du patient dans un environnement médicalisé, comprenant un matériel impressionnant du fait de sa taille, de son bruit ou de son émission de rayonnement ionisant. C'est d'ailleurs pour ces raisons que j'ai choisi d'étudier l'EEG ici. Si l'EEG semble donc témoigner d'une influence de la musique sur le niveau d'anxiété, cela reste à vérifier dans les conditions réelles d'examens. Dans ce but, mener un essai clinique randomisé serait profitable car cela permettrait de constater ou non l'influence de la musique sur l'anxiété dans le contexte de l'imagerie.

En ce qui concerne la méthodologie, il conviendrait, selon la durée des examens d'imagerie réalisés, de choisir un enchaînement de morceaux à comparer correspondant à cette durée. Pour s'affranchir d'un éventuel effet d'ordre, les morceaux seraient joués de façon aléatoire au sein de l'enchaînement, et numérotés afin que les patients puissent les repérer et se référer à un chiffre. L'évaluation pourrait se faire par l'utilisation de questionnaires à remplir par les patients en amont et à la suite de leur examen, dans l'objectif de mesurer leur niveau d'anxiété avant et après celui-ci, mais aussi pour que ressortent les morceaux les plus appréciés. Une telle étude permettrait de mesurer l'influence de la musique de façon générale et de mettre en avant les types de morceaux les plus efficaces, pour au final confirmer ou non l'efficacité de la musique supposée dans la présente revue de la littérature.

VI. Conclusion

Au final, cette revue de littérature m'a permis de faire plusieurs constats. Tout d'abord, la musique semble bel et bien avoir un impact sur l'état psychologique des individus. Effectivement, les participants aux études analysées ont, en grande majorité, ressenti une diminution significative de leur anxiété grâce à l'écoute de musique. Ils ont aussi témoigné d'un sentiment de bien-être plus important. Dans un second temps, l'analyse de leurs EEG a permis de compléter ces résultats en indiquant que la musique influençait également leur activité cérébrale. Dans l'ensemble, les articles étudiés sont tous venus à la même conclusion :

La musique peut entraîner une diminution de l'anxiété, et par conséquent une relaxation, qui se manifeste physiologiquement à l'EEG.

En effet, la sensation de calme prodiguée par certains morceaux semble liée à une diminution de l'activité alpha en occipital. La musique induisant des émotions positives, a quant à elle entraîné une augmentation de l'activité alpha au niveau frontal gauche. Aussi, le sentiment de relaxation apporté s'est observé par une augmentation de l'activité thêta uniforme. Parfois même, l'activité thêta s'est davantage exprimée au niveau fronto-médian, ce qui témoigne d'une attention intériorisée et d'une diminution de l'activité du SNC. Ces derniers éléments sont des phénomènes qui s'observent notamment avec la pratique de la méditation. Or, pour être efficace, la méditation nécessite des conditions physiques et environnementales qui ne sont pas toujours compatibles avec la réalisation d'un examen d'imagerie médicale. La musique pouvant être facilement dispensée aux cours des examens, si elle permet d'obtenir des effets similaires, son utilisation est donc fortement recommandée pour les examens potentiellement anxiogènes. Par ailleurs, l'écoute de musique a l'avantage de ne nécessiter aucun entraînement pour montrer des effets positifs, contrairement à la plupart des techniques de relaxation.

Pour finir, cette revue de la littérature permet d'avoir une idée plus claire des types de musique les plus propices à la réduction de l'anxiété. Ainsi, il serait intéressant de constituer une base de données compilant les morceaux susceptibles d'être efficaces pour le plus grand nombre, tels que la musique destinée à la relaxation et les morceaux induisant le calme. Les chercheurs Hou, Chen (2019) [19], Liu et al. (2018) [11] ont effectué pour leur recherche une classification musicale selon les émotions induites. Mener le même travail à plus grande échelle permettrait aux professionnels de santé, notamment les manipulateurs en électroradiologie médicale, d'avoir un outil aidant au choix des morceaux de musique diffusés en cours d'examen. La recherche de confort des patients anxieux serait alors plus aisée, et permettrait de limiter les difficultés de prises en charge causées par l'anxiété, tels que le mouvement des patients. Enfin, la relaxation apportée par la musique réduirait les risques de flou cinétique et la qualité d'image serait optimale, permettant aux patients anxieux de bénéficier d'examens de même valeur diagnostique que les autres.

VII. Bibliographie

Articles – Ouvrages – Sites

- [1] : Jaite, C., Kappel, V., Napp, A., Sommer, M., Diederichs, G., Weschke, B., ... Bachmann, C. J. (2019). A comparison study of anxiety in children undergoing brain MRI vs adults undergoing brain MRI vs children undergoing an electroencephalogram. *PLOS ONE*, *14*(3), e0211552. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0211552>
- [2] : Meadows, A., Burns, D. S., & Perkins, S. M. (2015). Measuring Supportive Music and Imagery Interventions: The Development of the Music Therapy Self-Rating Scale. *Journal of Music Therapy*, *52*(3), 353-375. <https://doi.org/10.1093/jmt/thv010>
- [3] : Le Gall, A. (2001). Distinguer les faits. Séparer les notions. Dans : éd., *L'anxiété et l'angoisse* (pp. 3-16). Paris cedex 14, France: Presses Universitaires de France.
- [4] : Brenot, P. (2003). *La relaxation* (pp. 1-9). Paris cedex 14, France: Presses Universitaires de France.
- [5] : BIEN-ÊTRE : Définition de BIEN-ÊTRE. (s. d.). Consulté le 10 mars 2020, à l'adresse <https://www.cnrtl.fr/définition/bien-%C3%AAtre>
- [6] : Philippot, P. (2011). Présentation. Dans : , P. Philippot, *Émotion et psychothérapie* (pp. 15-18). Wavre, Belgique: Mardaga.
- [7] : Pradel-Neuman, S., & Zerroug, D. (2014). *Mémento clinique en explorations fonctionnelles du système nerveux central*. Paris, France : Editions Vernazobres-Gregio.
- [8] : Vion-Dury, J., & Blanquet, F. (2012). *Pratique de l'EEG* [Ressource électronique] : bases neurophysiologiques, principes d'interprétation et de prescription. Elsevier Masson.
- [9] : Vlaicu, A. & Bustuchina, M. (2019). La musique, un bon outil pour étudier le cerveau. *PSN*, volume 17(2), 27-37. doi:10.3917/psn.172.0027.
- [10] : Höller, Y., Thomschewski, A., Schmid, E. V., Höller, P., Crone, J. S., & Trinka, E. (2012). Individual brain-frequency responses to self-selected music. *International Journal of Psychophysiology*, *86*(3), 206-213. <https://doi.org/10.1016/j.ijpsycho.2012.09.005>
- [11] : Liu, X., Wai, A. A. P., Kumaran, S., Saravanan, Y. R., & Lin, Z. (2018). Instance-Based Genre-Specific Music Emotion Prediction with An EEG Setup. *2018 40th Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society (EMBC)*. <https://doi.org/10.1109/embc.2018.8512630>
- [12] : Sammler, D., Grigutsch, M., Fritz, T., & Koelsch, S. (2007). Music and emotion: Electrophysiological correlates of the processing of pleasant and unpleasant music. *Psychophysiology*, *44*(2), 293-304. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8986.2007.00497.x>
- [13] : « MONOCORDE », *Encyclopædia Universalis* [en ligne], consulté le 10 avril 2020. URL : <http://www.universalis-edu.com.passerelle.univ-rennes1.fr/encyclopedie/monocorde/>
- [14] : Lee, E.-J., Bhattacharya, J., Sohn, C., & Verres, R. (2012). Monochord sounds and progressive muscle relaxation reduce anxiety and improve relaxation during chemotherapy: A pilot EEG study. *Complementary Therapies in Medicine*, *20*(6), 409-416.

<https://doi.org/10.1016/j.ctim.2012.07.002>

[15] : Wu, D., Li, C.-Y., & Yao, D.-Z. (2009). Scale-Free Music of the Brain. *PLoS ONE*, 4(6), e5915. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0005915>

[16] : KABUTO, M., KAGEYAMA, T., & NITTA, H. (1993). EEG Power Spectrum Changes due to Listening to Pleasant Musics and Their Relation to Relaxation Effects. *Nippon Eiseigaku Zasshi (Japanese Journal of Hygiene)*, 48(4), 807-818. <https://doi.org/10.1265/jjh.48.807>

[17] : Jacobs, G. D., & Friedman, R. (2004). EEG Spectral Analysis of Relaxation Techniques. *Applied Psychophysiology and Biofeedback*, 29(4), 245-254. <https://doi.org/10.1007/s10484-004-0385-2>

[18] : Chan, A. S., Han, Y. M. Y., & Cheung, M. (2008). Electroencephalographic (EEG) Measurements of Mindfulness-based Triarchic Body-pathway Relaxation Technique: A Pilot Study. *Applied Psychophysiology and Biofeedback*, 33(1), 39-47. <https://doi.org/10.1007/s10484-008-9050-5>

[19] : Hou, Y., & Chen, S. (2019). Distinguishing Different Emotions Evoked by Music via Electroencephalographic Signals. *Computational Intelligence and Neuroscience*, 2019, 1-18. <https://doi.org/10.1155/2019/3191903>

[20] : McAdams, S., & Deliège, I. (1989). La cognition tonale, l'intelligence artificielle et les réseaux neuronaux. In *La Musique et les sciences cognitives* (p. 477-485). Consulté à l'adresse <https://books.google.fr/books?id=ClBds53BBeEC&printsec=frontcover&hl=fr#v=onepage&q&f=false>

[21] : Liu, Y., Liu, G., Wei, D., Li, Q., Yuan, G., Wu, S., ... Zhao, X. (2018). Effects of Musical Tempo on Musicians' and Non-musicians' Emotional Experience When Listening to Music. *Frontiers in Psychology*, 9. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2018.02118>

[22] : Du, Y., & Zatorre, R. J. (2017). Musical training sharpens and bonds ears and tongue to hear speech better. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 114(51), 13579-13584. <https://doi.org/10.1073/pnas.1712223114>

Illustrations

Figure 1 : Image par OpenClipart-Vectors de Pixabay

<https://pixabay.com/fr/vectors/cerveau-humaine-anatomie-organe-148131/>

Figure 2 :

https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/5/56/Simple_harmonic_motion.svg/640px-Simple_harmonic_motion.svg.png

Figure 3 (A) : <http://www.pngall.com/wp-content/uploads/2/Sound-Waves-PNG-Photo.png>

(B) : <http://i.stack.imgur.com/F01O6.gif>

ANNEXES

Sommaire

I. Annexe I.....	28
II. Annexe II.....	32
III. Annexe III.....	36

Annexe I – Élaboration de l'algorithme

118

electroencephalography [MeSH Terms] AND music [MeSH Terms] AND (well being [Title/Abstract] OR ~~comfort~~ [Title/Abstract] OR ~~peace of mind~~ [Title/Abstract] OR ~~tranquility~~ [Title/Abstract] OR ~~quietness~~ [Title/Abstract] OR relaxation [Title/Abstract] OR ~~serenity~~ [Title/Abstract] OR ~~relax~~ [Title/Abstract] OR relaxing [Title/Abstract] OR ~~prosperity~~ [Title/Abstract] OR therapeutic [Title/Abstract] OR therapy [Title/Abstract] OR relief [Title/Abstract] OR ~~alleviation~~ [Title/Abstract] OR ~~easing~~ [Title/Abstract] OR ~~solace~~ [Title/Abstract] OR suffering [Title/Abstract] OR pain [Title/Abstract] OR ~~misery~~ [Title/Abstract] OR ~~distress~~ [Title/Abstract] OR stress [Title/Abstract] OR tension [Title/Abstract] OR strain [Title/Abstract] OR interest [Title/Abstract] OR benefit [Title/Abstract] OR quiet [Title/Abstract] OR calm [Title/Abstract] OR ~~peacefulness~~ [Title/Abstract] OR ~~calmness~~ [Title/Abstract] OR ~~stillness~~ [Title/Abstract] OR ~~security~~ [Title/Abstract] OR ~~peace~~ [Title/Abstract] OR pleasant [Title/Abstract] OR anxious [Title/Abstract] OR anxiety [Title/Abstract] OR nervous [Title/Abstract] OR nerve [Title/Abstract] OR ~~edgy~~ [Title/Abstract] OR ~~tense~~ [Title/Abstract] OR ~~jittery~~ [Title/Abstract] OR ~~anguish~~ [Title/Abstract] OR ~~apprehension~~ [Title/Abstract] OR mood [Title/Abstract])

118

electroencephalography [MeSH Terms] AND music [MeSH Terms] AND (well being [Title/Abstract] OR relaxation [Title/Abstract] OR relaxing [Title/Abstract] OR therapeutic [Title/Abstract] OR therapy [Title/Abstract] OR relief [Title/Abstract] OR suffering [Title/Abstract] OR pain [Title/Abstract] OR stress [Title/Abstract] OR tension [Title/Abstract] OR strain [Title/Abstract] OR interest [Title/Abstract] OR benefit [Title/Abstract] OR quiet [Title/Abstract] OR calm [Title/Abstract] OR pleasant [Title/Abstract] OR anxious [Title/Abstract] OR anxiety [Title/Abstract] OR nervous [Title/Abstract] OR ~~nerve~~ [Title/Abstract] OR mood [Title/Abstract])

116 : perte de 2 articles HS

electroencephalography [MeSH Terms] AND music [MeSH Terms] AND (well being [Title/Abstract] OR relaxation [Title/Abstract] OR relaxing [Title/Abstract] OR therapeutic [Title/Abstract] OR therapy [Title/Abstract] OR ~~relief~~ [Title/Abstract] OR suffering [Title/Abstract] OR pain [Title/Abstract] OR stress [Title/Abstract] OR tension [Title/Abstract] OR strain [Title/Abstract] OR interest [Title/Abstract] OR benefit [Title/Abstract] OR quiet [Title/Abstract] OR calm [Title/Abstract] OR pleasant [Title/Abstract] OR anxious [Title/Abstract] OR anxiety [Title/Abstract] OR nervous [Title/Abstract] OR mood [Title/Abstract])

115 : perte d'un article HS

electroencephalography [MeSH Terms] AND music [MeSH Terms] AND (well being [Title/Abstract] OR relaxation [Title/Abstract] OR relaxing [Title/Abstract] OR therapeutic [Title/Abstract] OR therapy [Title/Abstract] OR suffering [Title/Abstract] OR pain [Title/Abstract] OR stress [Title/Abstract] OR ~~tension~~ [Title/Abstract] OR strain [Title/Abstract] OR interest [Title/Abstract] OR benefit [Title/Abstract] OR quiet [Title/Abstract] OR calm [Title/Abstract] OR pleasant [Title/Abstract] OR anxious [Title/Abstract] OR anxiety [Title/Abstract] OR nervous [Title/Abstract] OR mood [Title/Abstract])

112 : perte de > 1 article peu pertinent
> 2 articles HS

electroencephalography[MeSH Terms] AND music[MeSH Terms] AND (~~well-being~~
~~{Title/Abstract}~~ OR relaxation[Title/Abstract] OR relaxing[Title/Abstract] OR therapeutic
[Title/Abstract] OR therapy [Title/Abstract] OR suffering[Title/Abstract] OR pain
[Title/Abstract] OR stress[Title/Abstract] OR strain [Title/Abstract] OR interest[Title/Abstract]
OR benefit[Title/Abstract] OR quiet[Title/Abstract] OR calm[Title/Abstract] OR pleasant
[Title/Abstract] OR anxious[Title/Abstract] OR anxiety [Title/Abstract] OR nervous
[Title/Abstract] OR mood [Title/Abstract])

109 : perte de 2 articles HS

electroencephalography[MeSH Terms] AND music[MeSH Terms] AND (**relaxation**
~~{Title/Abstract}~~ OR relaxing[Title/Abstract] OR therapeutic[Title/Abstract] OR therapy
[Title/Abstract] OR suffering [Title/Abstract] OR pain[Title/Abstract] OR stress[Title/Abstract]
OR strain[Title/Abstract] OR interest[Title/Abstract] OR benefit[Title/Abstract] OR quiet
[Title/Abstract] OR calm[Title/Abstract] OR pleasant[Title/Abstract] OR anxious
[Title/Abstract] OR anxiety[Title/Abstract] OR nervous [Title/Abstract] OR mood
[Title/Abstract])

103 : perte de > 2 articles pertinents : Instance-Based Genre-Specific Music...
Electroencephalographic (EEG) measur...
> 2 articles non classés : My Virtual Dream
Metabolic and EEG changes during...
> 2 articles HS

“relaxation” conservé pour la suite dans un 1er temps

electroencephalography[MeSH Terms] AND music[MeSH Terms] AND (**relaxation**
[Title/Abstract] OR ~~relaxing~~~~{Title/Abstract}~~ OR therapeutic[Title/Abstract] OR therapy
[Title/Abstract] OR suffering [Title/Abstract] OR pain[Title/Abstract] OR stress[Title/Abstract]
OR strain[Title/Abstract] OR interest [Title/Abstract] OR benefit[Title/Abstract] OR quiet
[Title/Abstract] OR calm[Title/Abstract] OR pleasant[Title/Abstract] OR anxious
[Title/Abstract] OR anxiety[Title/Abstract] OR nervous [Title/Abstract] OR mood
[Title/Abstract])

106 : perte de 3 articles peu pertinents

electroencephalography[MeSH Terms] AND music[MeSH Terms] AND (relaxation
[Title/Abstract] OR ~~therapeutic~~~~{Title/Abstract}~~ OR therapy[Title/Abstract] OR suffering
[Title/Abstract] OR pain [Title/Abstract] OR stress[Title/Abstract] OR strain[Title/Abstract] OR
interest[Title/Abstract] OR benefit[Title/Abstract] OR quiet[Title/Abstract] OR calm
[Title/Abstract] OR pleasant[Title/Abstract] OR anxious[Title/Abstract] OR anxiety
[Title/Abstract] OR nervous[Title/Abstract] OR mood [Title/Abstract])

102 : perte de > 1 article peu pertinent : Musical empathy (Einfuhling).
> 1 article non classé : Mozart's music and multidrug-resistant epilepsy...
> 2 articles HS

electroencephalography[MeSH Terms] AND music[MeSH Terms] AND (relaxation
[Title/Abstract] OR ~~therapy~~~~{Title/Abstract}~~ OR suffering[Title/Abstract] OR pain
[Title/Abstract] OR stress[Title/Abstract] OR strain[Title/Abstract] OR interest[Title/Abstract]
OR benefit[Title/Abstract] OR quiet[Title/Abstract] OR calm[Title/Abstract] OR pleasant
[Title/Abstract] OR anxious [Title/Abstract] OR anxiety[Title/Abstract] OR nervous
[Title/Abstract] OR mood [Title/Abstract])

95 : perte de > 6 articles HS
> 1 article non classé : Affective brain-computer music interfacing.

electroencephalography[MeSH Terms] AND music[MeSH Terms] AND (relaxation [Title/Abstract] OR ~~suffering[Title/Abstract]~~ OR pain[Title/Abstract] OR stress[Title/Abstract] OR strain [Title/Abstract] OR interest[Title/Abstract] OR benefit[Title/Abstract] OR quiet [Title/Abstract] OR calm [Title/Abstract] OR pleasant[Title/Abstract] OR anxious [Title/Abstract] OR anxiety [Title/Abstract] OR nervous[Title/Abstract] OR mood [Title/Abstract])

90 : perte de 5 articles HS dont 1 en Russe

electroencephalography[MeSH Terms] AND music[MeSH Terms] AND (relaxation [Title/Abstract] OR ~~pain[Title/Abstract]~~ OR stress[Title/Abstract] OR strain[Title/Abstract] OR interest [Title/Abstract] OR benefit[Title/Abstract] OR quiet[Title/Abstract] OR calm [Title/Abstract] OR pleasant [Title/Abstract] OR anxious[Title/Abstract] OR anxiety [Title/Abstract] OR nervous [Title/Abstract] OR mood [Title/Abstract])

86 : perte de 4 articles HS

electroencephalography[MeSH Terms] AND music[MeSH Terms] AND (relaxation [Title/Abstract] OR ~~stress[Title/Abstract]~~ OR strain[Title/Abstract] OR interest[Title/Abstract] OR benefit [Title/Abstract] OR quiet[Title/Abstract] OR calm[Title/Abstract] OR pleasant [Title/Abstract] OR anxious [Title/Abstract] OR anxiety[Title/Abstract] OR nervous [Title/Abstract] OR mood [Title/Abstract])

81 : perte de > 2 articles non classés : **Music and natural sounds in an auditory steady...
Newborn infants detect the beat in music.**

> 3 articles HS

electroencephalography[MeSH Terms] AND music[MeSH Terms] AND (relaxation [Title/Abstract] OR ~~strain[Title/Abstract]~~ OR interest[Title/Abstract] OR benefit [Title/Abstract] OR quiet [Title/Abstract] OR calm[Title/Abstract] OR pleasant[Title/Abstract] OR anxious[Title/Abstract] OR anxiety [Title/Abstract] OR nervous[Title/Abstract] OR mood [Title/Abstract])

80 : perte de 1 article HS

electroencephalography[MeSH Terms] AND music[MeSH Terms] AND (relaxation [Title/Abstract] OR ~~interest[Title/Abstract]~~ OR benefit[Title/Abstract] OR quiet [Title/Abstract] OR calm [Title/Abstract] OR pleasant[Title/Abstract] OR anxious [Title/Abstract] OR anxiety[Title/Abstract] OR nervous[Title/Abstract] OR mood [Title/Abstract])

71 : perte de > 6 articles HS

> 3 articles non classés : **Neural mechanisms of rhythm perception...
Scale-free music of the brain.
Current advances in the cognitive neuro...**

“interest” conservé pour la suite dans un 1er temps

electroencephalography[MeSH Terms] AND music[MeSH Terms] AND (relaxation [Title/Abstract] OR ~~interest[Title/Abstract]~~ OR ~~benefit[Title/Abstract]~~ OR quiet[Title/Abstract] OR calm [Title/Abstract] OR pleasant[Title/Abstract] OR anxious[Title/Abstract] OR anxiety[Title/Abstract] OR nervous[Title/Abstract] OR mood [Title/Abstract])

75 : perte de > 5 articles HS

electroencephalography[MeSH Terms] AND music[MeSH Terms] AND (relaxation [Title/Abstract] OR interest[Title/Abstract] OR ~~quiet[Title/Abstract]~~ OR calm[Title/Abstract] OR pleasant [Title/Abstract] OR anxious[Title/Abstract] OR anxiety[Title/Abstract] OR nervous [Title/Abstract] OR mood [Title/Abstract])

71 : perte de 4 articles HS

electroencephalography[MeSH Terms] AND music[MeSH Terms] AND (relaxation [Title/Abstract] OR interest[Title/Abstract] OR ~~calm[Title/Abstract]~~ OR pleasant [Title/Abstract] OR anxious [Title/Abstract] OR anxiety[Title/Abstract] OR nervous [Title/Abstract] OR mood [Title/Abstract])

69 : perte de 2 articles pertinents : **Distinguishing Different Emotions Evoked by...
Changes in alpha band EEG activity in the front...**

‘calm’ conservé pour la suite dans un 1er temps

electroencephalography[MeSH Terms] AND music[MeSH Terms] AND (relaxation[Title/Abstract] OR interest[Title/Abstract] OR ~~calm[Title/Abstract]~~ OR ~~pleasant[Title/Abstract]~~ OR anxious [Title/Abstract] OR anxiety[Title/Abstract] OR nervous[Title/Abstract] OR mood [Title/Abstract])

57 : perte de > 4 articles pertinents :

**The Effect of Memory in Inducing...
Modulation of the startle reflex by pleasant..
Metabolic and electric brain patterns...
Music and emotion: electrophysiological...
Detection of independent functional net...
Differential alpha coherence hemispheric...
Inaudible high-frequency sounds affect...
Does brain electrical activity react to music?**

> 4 articles non classés :

> 5 articles HS

> 1 article en Russe

‘pleasant’ conservé pour la suite dans un 1er temps

electroencephalography[MeSH Terms] AND music[MeSH Terms] AND (relaxation[Title/Abstract] OR interest[Title/Abstract] OR calm[Title/Abstract] OR ~~pleasant[Title/Abstract]~~ OR ~~anxious~~ ~~[Title/Abstract]~~ OR anxiety[Title/Abstract] OR nervous[Title/Abstract] OR mood [Title/Abstract])

70 : perte de 1 article HS

electroencephalography[MeSH Terms] AND music[MeSH Terms] AND (relaxation[Title/Abstract] OR interest[Title/Abstract] OR calm[Title/Abstract] OR pleasant[Title/Abstract] OR ~~anxiety~~ ~~[Title/Abstract]~~ OR nervous[Title/Abstract] OR mood [Title/Abstract])

64 : perte de > 2 articles peu pertinents
> 4 articles HS

Algorithme final :

electroencephalography [MeSH Terms] AND music [MeSH Terms] AND (relaxation [Title/Abstract] OR interest [Title/Abstract] OR calm [Title/Abstract] OR pleasant [Title/Abstract] OR nervous [Title/Abstract] OR mood[Title/Abstract])

Annexe II – Liste des 64 articles

Les articles en gras sont ceux qui ont été retenus comme pertinents pour cette revue de la littérature.

- 1: The Effect of Mozart's Music in Severe Epilepsy: Functional and Morphological Features.
- 2: Cardiac afferent activity modulates early neural signature of error detection during skilled performance.
- 3: Distinguishing Different Emotions Evoked by Music via Electroencephalographic Signals.**
- 4: The Effect of Memory in Inducing Pleasant Emotions with Musical and Pictorial Stimuli.
- 5: Instance-Based Genre-Specific Music Emotion Prediction with An EEG Setup.**
- 6: The influence of moving with music on motor cortical activity.
- 7: Stress Coping Via Musical Neurofeedback.**
- 8: The neural underpinnings of music listening under different attention conditions.
- 9: Music induced happy mood suppresses the neural responses to other's pain: Evidences from an ERP study.
- 10: Risk of depression enhances auditory Pitch discrimination in the brain as indexed by the mismatch negativity.
- 11: Statistical learning and auditory processing in children with music training: An ERP study.
- 12: EEG-based alpha neurofeedback training for mood enhancement.
- 13: Cortical Correlates of the Auditory Frequency-Following and Onset Responses: EEG and fMRI Evidence.
- 14: Musicogenic Epilepsy and Treatment of Affective Disorders: Case Report and Review of Pathogenesis.
- 15: Positive Emotional Experience: Induced by Vibroacoustic Stimulation Using a Body Monochord in Patients with Psychosomatic Disorders: Is Associated with an Increase in EEG-Theta and a Decrease in EEG-Alpha Power.**
- 16: Detection of independent functional networks during music listening using electroencephalogram and sLORETA-ICA.
- 17: Event-related brain responses while listening to entire pieces of music.
- 18: 'My Virtual Dream': Collective Neurofeedback in an Immersive Art Environment.

- 19: Exploring how musical rhythm entrains brain activity with electroencephalogram frequency-tagging.
- 20: Functional organization for musical consonance and tonal pitch hierarchy in human auditory cortex.
- 21: Neuroelectrical imaging investigation of cortical activity during listening to music in prelingually deaf children with cochlear implants.
- 22: Differences in the perceived music pleasantness between monolateral cochlear implanted and normal hearing children assessed by EEG.
- 23: Music and emotion: an EEG connectivity study in patients with disorders of consciousness.
- 24: EEG frontal asymmetry related to pleasantness of music perception in healthy children and cochlear implanted users.
- 25: Monochord sounds and progressive muscle relaxation reduce anxiety and improve relaxation during chemotherapy: a pilot EEG study.**
- 26: [The comparative analysis of changes of short pieces of EEG at perception of music on the basis of the event-related synchronization/desynchronization and wavelet-synchrony]. Russian.
- 27: Individual brain-frequency responses to self-selected music.**
- 28: Neural mechanisms of rhythm perception: current findings and future perspectives.
- 29: Error monitoring is altered in musician's dystonia: evidence from ERP-based studies.
- 30: The nature of affective priming in music and speech.
- 31: Investigation on the pleasantness of music perception in monolateral and bilateral cochlear implant users by using neuroelectrical source imaging: a pilot study.
- 32: Musicians demonstrate experience-dependent brainstem enhancement of musical scale features within continuously gliding pitch.
- 33: Long-term exposure to music enhances the sensitivity of the auditory system in children.
- 34: Exercise, music, and the brain: is there a central pattern generator?
- 35: Event-related potential (ERP) markers of melodic processing: The N2 component is modulated by structural complexity, not by melodic 'meaningfulness'.
- 36: Autonomic specificity of basic emotions: evidence from pattern classification and cluster analysis.
- 37: Scale-free music of the brain.**
- 38: Resting frontal EEG alpha-asymmetry predicts the evaluation of affective musical stimuli.
- 39: Current advances in the cognitive neuroscience of music.

- 40: Music-induced mood modulates the strength of emotional negativity bias: an ERP study.
- 41: Differential alpha coherence hemispheric patterns in men and women during pleasant and unpleasant musical emotions.
- 42: Modulation of the startle reflex by pleasant and unpleasant music.
- 43: Electroencephalographic (EEG) measurements of mindfulness-based Triarchic body-pathway relaxation technique: a pilot study.**
- 44: Metabolic and electric brain patterns during pleasant and unpleasant emotions induced by music masterpieces.
- 45: Music and emotion: electrophysiological correlates of the processing of pleasant and unpleasant music.**
- 46: Lack of efficacy of music to improve sleep: a polysomnographic and quantitative EEG analysis.
- 47: Validating the efficacy of neurofeedback for optimising performance.
- 48: Enhanced P1-N1 auditory evoked potential in patients with musicians' cramp.
- 49: Visually induced auditory expectancy in music reading: a behavioral and electrophysiological study.
- 50: EEG spectral analysis of relaxation techniques.**
- 51: The "Mozart effect": an electroencephalographic analysis employing the methods of induced event-related desynchronization/synchronization and event-related coherence.
- 52: Ecological validity of neurofeedback: modulation of slow wave EEG enhances musical performance.
- 53: [Effects of noise and music on EEG power spectrum]. Chinese
- 54: Inaudible high-frequency sounds affect brain activity: hypersonic effect.
- 55: Perceived and physiological indicators of relaxation: as different as Mozart and Alice in chains.**
- 56: The possible meaning of the upper and lower alpha frequency ranges for cognitive and creative tasks.
- 57: Changes in alpha band EEG activity in the frontal area after stimulation with music of different affective content.**
- 58: EEG power spectrum changes due to listening to pleasant music and their relation to relaxation effects.**
- 59: Brain dysfunction in psychiatric patients during music perception measured by EEG mapping: relation to motor dysfunction and influence of neuroleptic drugs.

60: Does brain electrical activity react to music?

61: [Influence of the disco-scene on the psyche and soma of young people: psychometric, computerized-EEG and physiological studies (author's transl)]. German

62: [Functional changes in the central nervous system during music perception (study of positive emotions)]. Russian

63: Metabolic and EEG changes during transcendental meditation: an explanation.

64: [Music, emotion and the autonomic nervous system]. German

Annexe III – Tableau de données issues des articles analysés

Référence	Mots-clés	Synthèse	Points forts – Points faibles
<p>Distinguishing Different Emotions Evoked by Music via Electroencephalographic Signals. Yimin Hou – Shuaiqi Chen 18 pages 2019</p>	<p>Musique Électroencéphalographie Algorithmes Émotions Classification assistée par ordinateur Méthodes</p>	<p>Cette étude vise à trouver la meilleure méthode de classification assistée par ordinateur pour attribuer des événements EEG à des émotions. Les participants écoutent des morceaux de musique classés dans 4 catégories (joie, calme, triste, énervé) et issus d'une banque de données de 1 000 morceaux. Leurs tracés EEG sont enregistrés et étudiés, notamment les électrodes T3, T4 et Pz (corrélation importante avec l'état émotionnel). Sont avant tout étudiées les bandes de fréquence α, θ et β.</p> <p>Grâce à une reconstruction topographique, on observe que la musique triste est liée à une activation des bandes α en occipital, temporal et en frontal gauche dans une moindre mesure. La musique joyeuse entraîne une activité β frontale plus marquée à gauche. La musique énervée active les fréquences β en frontal gauche et occipital, les fréquences α en frontal gauche et les fréquences θ en frontal gauche de façon moins marquée. Enfin la musique calme est liée à l'activation des 3 types d'ondes en frontal bilatéral pour α et β, et à gauche pour les ondes θ.</p> <p>La bande α est celle qui se modifie le plus et permet donc de mieux distinguer les émotions.</p>	<p>→ 8 étudiants → expérience répétée à 2-3 jours d'intervalle → 15 ensembles de données obtenus (1 échec) → suppression des 15 premières et dernières secondes de tracé pour s'affranchir de l'état émotionnel initial des participants et de leur état de fatigue en fin d'expérience</p>
<p>Instance-Based Genre-Specific Music Emotion Prediction with An EEG Setup. Liu X – Wai AAP – Kumaran S – Saravanan YR – Lin Z 4 pages 2018</p>	<p>Musique émotionnelle Électroencéphalographie Apprentissage machine Genres musicaux</p>	<p>Cet article questionne la prédiction de l'impact de différents genres musicaux sur l'émotion engendrée. Les participants ont écouté 4 morceaux de chaque genre (classique, heavy metal, électro, rap, pop) choisis selon les émotions induites (joie, tristesse, relaxation, colère). L'analyse est basée sur l'enregistrement d'un EEG réduit (T9, T10, AF7, AF8, AFz) et extraction des bandes α, β, δ et θ. Après chaque morceau les sujets remplissent un questionnaire sur leur sensation subjective (stimulation et caractère agréable) qui montre une cohérence entre la classification des experts et le ressenti des sujets.</p> <p>La détente des participants est liée au rythme α et montre que la musique joyeuse détend contrairement à la musique énervée. Les sujets ont trouvé que la musique pop était la plus agréable (puis électro, classique, rap et métal) et la plus stimulante (ex-æquo métal puis rap, électro et classique).</p>	<p>→ 10 sujets droitiers en bonne santé</p>

<p>Monochord sounds and progressive muscle relaxation reduce anxiety and improve relaxation during chemotherapy: a pilot EEG study.</p> <p>Lee EJ – Bhattacharya J – Sohn C – Verres R</p> <p>8 pages 2012</p>	<p>Monocorde Relaxation musculaire progressive État d'anxiété Chimiothérapie EEG Musicothérapie</p>	<p>Cette étude compare l'écoute de sons de monocorde à la relaxation progressive musculaire qui est une technique de relaxation avérée. La diminution de l'anxiété a été étudiée par SAI et questionnaire pour 40 patients. 2 groupes ont été formés (PMR ou écoute de MC) et l'état de relaxation mesuré par l'EEG a été analysé avec ces 2 techniques pendant les séances de chimiothérapie. Les réponses subjectives des patients témoignent d'une diminution significative et identique de l'anxiété grâce aux 2 techniques. Quant aux EEG ils ont mis en lumière :</p> <ul style="list-style-type: none"> → une diminution des β-2 frontaux médians dans les 2 groupes (+ marquée avec le MC) → une augmentation des θ dans les 2 groupes → une diminution de l'α postérieur dans le groupe MC mais pas dans le PMR → une diminution des β-1 postérieurs dans le groupe MC mais pas dans le PMR → une augmentation de l'activité γ dans le groupe MC → pas de différence significative dans la bande δ <p>Les 2 groupes ont montré une diminution de l'anxiété et une amélioration de l'état physique et psychologique au cours de la chimiothérapie qui s'accroît au fil des séances. Ce sont pourtant 2 techniques qui agissent différemment car le PMR demande de la concentration et évolue avec l'exercice tandis que les sons MC ne demandent pas de réponse active et ne sont pas associés à un exercice, on peut donc penser qu'ils agissent plus vite. Finalement, les sons MC sont aussi efficaces que le PMR.</p>	<ul style="list-style-type: none"> → étude pilote → 40 patients inclus (2 x n=20) dont 1 gaucher dans chaque groupe → 33 tracés EEG étudiés → 38 cancers du sein → 2 cancers ovariens qui ont été inclus dans le groupe MC. Ce cancer a un moins bon pronostic, ce qui peut biaiser les résultats obtenus pour le groupe MC. → pré-médication pour réduire effets indésirables de la chimio : biais ?
<p>Individual brain-frequency responses to self-selected music.</p> <p>Höller Y – Thomschewsky A – Schmid EV – Höller P – Crone JS – Trinka E</p> <p>8 pages 2012</p>	<p>Analyse individuelle des sujets Musique Analyse des fréquences</p>	<p>Dans cette étude, on cherche à savoir s'il existe des schémas cérébraux universels lors de l'écoute de morceaux choisis individuellement et considérés comme stimulants ou relaxants. Afin d'avoir une phase de stimulation identique pour tous, une stimulation tactile a été testée. Les participants ont du indiquer sur 2 échelles de Likert leur niveau de relaxation et d'excitation pour chaque session (morceau relaxant, morceau stimulant, stimulation tactile et repos).</p> <p>Une réactivité à la musique a été observée pour tous les sujets, notamment dans la gamme α, en pariétal et en occipital. L'expérience a montré une grande variabilité inter-individuelle dans les réponses aux différentes stimulations, y compris pour la stimulation tactile, dans la gamme α. La variabilité s'est moins exprimée en β. Pour autant, les sujets ont tous évalués les morceaux calmes comme les tests les plus relaxants et les moins excitants de tous. La sensation de relaxation a été plus fortement ressentie que l'excitation. Les observations en α et en β témoignent sans doute d'une activation du système moteur (désynchronisation des bas α puis synchronisation des α hauts pour plusieurs sujets / augmentation de l'activité β).</p> <p>Bien que les ressentis aient été cohérents pour les sujets selon les stimulations, les tracés EEG se sont montrés très variables, ce qui est probablement lié aux caractéristiques cérébrales individuelles.</p>	<ul style="list-style-type: none"> → 18 participants diplômés de la fac entre 19 et 44 ans en bonne santé (auditive et psychologique) ± musiciens « un plus grand échantillon, bien équilibré en sexes, éducation musicale et pic de fréquence α serait nécessaire » « Les modes individuels d'écoute et d'expérience musicale émotionnelle devraient être considérés. » → expérience répétée à 2 semaines d'intervalle → seuls les phénomènes observés sur les 2 sessions ont été retenus

<p>Scale-free music of the brain.</p> <p>Wu D – Li CY – Yao DZ</p> <p>8 pages 2009</p>	<p>Électroencéphalographie</p> <p>Musique</p> <p>Sonification</p> <p>Niveaux de sommeil</p>	<p>Dans cet article les chercheurs ont utilisé une méthode de sonification pour convertir des tracés EEG enregistrés au cours du sommeil en morceaux de musique. L'objectif est de vérifier la fiabilité de la technique pour ensuite faire écouter ces morceaux à 60 volontaires et voir si une différence significative est observée entre les morceaux produits au cours de 2 stades de sommeil distincts (SWS et REM). La comparaison est appuyée par l'écoute de bruits blancs.</p> <p>Les morceaux résultant des stades de sommeil SWS et REM sont très différents. Le SWS produit une musique très rapide et énergique, ressentie comme joyeuse, tandis que le REM engendre des morceaux lents et calmes, entraînant un ennui ou une somnolence et une relaxation selon les participants. La musique obtenue pour les 2 stades de sommeil est cohérente car le REM est une phase d'activité cérébrale intense et le SWS est la phase du sommeil où le cerveau est le plus repos (relaxation intense). L'étude a également testé des morceaux basés sur des tracés yeux ouverts, yeux fermés, et interictal qui ont été facilement distingués par les sujets et qui appuient la méthode.</p>	<p>→ 60 participants auditeurs en bonne santé entre 18 et 25 ans</p> <p>→ 1 homme de 25 ans droitier en bonne santé pour le tracé de sommeil</p> <p>→ 25 morceaux (10 de SWS / 10 de REM / 5 de bruits blancs) en écoute aléatoire</p> <p>→ 1 timbre pour tous les morceaux composés à partir d'EEG (piano)</p>
<p>Electroencephalographic (EEG) measurements of mindfulness-based Triarchic body-pathway relaxation technique: a pilot study.</p> <p>Chan AS – Han YM – Cheung MC</p> <p>9 pages 2008</p>	<p>Pleine conscience</p> <p>Méditation</p> <p>EEG</p> <p>Émotion</p> <p>Attention</p>	<p>Cette étude a comparé l'impact sur l'EEG de la technique de relaxation de la voie corporelle triarchique (TBRT) à l'écoute de musique. La musique utilisée est un support de 3 morceaux classiques dont l'induction d'émotions positives (réduction de la tension et de l'anxiété) a été prouvée empiriquement. L'analyse repose sur 2 facteurs : augmentation de l'activité α antérieure à gauche / augmentation des bandes θ frontales médianes. L'activation α antérieure gauche correspond à une baisse de l'activité gauche α par asymétrie positive.</p> <p>L'activité θ a été observée majoritairement avec la TBRT et sur l'ensemble du cerveau (cortex cingulaire antérieure ++), alors qu'elle s'est surtout manifestée en occipital pour la musique, et dans une moindre mesure.</p> <p>Les 2 méthodes ont entraîné une augmentation de l'activation des fréquences α antérieures à gauche, ce qui est associé aux émotions positives (réduction de l'anxiété, sentiment de bien-être). Mais seule la TBRT a mis en évidence une augmentation de la bande θ frontale médiane, associée à l'attention intériorisée.</p>	<p>→ 19 étudiants entre 19 et 22 ans en bonne santé, droitiers</p> <p>→ ne sont pas familiers des exercices de pleine conscience mais plus de la musique. L'enregistrement de TBRT a été diffusé en bruit de fond pendant les explications pour désensibiliser les sujets à cette pratique nouvelle pour eux : biais ?</p> <p>→ ordre aléatoire des écoutes</p> <p>→</p>

<p>Music and emotion: electrophysiological correlates of the processing of pleasant and unpleasant music.</p> <p>Sammler D – Grigutsch M – Fritz T – Koelsch S</p> <p>12 pages 2007</p> <p>✱</p>	<p>Émotion</p> <p>Musique</p> <p>Dissonance</p> <p>EEG</p> <p>Thêta fronto-médian</p> <p>Fréquence cardiaque</p>	<p>Des sujets ont été exposés à 2 types de morceaux, dissonants ou consonants. Les morceaux dissonants ou consonants n'ont pas montré de différence significative dans la stimulation engendrée, mais ont été associés respectivement à un caractère désagréable ou agréable. Lors de l'enregistrement EEG, afin que les participants aient la même attention pour tous les morceaux, ils ont battu le rythme avec leur index droit de façon équivalente pendant les morceaux consonants, dissonants et les 2 moitiés de chaque morceau. Les artéfacts EEG ont été maîtrisés notamment par la suppression des bandes δ.</p> <p>La musique agréable a entraîné une augmentation de la bande θ fronto-médiane. Plus les morceaux étaient notés comme agréables, plus l'élévation de la bande θ a été franche. L'augmentation de cette activité serait signe d'une zone de processus des émotions positives et d'une attention infériorisée élevée. Aucune différence concernant la latéralisation α n'a été observée en fonction des morceaux. Seules une décharge centro-pariétale gauche et une charge pariéto-occipitale droite en α et β ont été montrées mais elles sont dues au battement de mesure par le doigt droit. La bande γ n'a rien montré.</p> <p>La fréquence cardiaque s'est ralentie au cours des écoutes et de façon plus prononcée avec les morceaux dissonants. C'est donc un indice de processus émotionnel.</p>	<p>→ 18 étudiants entre 20 et 30 ans, droitiers, non musiciens en bonne santé</p> <p>→ morceaux dissonants = manipulation électronique des morceaux consonants</p> <p>→ 10 morceaux de chaque (con/dis) durant ~ 1 min chacun en aléatoire mais sans que les versions dissonante et consonante d'un même morceau ne soit à la suite</p> <p>→ les patients ont été familiarisés avec l'expérience 2-5 jours avant l'enregistrement avec port du matériel et écoute de tous les morceaux</p> <p>→ analyse en 2 temps : reprise des morceaux les plus (dé)plaisants</p> <p>→ seulement 2 stimuli (con/dis) et pas de test en condition neutre</p>
<p>EEG spectral analysis of relaxation techniques.</p> <p>Jacobs GD – Friedman R</p> <p>10 pages 2004</p> <p>✱</p>	<p>Stimulation</p> <p>Techniques de relaxation</p> <p>Système nerveux central</p> <p>EEG</p> <p>Analyse spectrale</p> <p>Thêta</p>	<p>Cette recherche étudie les effets des techniques de relaxation sur le système nerveux central en les comparant à ceux de la musique. Les sujets se sont familiarisés quotidiennement pendant 6 semaines avec 1 des 2 techniques puis ont rempli un questionnaire et leurs EEG ont été enregistrés pendant l'écoute après cette phase de familiarisation. Les facteurs pris en compte dans l'analyse des résultats sont les modifications d'activités α et θ. Les enregistrements ont été divisés en 2 phases pour pouvoir comparer l'état initial en début d'analyse à l'état final.</p> <p>Les techniques de relaxation ont été associées à une augmentation de l'activité θ dans toutes les régions corticales, plus importante qu'avec la musique. Mais aucune différence significative n'a été observée quant aux bandes α. L'activité de ces fréquences a diminué dans les 2 groupes, ce qui est semblable au phénomène se produisant à l'entrée dans le 1^{er} stade de sommeil.</p> <p>Les techniques de relaxation entraînent une augmentation de l'activité θ, soit une diminution de l'activité du système nerveux central plus importante que la musique.</p>	<p>→ 36 participants en bonne santé pas familiers avec les RT (25-49 ans) mais 3 supprimés (artéfacts EEG)</p> <p>→ randomisés dans les groupes musique (n=14) ou RT (n=19) en aveugle de la technique en parallèle</p> <p>→ durées = RT/musique : 20 min</p> <p>→ musique classique ou new age au choix : biais ?</p> <p>→ pas de caféine 6h / pas de nicotine 2h avant enregistrement EEG</p> <p>→ journal de bord sur le sommeil la nuit avant EEG : pas de différence significative entre les groupes</p> <p>→ artéfacts supprimés manuellement</p> <p>+ si artéfact sur 1 canal : suppression de l'intervalle de durée correspondant sur tous les canaux</p> <p>→ suppression des 1^{er} et dernière min</p>

<p>Perceived and physiological indicators of relaxation: as different as Mozart and Alice in chains.</p> <p>Burns J – Labbé E – Williams K – McCall J</p> <p>6 pages 1999</p>	<p>Musique Relaxation Biofeedback Évaluation autonome du stress</p>	<p>HS PAS D'EEG</p> <p>Cet article décrit l'étude de différents types de musique (classique, hard rock, musique relaxante choisie individuellement) et leur impact sur la relaxation ressentie et observée physiologiquement. Un groupe de contrôle sans écoute de musique a été mis en place. Les groupes « classique », « musique relaxante choisie » et « pas de musique » ont montré une augmentation significative du sentiment de relaxation, évaluée par questionnaire avant et après session d'écoute (ou de repos pour le groupe sans musique). Le groupe « hard rock » a montré une légère augmentation. Mais aucune différence n'a été observée entre les différents types de musique sur les indicateurs physiologiques. La température de la peau a diminué dans tous les groupes. Ecouter de la musique serait équivalent à s'asseoir calmement compte-tenu de la relaxation ressentie.</p>	<p>→ 56 étudiants non diplômés de 18 à 43 ans → 49 EMG (artéfacts) → groupes randomisés → 15 min : peut-être pas assez pour avoir des répercussions sur les indicateurs physiologiques évalués</p>
<p>EEG power spectrum changes due to listening to pleasant music and their relation to relaxation effects.</p> <p>Kabuto M – Kageyama T – Nitta H</p> <p>12 pages 1993</p>	<p>Musique Relaxation Courant EEG Spectre Personnalité type-A</p>	<p>Cet article retrace l'étude des changements EEG induits par l'écoute de musique plaisante. Les participants ont rempli des questionnaires permettant d'établir leur état mental, physique et leur type de personnalité afin d'évaluer 16 sensations psychosomatiques avant et après écoute musicale en les rapprochant de leurs profils. Les sensations ont été rassemblées pour faire ressortir 2 facteurs émotionnels : les caractères « plaisant et relaxant » et « calme ». Les sujets ont écouté 6 échantillons musicaux de durées égales (bruits d'insectes, violon classique, piano classique et 3 extraits de musique synthétique type « réduction du stress »). Les sujets se sont sentis revigorés, relaxés, « aiguisés » et activés mais moins gais, calmes, heureux et somnolents après écoute des morceaux.</p> <p>L'activité δ a augmenté en pariétal et en occipital après la session d'écoute et a montré un lien significatif avec les composants « plaisant et relaxant » et « calme ». La bande α a clairement diminué en occipital (surtout à gauche) tandis que la sensation de « calme » augmentait. L'activité θ a augmenté en même temps que les facteurs « plaisant et relaxant » et « calme » et a montré un lien significatif avec le « calme » ressentit par le groupe « personnalité type-A ». Le pic de fréquence α diminue en occipital gauche quand la sensation de « calme » augmente. La musique agréable a montré des effets de relaxation observables sur l'EEG tels que les changements d'activités θ, α en occipital, et la modification du pic de fréquence α. Aucune modification n'a été observée pour la bande β. Les effets de relaxation de la musique sont observables sur l'EEG.</p>	<p>→ 42 participants en bonne santé entre 18 et 25 ans → participants séparés en 4 groupes selon leurs profils de personnalité (quartiles par rapport aux questionnaires) → résultats moyennés malgré une différence significative observée sur certains résultats du groupe « personnalité de type-A » → la diminution du pic de fréquence α peut être due à la fatigue en fin d'expérience On ne le sait pas car les pics ont seulement été contrôlés avant/après la session d'écoute</p>

Référence	Éléments comparés	Résultats
Distinguishing Different Emotions Evoked by Music via Electroencephalographic Signals.	4 types de musique : triste, énervée, joyeuse, calme	-Modification des bandes α , β et θ différemment pour chaque type de musique - α change +++ : elle permet le mieux de distinguer les émotions musicales ressenties
Instance-Based Genre-Specific Music Emotion Prediction with An EEG Setup.	Sensations subjectives et EEG avec différents genres musicaux : classique, rap, pop, heavy metal ; et différents types d'émotions associées aux morceaux (triste, énervé, joyeux, calme)	-Sensations du panel et classification émotionnelle préalable des morceaux cohérentes -Détente liée à la bande α et avec musique joyeuse +++ -Musique la plus agréable et stimulante = pop
Monochord sounds and progressive muscle relaxation reduce anxiety and improve relaxation during chemotherapy: a pilot EEG study.	Sensations subjectives et EEG durant l'écoute de monochorde et de technique PMR	-Sensations : diminution de l'anxiété avec les 2 -EEG : diminution des β fronto-médians avec les 2 augmentations des θ avec les 2 diminution de l' α postérieur avec le monochorde diminution des β postérieurs avec le monochorde augmentation des γ avec le monochorde RAS avec le δ -PMR équivalent au monochorde dans la diminution de l'anxiété
Individual brain-frequency responses to self-selected music.	Sensations subjectives et EEG avec des musiques relaxantes, stimulantes, une stimulation tactile et une situation de repos	-Musique : réactivité avec la gamme α chez tout le monde mais très variable (variable aussi dans la stimulation tactile) -RAS en β -Subjectif : musique calme = la plus relaxante -Sensations et types émotionnels des morceaux cohérents -EEG très variable donc schémas de réponse aux musiques émotionnelles individuels
Scale-free music of the brain.	Morceaux créés avec EEG en SWS et REM écoutés et comparés aux bruits blancs par évaluation subjective des sensations	-Sensation : le pannel a trouvé la musique SWS joyeuse et la musique REM ennuyante ou relaxante, ce qui est cohérent avec les activités cérébrales respectives de ces stades de sommeil
Electroencephalographic measurements of mindfulness-based Triarchic body-pathway relaxation technique: a pilot study.	EEG avec TBRT et musique prouvée comme relaxante (3 morceaux classiques)	-Activité θ partout avec TRBT (cingulaire antérieure ++) -Activité θ occipitale avec la musique -Augmentation de l'activité α antérieure gauche avec les 2 = émotion positive avec les 2 mais attention intériorisée (α cingulaire) observée qu'avec le TBRT
Music and emotion: electrophysiological correlates of the processing of pleasant and unpleasant music.	Sensations subjectives et EEG avec morceaux dissonants et consonants	-Sensations : dissonant = désagréable / consonant = agréable -Augmentation des θ fronto-médians = émotion positive et attention avec le consonant -Pas d'autre différence significative
EEG spectral analysis of relaxation techniques.	EEG avec relaxation et musique	-Augmentation θ partout mais plus avec la relaxation qu'avec la musique -Diminution de l' α dans les 2 groupes (pas de différence)
EEG power spectrum changes due to listening to pleasant music and their relation to relaxation effects.	Sensations subjectives et EEG avec morceaux plaisants	-Augmentation du δ pariétal et occipital liée aux sensations « plaisant/relaxant » et « calme » -Diminution de l' α occipital liée à l'augmentation de la sensation « calme » -Augmentation de θ liée l'augmentation de « plaisant/relaxant » et « calme » -Diminution du pic de fréquence α en occipital gauche quand « calme » augmente -RAS en β -Musique = effets de relaxation

LE GALLO Eve-Lise

Musique et diminution de l'anxiété : impact sur l'électroencéphalogramme ou sensation subjective ?

RÉSUMÉ

Les examens d'imagerie médicale sont une source d'anxiété pour bon nombre de patients. En pratique, certains établissements dispensent de la musique au cours de ceux-ci, ce qui m'a semblé avoir un impact positif sur l'état anxieux. Je me suis alors interrogée à propos de l'influence de la musique sur l'anxiété des sujets, afin de conclure à un intérêt éventuel de l'utilisation systématique de la musique dans le cadre des examens d'imagerie. Devant la pauvreté des données scientifiques à ce sujet, j'ai mené une revue de la littérature, qui a vocation à synthétiser les connaissances actuelles sur l'impact psycho-physiologique de la musique, dans l'idée de mettre en avant une preuve de son action physiologique supposée. Pour cela, je me suis appuyée sur des travaux étudiant tous l'électroencéphalographie. En effet, cette exploration permet d'analyser l'activité cérébrale et donc les répercussions des stimuli de l'environnement, tels que la musique, sur cette activité. Les articles de recherche étudiés se sont avérés témoigner de résultats concordants, exprimant tous l'impact positif de la musique sur la diminution de l'anxiété, tant du point de vue des participants qu'au niveau des résultats d'électroencéphalogrammes obtenus. Ces résultats semblent indiquer que la musique présente un intérêt thérapeutique exploitable en imagerie médicale.

MOTS-CLES : Imagerie – Musique – Électroencéphalographie – Anxiété – Relaxation

ABSTRACT

Medical imaging is a source of anxiety for many patients. In practice, some health facilities play music during the exams, which I felt had a positive impact on the anxiety level. I then questioned myself about the influence of music on patients' anxiety, in order to conclude whether the systematic use of music in imaging examinations might be of interest. Because of the lack of scientific data, I conducted a systematic literature review, which aims to synthesize current knowledge on the psycho-physiological impact of music, with the idea of resuming evidence of its supposed physiological action. For this, I focused on publications based on electroencephalography. Indeed, this exploration enables to analyse brain activity and thus the repercussions of environmental stimuli, such as music, on this activity. The studies showed consistent results, all suggesting a positive impact of music on reducing anxiety, both from the point of view of the participants and in terms of the electroencephalogram results. Overall, music might have a therapeutic interest that can be used in medical imaging.

KEYWORDS : Imaging – Music – Electroencephalography – Anxiety – Relaxation

INSTITUT DE FORMATION DES MANIPULATEURS EN ÉLECTRORADIOLOGIE
MÉDICALE

Centre Hospitalier Universitaire de Rennes - 2, rue Henri Le Guilloux - 35000 Rennes

TRAVAIL ÉCRIT DE FIN D'ÉTUDES - 2020