

**UNIVERSITÉ TOULOUSE III — PAUL SABATIER**

**FACULTÉ DE CHIRURGIE DENTAIRE**

---

ANNÉE 2021

2021-TOU3-3051

**THÈSE**

**POUR LE DIPLÔME D'ÉTAT DE DOCTEUR EN CHIRURGIE DENTAIRE**

Présentée et soutenue publiquement

Par

**Alix BABIN**

Le 23 septembre 2021

**ONDES CEREBRALES ET RELAXATION : INTERET DES BASSES FREQUENCES EN  
ODONTOLOGIE**

Directeur de thèse : Pr Franck DIEMER

**JURY**

Président :

Pr Franck DIEMER

1<sup>er</sup> assesseur :

Dr Marie GURGEL-GEORGELIN

2<sup>e</sup> assesseur :

Dr Delphine MARET-COMTESSE

3<sup>e</sup> assesseur :

Dr Théophile PAPANAGHEORGHIOU





## Faculté de Chirurgie Dentaire

### → DIRECTION

#### DOYEN

M. Philippe POMAR

#### ASSESEUR DU DOYEN

Mme Sabine JONIOT

Mme Sara DALICIEUX-LAURENCIN

#### DIRECTRICE ADMINISTRATIVE

Mme Muriel VERDAGUER

#### PRÉSIDENTE DU COMITÉ SCIENTIFIQUE

Mme Cathy NABET

### → HONORARIAT

#### DOYENS HONORAIRES

M. Jean LAGARRIGUE +

M. Jean-Philippe LODTER +

M. Gérard PALOUDIER

M. Michel SIXOU

M. Henri SOULET

#### CHARGÉS DE MISSION

M. Karim NASR (*Innovation Pédagogique*)

M. Olivier HAMEL (*Maillage Territorial*)

M. Franck DIEMER (*Formation Continue*)

M. Philippe KEMOUN (*Stratégie Immobilière*)

M. Paul MONSARRAT (*Intelligence Artificielle*)

### → PERSONNEL ENSEIGNANT

## Section CNU 56 : Développement, Croissance et Prévention

### 56.01 ODONTOLOGIE PEDIATRIQUE et ORTHOPEDIE DENTO-FACIALE (Mme Isabelle BAILLEUL-FORESTIER)

#### ODONTOLOGIE PEDIATRIQUE

Professeurs d'Université : Mme Isabelle BAILLEUL-FORESTIER, M. Frédéric VAYSSE

Maîtres de Conférences : Mme Emmanuelle NOIRRIIT-ESCLASSAN, Mme Marie- Cécile VALERA, M. Mathieu MARTY

Assistants : Mme Marion GUY-VERGER, Mme Alice BROUTIN (*associée*)

Adjoints d'Enseignement : M. Sébastien DOMINE, M. Robin BENETAH, M. Mathieu TESTE,

#### ORTHOPEDIE DENTO-FACIALE

Maîtres de Conférences : M. Pascal BARON, Mme Christiane LODTER, M. Maxime ROTENBERG

Assistants : Mme Isabelle ARAGON, Mme Anaïs DIVOL,

### 56.02 PRÉVENTION, ÉPIDÉMIOLOGIE, ÉCONOMIE DE LA SANTÉ, ODONTOLOGIE LÉGALE (Mme NABET Catherine)

Professeurs d'Université : M. Michel SIXOU, Mme Catherine NABET, M. Olivier HAMEL, M. Jean-Noël VERGNES

Assistant: M. Julien ROSENZWEIG

Adjoints d'Enseignement : M. Alain DURAND, Mlle. Sacha BARON, M. Romain LAGARD, Mme Géromine FOURNIER

M. Fabien BERLIOZ, M. Jean-Philippe GATIGNOL, Mme Carole KANJ

## Section CNU 57 : Chirurgie Orale, Parodontologie, Biologie Orale

### 57.01 CHIRURGIE ORALE, PARODONTOLOGIE, BIOLOGIE ORALE (M. Philippe KEMOUN)

#### PARODONTOLOGIE

Maîtres de Conférences : Mme Sara DALICIEUX-LAURENCIN, Mme Alexia VINEL

Assistants: Mme. Charlotte THOMAS, M. Joffrey DURAN

Adjoints d'Enseignement : M. Loïc CALVO, M. Christophe LAFFORGUE, M. Antoine SANCIER, M. Ronan BARRE,

Mme Myriam KADDECH, M. Matthieu RIMBERT,

### CHIRURGIE ORALE

Professeur d'Université : Mme Sarah COUSTY  
Maîtres de Conférences : M. Philippe CAMPAN, M. Bruno COURTOIS  
Assistants : Mme Léonore COSTA-MENDES, M. Clément CAMBRONNE  
Adjoints d'Enseignement : M. Gabriel FAUXPOINT, M. Arnaud L'HOMME, Mme Marie-Pierre LABADIE, M. Luc RAYNALDY,  
M. Jérôme SALEFRANQUE,

### BIOLOGIE ORALE

Professeur d'Université : M. Philippe KEMOUN  
Maîtres de Conférences : M. Pierre-Pascal POULET, M. Vincent BLASCO-BAQUE  
Assistants : Mme Inessa TIMOFEEVA, M. Matthieu MINTY, Mme Chiara CECCHIN-ALBERTONI  
Adjoints d'Enseignement : M. Mathieu FRANC, M. Hugo BARRAGUE, M. Maxime LUIS

## **Section CNU 58 : Réhabilitation Orale**

### **58.01 DENTISTERIE RESTAURATRICE, ENDODONTIE, PROTHESES, FONCTIONS-DYSFONCTIONS, IMAGERIE, BIOMATERIAUX** (M. Franck DIEMER)

#### DENTISTERIE RESTAURATRICE, ENDODONTIE

Professeur d'Université : M. Franck DIEMER  
Maîtres de Conférences : M. Philippe GUIGNES, Mme Marie GURGEL-GEORGELIN, Mme Delphine MARET-COMTESSE  
Assistants : M. Jérôme FISSE, M. Sylvain GAILLAC, Mme Sophie BARRERE, Mme. Manon SAUCOURT  
M. Ludovic PELLETIER, M. Nicolas ALAUX  
Adjoints d'Enseignement : M. Eric BALGUERIE, M. Jean- Philippe MALLET, M. Rami HAMDAN, M. Romain DUCASSE

#### PROTHÈSES

Professeurs d'Université : M. Philippe POMAR  
Maîtres de Conférences : M. Jean CHAMPION, M. Rémi ESCLASSAN, M. Florent DESTRUHAUT, M. Antoine GALIBOURG,  
M. Antonin HENNEQUIN, M. Bertrand CHAMPION, Mme Caroline DE BATAILLE, Mme Margaux  
BROUTIN, Mme Coralie BATAILLE  
Adjoints d'Enseignement : M. Christophe GHRENASSIA, Mme Marie-Hélène LACOSTE-FERRE, M. Olivier LE GAC, M. Louis  
Philippe GAYRARD, M. Jean-Claude COMBADAZOU, M. Bertrand ARCAUTE,  
M. Eric SOLYOM, M. Michel KNAFO, M. Alexandre HEGO DEVEZA, M. Victor EMONET-DENAND  
M. Thierry DENIS

#### FONCTIONS-DYSFONCTIONS, IMAGERIE, BIOMATERIAUX

Maîtres de Conférences : Mme Sabine JONJOT, M. Karim NASR, M. Paul MONSARRAT, M. Thibault CANCEILL  
Assistants : M. Julien DELRIEU, M. Paul PAGES  
Adjoints d'Enseignement : Mme Sylvie MAGNE, M. Thierry VERGÉ, Mme Josiane BOUSQUET, M. Damien OSTROWSKI

-----  
*Mise à jour pour le 01 septembre 2021*

*Je dédie cette thèse,*

*A ma famille, qui m'a soutenue tout au long de mes études,*

*A Jessica, qui fait preuve au quotidien d'une patience extraordinaire et d'une amitié sans faille (et pour avoir fait le PowerPoint de ma thèse, tu assures),*

*A mes amis, pour tout ce qu'ils m'apportent.*

**A notre président du jury et directeur de thèse,  
Monsieur le Professeur Franck DIEMER**

- Professeur des Universités, Praticien Hospitalier d'Odontologie
- Docteur en Chirurgie Dentaire,
- D.E.A. de Pédagogie (Education, Formation et Insertion) Toulouse Le Mirail,
- Docteur de l'Université Paul Sabatier,
- Responsable du Diplôme Inter Universitaire d'Endodontie à Toulouse,
- Responsable du Diplôme universitaire d'hypnose
- Co-responsable du diplôme Inter-Universitaire d'odontologie du Sport
- Lauréat de l'Université Paul Sabatier

*Nous tenions à vous remercier d'avoir accepté de diriger cette thèse.*

*Nous vous remercions de nous avoir permis de suivre vos enseignements lors du DU d'hypnose. Vous nous avez ouvert une voie à laquelle nous n'aurions jamais songé sans vous.*

*Grâce à vos enseignements, je sais que tout va très bien se passer et que je ferai toujours de mon mieux.*

**A notre premier assesseur,**

**Madame le Docteur Marie GURGEL-GEORGELIN**

- Maître de Conférences des Universités, Praticien Hospitalier d'Odontologie,
- Docteur en Chirurgie Dentaire,
- Maîtrise des Sciences Biologiques et Médicales
- D.E.A. MASS Lyon III,
- Ancienne Interne des Hôpitaux,
- Doctorat d'Université - Université d'Auvergne-Clermont

*Nous tenions à vous remercier de nous faire l'honneur de siéger dans notre jury de thèse.*

*Un merci particulier pour votre bienveillance tout au long de nos études.*

*Un grand merci également pour ce bloc à Ranguel qui m'aura un peu réconciliée avec la chirurgie.*

**A notre deuxième assesseur,**

**Madame le Docteur Delphine MARET-COMTESSE**

- Maître de Conférences des Universités, Praticien Hospitalier d'Odontologie,
- Docteur en Chirurgie Dentaire,
- Doctorat de l'Université de Toulouse,
- Diplôme Universitaire d'Imagerie 3D,
- Master 2 Recherche Epidémiologie Clinique,
- CES d'Odontologie Légale,
- Diplôme Universitaire de Recherche Clinique en Odontologie (DURCO),
- Enseignant-chercheur, Laboratoire Anthropologie Moléculaire et Imagerie de Synthèse (AMIS) CNRS,
- Habilitation à diriger des recherches (HDR),
- Lauréate de l'Université Paul Sabatier.

*Nous tenions à vous remercier de nous faire l'honneur de siéger dans notre jury de thèse.*

*Nous tenions à vous adresser un remerciement particulier pour nous avoir donné l'opportunité d'assister à une autopsie. C'était une expérience extrêmement enrichissante.*

**A notre troisième assesseur,**

**Madame le Docteur Théophane PAPAGHEORGHIU**

- Docteur en chirurgie dentaire

*Nous tenions à vous remercier de nous faire l'honneur de faire partie de notre jury.*

*Nous tenions également à vous remercier pour l'aide précieuse que vous nous avez apporté lors de la rédaction de cette thèse, pour votre gentillesse et votre disponibilité.*

*Un grand merci de nous avoir fait découvrir les bols tibétains, l'expérience était inoubliable.*



## Table des matières

Introduction : L'anxiété au cabinet dentaire.....	10
I- Anatomie .....	11
1) Le cortex cérébral.....	11
2) Les neurones pyramidaux .....	11
II- Les ondes cérébrales .....	13
1) Visualisation des ondes cérébrales : l'électroencéphalogramme.....	13
1.1) Définition.....	13
1.2) Visualisation des ondes cérébrales isolées.....	14
1) Les différents types d'ondes cérébrales.....	14
2) Des ondes cérébrales à l'activité consciente.....	16
3) Synchronisation des ondes cérébrales.....	17
III- Variations physiologiques apportées par les ondes cérébrales et les différents moyens d'y parvenir .....	18
1) Variations physiologiques apportées par la synchronisation des ondes .....	18
2) Différentes manières de stimuler les ondes cérébrales de la relaxation.....	19
2.1) Battements binauraux.....	19
2.1.1) Définition.....	19
2.1.2) Littérature scientifique.....	20
2.1.3) Utilisation au cabinet dentaire.....	21
2.2) Bols tibétains .....	22
2.2.1) Définition.....	22
2.2.2) Littérature scientifique.....	24
2.2.3) Utilisation au cabinet dentaire.....	25
2.3) Musicothérapie .....	26
2.3.1) Définition.....	26
2.3.2) Littérature scientifique.....	27
2.3.3) Utilisation au cabinet dentaire.....	29
Conclusion .....	29

## Introduction : L'anxiété au cabinet dentaire

L'anxiété dentaire provoque des réponses physiques, cognitives, émotionnelles et comportementales chez un patient. Elle est souvent reliée à un stimulus douloureux et une perception augmentée de la douleur, amenant celle-ci à être amplifiée à la fois dans le temps et dans le ressenti, donnant ainsi l'adage « plus on a peur plus on a mal ».

Traiter un patient anxieux est stressant pour le dentiste, de part un manque de coopération demandant un temps de traitement plus long et une mise en place de ressources plus importante, résultant en une expérience désagréable pour l'un comme pour l'autre. [1] De plus, il a été estimé que le stress était relié à environ 75% des troubles de la santé [2], ayant des conséquences physiques comme psychologiques. Le stress peut potentiellement inhiber la réponse immunitaire [3] ou prolonger la convalescence. [4]

En France, l'anxiété vis-à-vis des soins dentaires touche environ 13,5% de la population, dont 6,2% une anxiété modérée et 7,3% une anxiété sévère. Cette anxiété peut limiter, voir totalement empêcher les patients d'avoir recours aux structures de soins appropriées. Cet évitement des soins ainsi que le manque de régularité dans les rendez-vous entraînent l'augmentation de la prévalence des problèmes dentaires (maladie carieuse et maladie parodontale entre autres), pouvant aller jusqu'à altérer la qualité de vie des patients. [5] [6] [7]

Actuellement, différentes méthodes de gestion du stress peuvent être proposées au patient, telles que la prise de benzodiazépines, d'hydroxyzine ou encore l'utilisation du MEOPA. Efficaces, ces méthodes restent néanmoins médicamenteuses et peuvent parfois être mal tolérées, provoquer des effets secondaires et remettre en question l'aptitude à la rue après une intervention.

Des moyens de relaxation non médicamenteux reviennent aujourd'hui en état de grâce, basés sur la gestion du stress via la résonance du son dans l'organisme et notamment son organe le plus complexe : le cerveau.

L'objectif de cette thèse sera de présenter différents moyens sonores permettant d'obtenir une diminution de l'anxiété chez le patient au cabinet dentaire, que sont les battements binauraux, l'utilisation de bols chantants tibétains et la thérapie par la musique, ainsi que leurs effets aussi bien physiques que psychologiques chez le patient.

# I- Anatomie

## 1) Le cortex cérébral

Le cortex cérébral correspond à la partie superficielle du cerveau, composée de la substance grise des hémisphères cérébraux. Il représente environ deux tiers de la masse du cerveau et se trouve sur et autour de la plupart des structures du cerveau. Le cortex est la partie la plus développée du cerveau humain et est responsable de la pensée, de la perception, de la production et de la compréhension du langage, en faisant ainsi le centre du traitement de l'information. [8]

Chaque région du cortex a un rôle qui lui est propre (fig.1) :

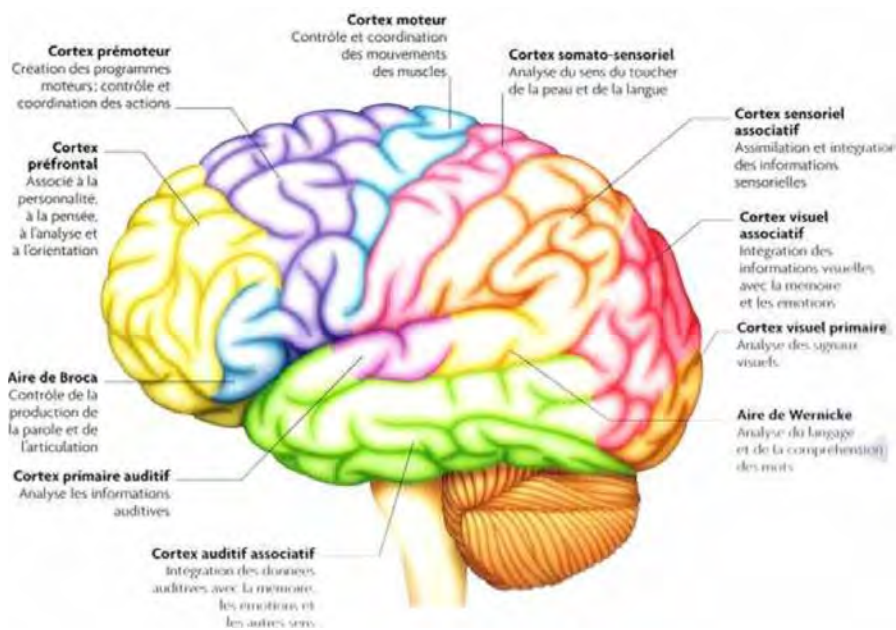


Figure 1 : Les différentes zones du cortex cérébral [9]

## 2) Les neurones pyramidaux

Les neurones pyramidaux constituent la majorité des neurones du cortex et produisent des courants électriques à l'origine des ondes cérébrales.

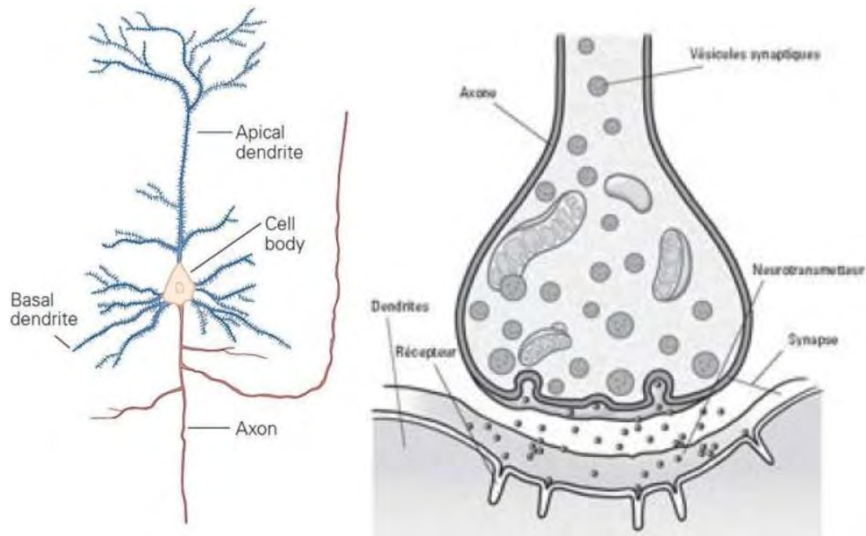


Figure 2 : Vue d'un neurone pyramidal et d'une synapse [10] [11]

Ces neurones (fig.2) présentent une longue dendrite, dite apicale, de laquelle partent de nombreux prolongements qui se projettent jusqu'à la surface du cortex. Ces dendrites sont connectées aux axones d'autres neurones par leur extrémité, les synapses, qui constituent le point de communication de ces cellules. Ces synapses permettent l'établissement de connexions avec les neurones de structures autres que le cortex, via des neurotransmetteurs inhibiteurs (GABA) ou excitateurs (glutamate) et notamment avec le thalamus (fig.3), qui traite les informations sensorielles et leur sert de relais. Le thalamus prend part à la régulation de la veille, du sommeil et de la conscience.

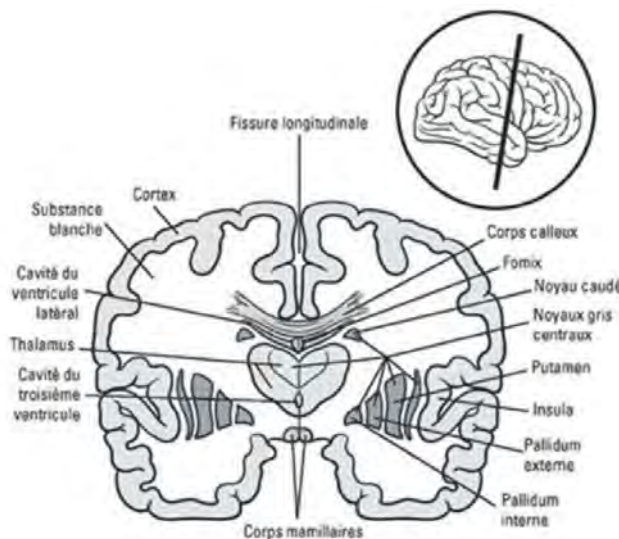


Figure 3 : Coupe frontale du cerveau [11]

## II- Les ondes cérébrales

Que l'on soit éveillé ou endormi, notre cerveau demeure actif en permanence et émet de manière continue des impulsions électriques quasiment imperceptibles. Ce sont les neurones qui génèrent ces différences de potentiel électrique et créent ainsi des rythmiques cérébrales, classées selon leur fréquence : ce sont les ondes cérébrales (fig.4). De très faibles amplitudes, les ondes cérébrales humaines sont de l'ordre du microvolt. Leur rythme, ou fréquence, n'est pas systématiquement régulier et varie selon l'état psychologique du patient. [12] La forme des ondes cérébrales étant directement liée à ce qu'une personne est en train de faire, de penser, ou de ressentir, elles nous fournissent des informations de choix sur l'état mental d'un individu. [13]

### 1) Visualisation des ondes cérébrales : l'électroencéphalogramme

#### 1.1) Définition

L'électroencéphalogramme est un examen consistant à enregistrer le tracé des différentes ondes cérébrales et ainsi diagnostiquer d'éventuelles anomalies de l'activité cérébrale et troubles neurologiques. L'électroencéphalogramme (EEG) humain peut s'étendre d'une fréquence de 0,5Hz à une fréquence de 30HZ. Ce champ peut être divisé en 5 groupes : delta (0,5-3,5Hz), thêta, (4-7Hz), alpha (8-12Hz), bêta (13-28Hz) et gamma (plus de 28Hz).

Il se réalise à l'état de veille, sur un patient calme, à l'aide d'électrodes posées sur le cuir chevelu.

## 1.2) Visualisation des ondes cérébrales isolées

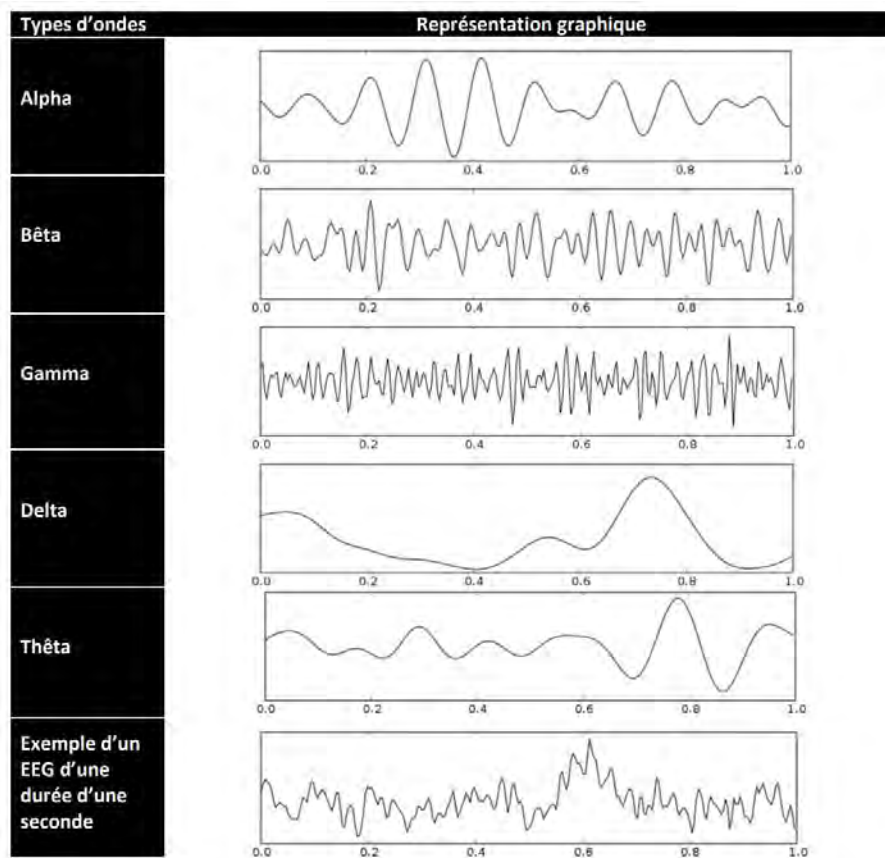


Figure 4 : Représentation graphique des ondes cérébrales isolées sur un électroencéphalogramme [14]

### 1) Les différents types d'ondes cérébrales

L'activité cérébrale repose sur cinq ondes cérébrales : Delta, Thêta, Alpha, Bêta, et Gamma. (fig.4)

- Les ondes delta

Ce sont les ondes cérébrales les plus lentes. Elles se situent entre 0,1 et 4 Hz et correspondent principalement à un état de sommeil sans rêve. Elles sont très fréquentes chez les bébés et les jeunes

enfants et se raréfient au fur et à mesure que nous vieillissons. Cela peut-être corrélé par le fait que le sommeil et notre capacité à nous reposer diminuent progressivement au fil des années. (fig.5)

- Les ondes thêta

Elles varient entre 4 et 8Hz. Ce rythme thêta apparaît le plus souvent avant la phase d'endormissement ou bien lors d'un état de sommeil paradoxal correspondant au rêve. Il est possible de faire l'expérience consciente d'un état thêta, par exemple lors de la méditation, de l'hypnose ou lors d'un rêve éveillé. Ce rythme caractérise un espace entre le conscient et l'inconscient, lors duquel se développent la créativité, la spiritualité et l'imagination. Il permet notamment de pouvoir accéder aux blocages psychologiques situés au-delà de l'activité consciente. (fig.5)

- Les ondes alpha

Elles se manifestent après le réveil ou juste avant de dormir. Elles se situent entre 8 et 14Hz. Elles peuvent également apparaître lors de pratiques légères de la méditation, et correspondent à un état de relaxation. Un niveau élevé d'ondes alpha est le signe d'un manque de concentration, d'attention envers notre environnement, pouvant nous rendre incapable d'accomplir une tâche car le cerveau peine à se focaliser. Un niveau bas va quant à lui de pair avec l'anxiété, le stress voire l'insomnie. (fig.5)

- Les ondes bêta

Elles correspondent au rythme cérébral enregistré le plus communément et se situent entre 14 et 30 Hz. Ces ondes correspondent à un état attentif et vigilant. Elles se produisent lorsque nous sommes concentrés sur des tâches spécifiques du quotidien ou engagés dans la résolution d'un problème ou la prise d'une décision. Un excès, une suractivation de ces ondes bêta peut conduire à un état d'anxiété ou de stress susceptible délétère, tandis qu'un faible niveau de ces ondes nous conduirait à un état trop détendu, nonchalant, laxiste, voire dépressif. (fig.5)

- Les ondes gamma

Ce sont les ondes les plus hautes, se situant entre 30 et 100Hz. Elles ne sont que très difficilement enregistrables par EEG. Elles correspondent à des états de concentration et d'attention intenses que

l'on retrouve lors de tâches demandant un traitement cognitif élevé, par exemple notre capacité à apprendre et établir de nouvelles informations. Elles sont également liées à nos perceptions et peuvent atteindre un pic lors de moments de bonheur intense, mais également dans la phase du sommeil paradoxal dans lesquels les rêves sont très présents. (fig.5)

Ces cinq types d'ondes sont actifs dans notre cerveau tout au long de la journée. Selon notre état mental, certaines ondes auront une activité plus importantes dans certaines zones de notre cerveaux, tandis que d'autres travailleront avec moins d'intensité dans d'autres zones. Ces rythmes cérébraux sont évolutifs et changent au fur et à mesure que nous grandissons, mûrissons et vieillissons. (fig.5) [15]

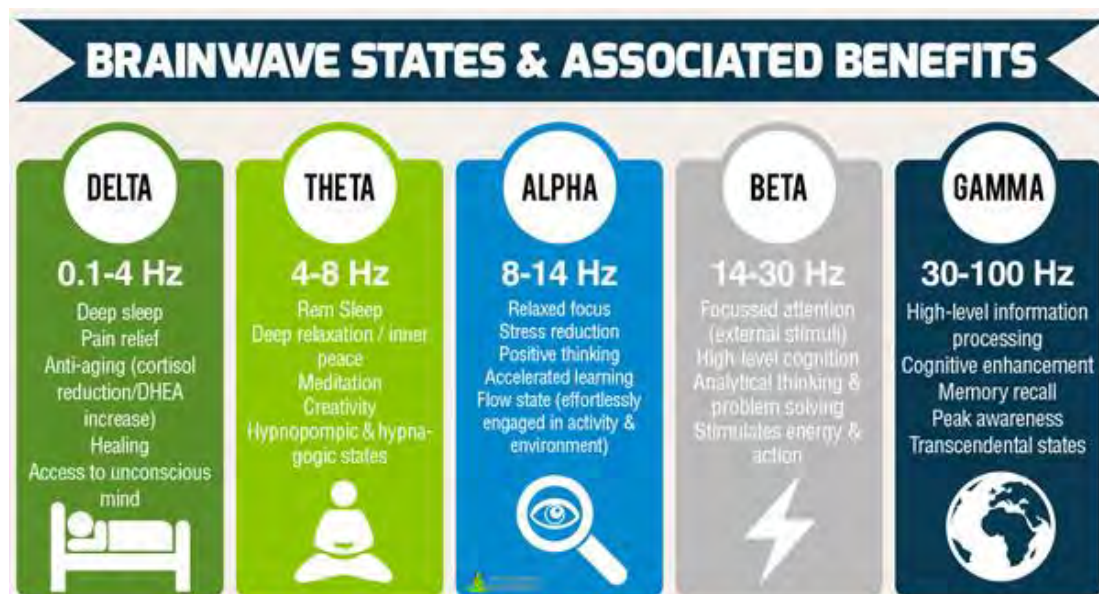


Figure 5 : Les ondes cérébrales et leurs bénéfices associés [16]

## 2) Des ondes cérébrales à l'activité consciente

Les variations des ondes cérébrales représentent à ce jour les seules activités neuronales ayant une corrélation instantanée avec les différents processus mentaux (états de vigilance, sommeil, tâches



cognitives). Elles pourraient donc éventuellement constituer un support électrobiologique à l'émergence de la conscience à partir de l'activité neuronale.

Cette théorie a été défendue par le neurophysiologiste Benjamin Libet (1916-2007) et le chercheur en sciences cognitives Francisco Varela (1946-2001). Selon eux, les multiples interactions des neurones engendreraient une dynamique globale que sont les ondes cérébrales, dont résulterait l'activité mentale consciente. L'activité du cerveau dans sa globalité aurait donc une dimension supérieure à la somme des activités neuronales prises individuellement. Il y aurait ici un phénomène de causalité ascendante où la dynamique des neurones se combine en une dynamique cérébrale beaucoup plus importante.

Inversement, par une causalité descendante l'activité mentale agirait elle aussi sur l'activité cérébrale en régulant les différentes aires neuronales responsables de telle ou telle capacité cognitive.

Ces manifestations de causalité réciproque, supérieures à la simple action des réseaux de neurones, semblent indiquer que les activités électriques du cerveau et les expériences conscientes s'influencent par une empreinte mutuelle, mais n'éclairent pas (encore ?) les mécanismes neurobiologiques d'émergence de la conscience. [17]

### 3) Synchronisation des ondes cérébrales

La synchronisation des ondes cérébrales a pour but d'utiliser les fréquences du cerveau afin de provoquer des comportements spécifiques. Cette méthode permet par exemple d'induire différents rythmes cérébraux selon l'effet recherché, par exemple la relaxation, la stimulation de l'attention, l'induction du sommeil, la méditation...

Par des stimuli spécifiques, qui peuvent être auditifs, visuels, ou la combinaison des deux, le cerveau est ainsi naturellement incité à répondre en se synchronisant à la fréquence du stimulus donné. Ce phénomène est appelé la « réponse d'adoption de fréquence ». L'hypothèse sous-jacente est que le cerveau a tendance à changer la fréquence dominante des signaux qu'il émet (enregistrables par EEG) vers la fréquence du stimulus externe dominant.

Plusieurs phénomènes extérieurs peuvent influencer le rythme des ondes cérébrales par un effet de résonance. Bien avant l'arrivée des technologies actuelles, les mantras, les chants et danses rythmées des tribus, le battement des tambours, de même que le chant grégorien, permettent d'atteindre cet état. Certaines activités physiques comme la marche peuvent également procurer le même effet. Des

pulsations sonores particulières émises directement dans les oreilles (les battements binauraux) peuvent induire, ralentir ou accélérer la fréquence des ondes en fonction du résultat souhaité. Par exemple, afin de faciliter la relaxation et favoriser le sommeil, on incite le cerveau par le biais de ces pulsations à ralentir le rythme de ses ondes, qui pourraient progressivement passer de 14 à 4 Hz. On améliore ainsi la cohérence des influx nerveux produits par les neurones, ce qui se traduit sur l'EEG par des ondes d'une plus grande amplitude. [18]

L'entraînement est un principe de physique que l'on retrouve dans de nombreuses disciplines, telles que la biologie, la chimie, la neurologie, ou encore l'astronomie. Il est défini comme la synchronisation de deux cycles rythmiques ou plus. Au XVII<sup>ème</sup> siècle, le physicien néerlandais Christian Huygens place deux horloges côte à côte sur un mur, et se rend compte que peu importe leur position de départ, les balanciers finissaient irrémédiablement par se synchroniser. [19]

Ici, le résultat souhaité de la synchronisation des ondes cérébrales par l'effet d'entraînement est la synchronisation hémisphérique. Cela correspond à un état cérébral dans lequel le schéma des ondes cérébrales devient similaire dans les hémisphères droit et gauche du cerveau, ainsi, la logique (cerveau gauche) et la créativité (cerveau droit) travaillent en synergie. Ce fonctionnement uniforme se traduit par différents bénéfices tels qu'une plus grande stabilité émotionnelle, de meilleures performances cérébrales et capacités d'apprentissage, une concentration plus importante et un sentiment de sérénité, favorisant le bien-être global de l'individu. [20]

Des niveaux plus importants de synchronisation ont été trouvés chez les personnes qui pratiquent la méditation régulièrement et celles très heureuses dans leur vie de manière générale. [13]

### III- Variations physiologiques apportées par les ondes cérébrales et les différents moyens d'y parvenir

#### 1) Variations physiologiques apportées par la synchronisation des ondes

De nombreuses études ont évalué différents moyens de synchroniser ses ondes cérébrales sur les rythmes alpha ou thêta, par exemple par l'utilisation de battements binauraux, des bols chantants tibétains ou encore de la thérapie par la musique.

La spécificité de chacune de ces techniques sera abordée dans la partie suivante, mais les effets obtenus sur l'organisme sont quant à eux les mêmes : la diminution de l'anxiété et l'amélioration de l'humeur globale des patients sont les résultats les plus significatifs. [21] [22] [23] La diminution de fréquence des ondes permet également de diminuer la production de l'ACTH hypophysaire et d'agir sur la chaîne du cortisol, hormone du stress, et diminuant ainsi notamment le rythme cardiaque, la tension artérielle et le rythme respiratoire. [24] [25] [26] Cette gestion du stress permet de mieux gérer le ressenti de la douleur et de faire diminuer son seuil [27], ainsi, il est même possible de réduire la quantité d'analgésiques administrés avant une intervention. [28]

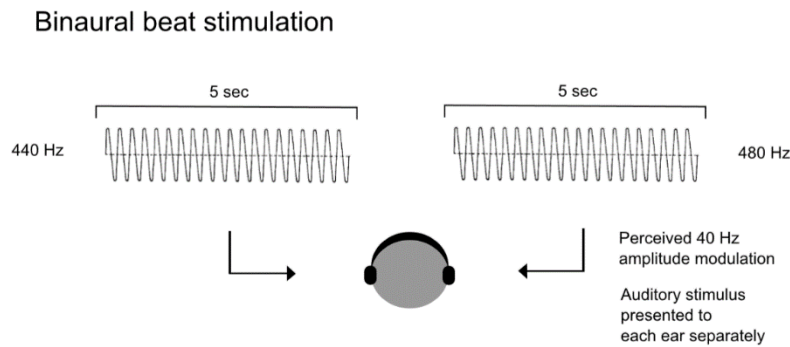
Les résultats cités ne sont pas toujours significatifs, souvent dû à un manque de puissance de ces études. La plupart d'entre elles s'accordent néanmoins sur le fait que des études menées différemment augmenteraient leur significativité.

## 2) Différentes manières de stimuler les ondes cérébrales de la relaxation

### 2.1) Battements binauraux

#### 2.1.1) Définition

Les battements binauraux ont été découverts en 1839 par un physicien nommé Heinrich Dove, mais il faudra attendre 1973 pour qu'ils soient mis sur le devant de la scène par le biophysicien Gerald Oster. Le mot binaural signifie « relatif aux deux oreilles », et représente le fait d'envoyer séparément deux sons de fréquence différente à chaque oreille. Lorsque le cerveau entend ces deux fréquences, il perçoit alors une troisième et nouvelle fréquence, correspondant à la différence mathématique entre les deux fréquences perçues par chaque oreille. Le cerveau suit alors cette nouvelle fréquence en produisant des ondes cérébrales au même rythme, mesurables en Hertz. (1 Hertz = un cycle de vibrations par seconde). Par exemple, si une oreille perçoit une fréquence de 200Hz et l'autre une fréquence de 205Hz, le cerveau va entendre une nouvelle fréquence de 5Hz.



*Figure 6 : Schéma de fonctionnement des battements binauraux [29]*

Les fréquences présentées doivent être comprises entre 90 et 1000Hz et ne pas différer de plus de 35Hz, car au-delà le cerveau entendra à nouveau deux sons séparés. Les battements binauraux ne sont pas réellement entendus par les oreilles, le seuil d'écoute étant situé entre 20 et 20,000Hz, et sont donc une perception subjective qui semble localisée « à l'intérieur » de la tête plutôt qu'un battement physique extérieur. Le cerveau perçoit un battement qui peut théoriquement être utilisé pour produire un rythme neural spécifique. Ce processus est nommé « Frequency Following Response », ou « Réponse d'Adoption de Fréquence », c'est-à-dire la tendance du cerveau à résonner à la fréquence donnée d'un stimulus externe. [29]

### 2.1.2) Littérature scientifique

En 1990, Foster mène une étude dont l'objectif était de déterminer les effets d'une stimulation alpha par battements binauraux combinée avec un biofeedback (rétroaction biologique) alpha sur la production d'ondes cérébrales alpha et le ressenti subjectif des patients sur leur relaxation physique et mentale. [30]

Le panel était composé de quatre groupe : Le groupe 1 recevait des battements binauraux programmés sur une séquence alpha, le groupe 2 un biofeedback alpha, le groupe 3 les battements binauraux alpha combinés au biofeedback alpha et le groupe 4 un bruit artificiel de l'océan.

Les résultats ont montrés que le groupe recevant à la fois les battements binauraux et le biofeedback produisait plus d'ondes alpha que le groupe n'ayant que le biofeedback. De plus, 9 patients sur 15

ayant reçu les battements et le biofeedback déclaraient avoir été capables de contrôler leurs ondes alpha via leur attention envers les battements binauraux.

Ces données suggèrent la possibilité que les battements binauraux peuvent être utilisés pour provoquer des rythmes corticaux spécifiques à travers la réponse d'adoption de fréquence.

En 2001, Le Scouarnec fait écouter à quinze patients anxieux des bandes sonores enrichies en battements binauraux produisant des ondes delta et thêta lors de l'enregistrement par EEG. Les patients écoutent les bandes pendant un mois à raison de cinq fois par semaine et reportent le ressenti de leur anxiété, mesuré par le « State-Trait Anxiety Inventory scores » chaque jour, avant et après écoute ainsi qu'en début et en fin d'étude. La réduction de l'anxiété quotidienne a été notable mais la différence entre le début et la fin de l'étude n'a pas amené de résultats statistiquement significatifs. [21]

La conclusion de l'étude est que les battements binauraux correspondant aux ondes delta et thêta devraient normalement permettre de réduire une anxiété moyenne, mais que d'autres études plus poussées doivent être menées.

Ces résultats sont confirmés en 2005 dans une étude menée au Royaume-Unis s'intéressant à l'anxiété préopératoire. Basée sur un questionnaire « State-Trait Anxiety Inventory questionnaire », trois groupes ont été comparés : un groupe écoutant une bande audio, un groupe écoutant la même bande audio enrichie en battements binauraux et un groupe contrôle. Le groupe écoutant des battements binauraux a montré une diminution de l'anxiété de 26,3%, le groupe écoutant la bande audio, 11,1%, et le groupe contrôle 3,8%. (Binaural Group  $p = 0.001$  vs. Audio Group,  $p < 0.0001$  vs. No Intervention Group). Cette fois, les battements binauraux prouvent réellement leur efficacité. [25]

### 2.1.3) Utilisation au cabinet dentaire

L'utilisation des battements binauraux dans un but de relaxation au cabinet dentaire est relativement facile à mettre en place, puisque leur écoute requiert seulement un casque stéréo. Le praticien peut donc procéder au soin sans être gêné par le matériel.

De plus, un large panel de bandes son est disponible gratuitement sur internet, sur des sites spécialisés ou sur YouTube.

## 2.2) Bols tibétains

### 2.2.1) Définition

Si les bols tibétains sont employés depuis la nuit des temps pour des pratiques religieuses, mais aussi de méditation, de relaxation et de bien être personnel, il n'existe pas réellement de trace écrite de leur origine.

La première utilisation dont nous avons connaissance, datant d'il y a plus de 5000 ans sur les plateaux de Mongolie, étaient tout simplement la cuisine. Les nomades mangeaient dans les bols en cuivre qu'ils martelaient.

Au fil de temps et toujours pour un usage culinaire le laiton a fini par remplacer le cuivre. Les alliages et les techniques de martelage devinrent de plus en plus sophistiqués et les chamanes commencèrent à s'intéresser aux vibrations que provoquait la percussion de ces bols pour des fonctions religieuses et médicinales.

Ce savoir fut par la suite transmis des chamanes aux prêtres de la religion Bôn, précurseur du bouddhisme en Himalaya. Lorsque le bouddhisme tantrique supplanta la religion Bôn quelques siècles plus tard, la tradition des bols chantant passa chez les Tibétains bouddhistes.

La plus grande progression dans la composition de l'alliage des bols chantants fut permise par la rencontre des forgerons Tibétains et Népalais, avec l'apport de l'or. C'est ainsi que finira par voir le jour l'alliage actuel de sept métaux dont sont composés les bols : l'or, l'argent, le fer, le mercure, l'étain, le cuivre et le plomb.

Traditionnellement, ces sept métaux se rapporteraient aux sept chakras, leur donnant ainsi leurs vertus thérapeutiques. Ces métaux sont également associés aux sept planètes que l'on connaissait à l'époque. [31] [32]

Chaque bol produit un nombre spécifique de sons, défini par sa forme, sa taille et son matériau de construction. L'utilisation la plus classique d'un bol est de le frotter avec un bâton en bois, recouvert ou non de cuir ou de tissu appelé mailloche.

De même que les battements binauraux, les bols tibétains émettent des battements acoustiques qui vont résonner à certaines fréquences, visibles par EEG, pouvant entraîner la production d'ondes cérébrales amenant à la relaxation.



*Figure 7 : Bol tibétain avec son coussin et son maillet [33]*

A l'heure actuelle, les bols chantants ont une myriade d'utilisations différentes :

- **Religieuse** : les bols chantants servent pour les offrandes dans de nombreux temples Népalais ainsi que dans les lamaserie tibétaines.
- **Alimentaire** : au Tibet et au Népal, les femmes enceintes mangent encore dans ces bols. L'apport des différents métaux dont sont composés les bols permettraient de renforcer l'équilibre en minéraux dans le corps, étant bénéfiques pour la mère comme pour son enfant. Toutefois, ce point est critiquable de par la présence de mercure dans la composition des bols.

- **Médicale** : les médecins et sono-thérapeutes utilisent les bols comme outil thérapeutique mais également de diagnostic. Les bols sont posés autour du patient ou sur différentes parties de son corps, et résonnent pour rétablir l'harmonie. De nombreux patients y ont recours pour soulager des douleurs chroniques.
- **Instrument de méditation et d'accompagnement spirituel** : Les bols chantants sont de nos jours toujours utilisés dans les temples bouddhistes pour rythmer les pratiques méditatives.
- **Instrument musical** : des concerts et enregistrements sont réalisés par des pratiquants célèbres.
- **Détente et relaxation** : lors de massages sonores de bien-être. [34] [35]

### 2.2.2) Littérature scientifique

En 2014, une étude a été réalisée comparant les effets psychologiques et physiologiques d'une séance de relaxation simple (groupe 1) avec ceux procurés par une séance de relaxation accompagnée de bols tibétains (groupe 2). Une diminution du rythme cardiaque ainsi que de la tension artérielle sont apparues de manière importante mais non significative chez les sujets exposés aux bols tibétains. En revanche, les scores enregistrant l'humeur (Positive and Negative Affect Schedule (PANAS) score) ont diminués de manière égale dans les deux groupes. [36]

En 2017, Golsby & al menèrent une étude afin d'évaluer les effets des sons émis par les bols tibétains sur l'humeur, l'anxiété, la douleur et le bien être spirituel. Les participants ont rapporté une baisse significative ( $p < 0,001$ ) de la tension, de la colère, de la fatigue et de la mauvaise humeur. De même, la sensation de bien-être spirituel a augmenté pour tous les participants ( $p < 0,001$ ). En revanche, les



participants les plus sensibles sont ceux n'ayant jamais été exposé à aucune forme de méditation avant l'étude. [23]

### 2.2.3) Utilisation au cabinet dentaire

L'utilisation des bols tibétains est plus complexe à mettre en place au cabinet dentaire de par l'impossibilité de les manipuler en même temps que l'on réalise les soins, à moins de disposer d'une tierce personne.

Ils peuvent par exemple être utilisés lors d'une séance d'hypnose, lors de l'induction ou juste après afin d'approfondir la transe et avant le retour, après la fin des soins. La configuration des lieux ne permet que difficilement de poser des bols au contact du patient (uniquement sur son torse en position allongée) et ceux-ci seront donc préférentiellement joués « en aérien », en alternant par exemple de chaque côté du patient, en les approchant ou les éloignant de ses oreilles ou en faisant des mouvements circulaires au-dessus de lui.

De plus, avec deux bols programmés pour vibrer à des fréquences proches positionnés de chaque côté du patient, il est aussi possible de produire des battements binauraux.

Bien que peu répandus, il est aujourd'hui possible de mener une séance avec un bol électronique « e-bol », qui imite l'acoustique des bols tibétains. Plus facile à utiliser dans une optique de soin, n'ayant pas besoin d'un intervenant extérieur pour les manipuler, il n'a pas non plus la limitation sonore d'un bol physique, permettant de retrouver la résonance de plusieurs bols en même temps. [37]

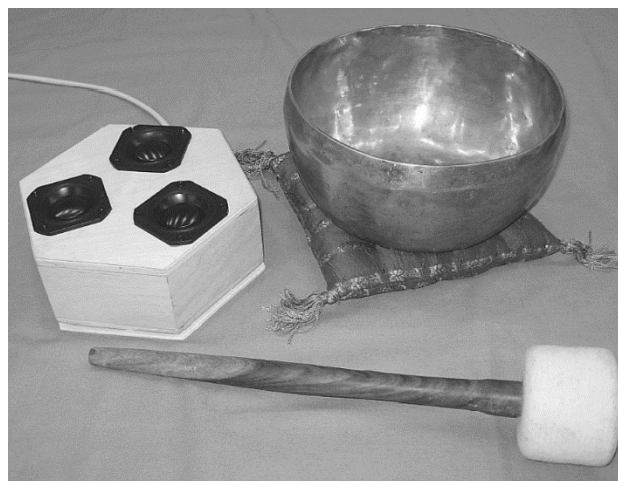


Figure 8 : E-bol à gauche, bol tibétain et mailloche à droite [37]

## 2.3) Musicothérapie

### 2.3.1) Définition

La musique est utilisée à des fins de guérison depuis l'aube de la civilisation. Dans la Grèce ancienne, Apollon était à la fois le dieu de la médecine et de la musique. Dans l'Égypte antique, les professions de prêtre, musicien et physicien étaient souvent combinées. [38]

Dans la médecine actuelle, la musique est utilisée afin de réduire la douleur, diminuer les complications chirurgicales et promouvoir la relaxation à la fois chez le patient et le praticien. Elle est un simulateur sensoriel provoquant une réponse due à la familiarité, la prédictibilité et le sentiment de sécurité qui y sont associés. [26]

La thérapie musicale est définie comme « l'usage contrôlé de la musique et de son influence sur l'être humain et son intégration de manière physiologique, psychologique et émotionnelle durant le traitement d'une maladie ou d'un handicap », ou encore comme « une science comportementale concernant l'usage de types spécifiques de musiques et leur habilité à produire un changement dans le comportement, les émotions et la physiologie ». [39]

Depuis quelques années, l'usage de la musique dans le soin du vivant connaît un essor important de par les travaux du chercheur en physique quantique Joël Sternheimer, inventeur du concept des protéodies.

Les protéodies sont définies comme des mélodies de protéines (**protéine mélodie**). Chaque protéine étant constituée d'une chaîne spécifique d'acides aminés, Sternheimer, par des procédés de physique quantique que nous n'aborderons pas ici, a associé une note de musique à chaque acide aminé. Chaque protéine ayant une combinaison unique, il est donc possible de lui associer sa propre mélodie : sa protéodie. Ainsi, il est possible de stimuler une protéine particulière par l'écoute de la protéodie correspondante. De même, l'écoute de la protéodie inverse, dite en opposition de phase, permet l'inhibition de cette protéine.

Correctement utilisées, les protéodies permettent donc de réguler les processus biologiques dans lesquels des protéines sont impliquées. [40]

Nous pouvons citer l'exemple de la culture de plants de tomates en milieu aride en Afrique :

En 1996, au Sénégal, une petite exploitation a testé les effets de la protéodie TAS 14 sur plusieurs milliers de plants de tomates. Cette protéine avait été conçue dans le but d'aider les plants à résister à la sécheresse. Trois minutes par jour, une radiocassette placée à côté des plants diffusait la mélodie déduite de la séquence d'acides aminés de la TAS 14.

Les plants exposés quotidiennement à cette musique de la protéine TAS14 sont apparus comme ayant des besoins en eau très réduits ainsi qu'une production bien supérieure, et sont également devenus plus grands que ceux, de l'autre côté du champ, qui ont bénéficié d'un arrosage plus important mais sans exposition à la musique. [41] [42]

Sternheimer a également testé à titre informel ses recherches sur des humains. Les témoignages prometteurs ressortant de l'expérience pourraient un jour peut-être conduire à des études plus poussées sur le sujet. [43]

### 2.3.2) Littérature scientifique

Différentes études se sont penchées sur l'étude de la musique dans le soin :

Dès 1996, Miluk-Kolasa produit une étude évaluant les effets de la musique sur certaines réponses physiologiques sur une centaine de patients attendant une chirurgie. Les patients furent randomisés en deux groupes : Groupe musique et groupe contrôle. Le jour précédent la chirurgie, la pression artérielle, le rythme cardiaque, la température corporelle et le taux de glucose furent mesurés. Les patients furent ensuite informés à propos de la procédure chirurgicale. Les mesures et prises de sang furent réitérées par la suite toutes les vingt minutes pendant une heure. Pendant ce temps, les patients du groupe musique ont écouté un programme de musique personnalisé. Les informations données à propos de la procédure chirurgicale ont été un facteur de stress important, entraînant un changement significatif de la pression artérielle (6,2%), du rythme cardiaque (15,7%), de la température corporelle (2,3%) et du taux de glucose (24,2%). A la fin de l'heure, toutes les variables étaient revenues à leur valeur de départ pour les patients du groupe musique, tandis que celles du groupe contrôle restaient élevées. [44]

En 2002, Yung mène une étude dont l'objectif est de tester les effets de la musique sur l'anxiété préopératoire chez des hommes chinois avant une procédure de résection transurétrale de la prostate. Les patients étaient répartis en trois groupes : groupe écoutant de la musique, groupe accompagné par une infirmière afin de favoriser le support psychologique et groupe contrôle. Différentes mesures pré et post test ont été effectuées : la pression artérielle systolique et diastolique, le rythme cardiaque et l'état d'anxiété, utilisant le Chinese State-Trait Anxiety Inventory (C-STAI). Les résultats montrent que l'usage de la musique réduisait de manière significative tous les niveaux de pression artérielle, ainsi que de l'état d'anxiété général. Aucune différence significative n'a été trouvée entre le groupe avec l'infirmière et le groupe contrôle. [22]

En 2004, une étude très intéressante est menée sur des semences de plantes. Cinq lots de vingt-cinq semences ont été exposés soit à la musique, soit au bruit, soit laissées telles quelles.

L'objectif était de compter le nombre de graines germées, toutes les douze heures sur une période de soixante-douze heures. La musique a eu un effet statistiquement significatif sur le nombre de semences germées par rapport au groupe contrôle dès la première mesure ( $p=0,002$ ) et dans le temps ( $p=0,000002$ ). Cet effet était indépendant de la température, de la position dans la pièce, de la boîte de pétri et de la personne effectuant les mesures. La musique a également eu un effet significatif par rapport au bruit ( $p=0,03$ ). Il n'y a eu aucune différence entre les semences exposées au bruit et celles du groupe contrôle. [45]

En 2009, Singh mène une étude évaluant les effets de la musique et de la relaxation musculaire progressive (PMR) chez des patients hospitalisés pour une obstruction chronique du poumon après un récent épisode d'exacerbation. Le groupe écoutant de la musique a écouté une bande de musique choisie par eux même, entre 60 et 80 battements par minute durant trente minutes. Le groupe pratiquant la PMR avait quant à lui un audio descriptif des instructions pour détendre seize groupes musculaires.

La musique comme la PMR se sont montrées efficaces pour réduire l'anxiété et la dyspnée, en plus d'autres mesures physiologiques comme le rythme respiratoire, le rythme cardiaque et la pression artérielle systolique. Cependant, les réductions observées ont été plus importantes dans le groupe musique que dans le groupe PMR. [24]

### 2.3.3) Utilisation au cabinet dentaire

La musique est certainement l'outil le plus simple à utiliser au cabinet dentaire. Soit par l'usage d'un casque ou d'écouteurs par le patient, soit diffusée par le biais d'un ordinateur. De plus, si la musique est diffusée dans tout le cabinet, elle profite à la fois au patient et au praticien.

Il y a certains facteurs qu'il est important de considérer lorsque on sélectionne une musique pour promouvoir la relaxation, tels que le tempo, le ton (aigu ou grave), le type de musique et les goûts du patient. [24]

Le tempo est la cause majeure de réponse à la musique, devant être idéalement situé entre 70 et 80 battements par minute en correspondance avec le rythme cardiaque. De plus, une musique ne comportant pas de parole est souhaitable, le patient risquant sinon de se focaliser sur le sens des mots plutôt que de se laisser aller avec le rythme. [39]

Enfin, laisser tout simplement le choix au patient quand à ce qu'il souhaite écouter reste ce qu'il y a de plus efficace. L'attrait pour la musique est en effet très personnel et peut être influencé par des critères culturels. [22]

## Conclusion

Si la sédation médicamenteuse reste à l'heure actuelle majoritairement utilisée, les résultats encourageants des études présentées dans cette thèse montrent qu'il est possible d'apporter d'autres réponses à l'anxiété dentaire. Tout comme les médicaments, l'exposition aux ondes apporte des effets physiques et biologiques caractéristiques de la relaxation.

De multiples outils plus ou moins faciles d'utilisation sont aujourd'hui disponibles afin de permettre au cerveau de notre patient de se synchroniser sur les ondes alpha et thêta, leur permettant ainsi d'appréhender le soin dentaire dans de meilleures conditions.

Trois moyens principaux ont été abordés dans cette thèse, que sont les battements binauraux, les bols tibétains et la musicothérapie, mais le monde des ondes et des vibrations ne se résume pas à ces exemples-là. D'autres procédés existent, comme peuvent en témoigner l'intérêt croissant pour la

ronronthérapie (thérapie par les ronronnements du chat), [46] ou encore les recherches menées par le chercheur japonais en médecine alternative Masaru Emoto sur ce qu'il appelle « le message de l'eau » qui compare l'effet des vibrations créées par les différentes émotions humaines sur la forme de l'eau cristallisée. [47]

Vu, le président du jury et directeur de thèse

A handwritten signature in black ink, consisting of a large, stylized initial 'M' followed by several smaller, less distinct characters.

## Bibliographie

- [1] Appukuttan, Deva Priya. « Strategies to manage patients with dental anxiety and dental phobia: literature review ». *Clinical, Cosmetic and Investigational Dentistry* 8 (10 mars 2016): 35-50.
- [2] Hanser, S. B. « Music Therapy and Stress Reduction Research ». *Journal of Music Therapy* 22, n° 4 (1 décembre 1985): 193-206.
- [3] Rider, Mark S., Joe W. Floyd, Jay Kirkpatrick. « The Effect of Music, Imagery, and Relaxation on Adrenal Corticosteroids and the Re-entrainment of Circadian Rhythms ». *Journal of Music Therapy* 22, n° 1 (1 mars 1985): 46-58.
- [4] Groer, Maureen W., Sandra P. Thomas, Ginger W. Evans, Sally Helton, Arielle Weldon. « Inflammatory Effects and Immune System Correlates of Rape ». *Violence and Victims* 21, n° 6 (1 décembre 2006): 796-808.
- [5] Nicolas, Emmanuel, Valérie Collado, Denise Faulks, Brigitte Bullier, Martine Hennequin. « A National Cross-Sectional Survey of Dental Anxiety in the French Adult Population ». *BMC Oral Health* 7, n° 1 (10 octobre 2007): 12.
- [6] Oosterink, Floor M. D., Ad de Jongh, Johan Hoogstraten. « Prevalence of Dental Fear and Phobia Relative to Other Fear and Phobia Subtypes ». *European Journal of Oral Sciences* 117, n° 2 (avril 2009): 135-43.
- [7] Faymonville, M. E, P. H Mambourg, J Joris, B Vrijens, J Fissette, A Albert, M Lamy. « Psychological Approaches during Conscious Sedation. Hypnosis versus Stress Reducing Strategies: A Prospective Randomized Study ». *Pain* 73, n° 3 (1 décembre 1997): 361-67.
- [8] <http://www.neuromedia.ca/le-cortex-cerebral/>
- [9] <http://perso.numericable.fr/jeanpierre.paquet/neurosc/photogr/cortex.jpg>
- [10] [https://www.researchgate.net/figure/1-Differentes-morphologies-de-neurones-multipolaires-du-systeme-nerveux-central\\_fig1\\_321015688](https://www.researchgate.net/figure/1-Differentes-morphologies-de-neurones-multipolaires-du-systeme-nerveux-central_fig1_321015688)
- [11] <https://icm-institute.org/fr/actualite/comprendre-le-cerveau-et-sonfonctionnement/>
- [12] <https://neuro-beitar.com/les-ondes-cerebrales-et-leurs-frequences/>
- [13] <https://www.gaiameditation.com/fr/musicotherapie/sons-binauraux-sons-isochrones-synchronisation-ondes-cerebrales/>

- [14] [https://fr.wikipedia.org/w/index.php?title=Rythme\\_c%C3%A9r%C3%A9bral&oldid=177301039](https://fr.wikipedia.org/w/index.php?title=Rythme_c%C3%A9r%C3%A9bral&oldid=177301039)
- [15] <https://nospensees.fr/types-dondes-cerebrales-delta-theta-alpha-beta-et-gamma/>
- [16] Found My Physique - Nutrition. « Binaural Beats 101: How to Hack Your Brain Waves - », 14 février 2020. <https://www.foundmyphysique.com.au/binaural-beats-101-free-guide/>.
- [17] Charpier, Stéphane. « Des ondes dans le cerveau ». Purlascience.fr. Pour la Science. Consulté le 18 janvier 2021. <https://www.purlascience.fr/sd/neurosciences/des-ondes-dans-le-cerveau-3254.php>.
- [18] <https://www.passeportsante.net/>. « Synchronisation des ondes cérébrales - Indications », 13 décembre 2012. [https://www.passeportsante.net/fr/Therapies/Guide/Fiche.aspx?doc=synchrotherapie\\_th](https://www.passeportsante.net/fr/Therapies/Guide/Fiche.aspx?doc=synchrotherapie_th).
- [19] Spoor, null, null Swift. « The Huygens Entrainment Phenomenon and Thermoacoustic Engines ». *The Journal of the Acoustical Society of America* 108, n° 2 (août 2000): 588-99.
- [20] <https://akkana.fr/entrainement-des-ondes-cerebrales/>
- [21] Le Scouarnec, R. P., R. M. Poirier, J. E. Owens, J. Gauthier, A. G. Taylor, P. A. Foresman. « Use of Binaural Beat Tapes for Treatment of Anxiety: A Pilot Study of Tape Preference and Outcomes ». *Alternative Therapies in Health and Medicine* 7, n° 1 (janvier 2001): 58-63.
- [22] Yung, Paul Man Bun, Szeto Chui-Kam, Peter French, Tony Moon Fai Chan. « A Controlled Trial of Music and Pre-Operative Anxiety in Chinese Men Undergoing Transurethral Resection of the Prostate ». *Journal of Advanced Nursing* 39, n° 4 (2002): 352-59.
- [23] Goldsby, Tamara L., Michael E. Goldsby, Mary McWalters, Paul J. Mills. « Effects of Singing Bowl Sound Meditation on Mood, Tension, and Well-Being: An Observational Study ». *Journal of Evidence-Based Complementary & Alternative Medicine* 22, n° 3 (juillet 2017): 401-6.
- [24] « Comparison of the effectiveness of music and progressive muscle relaxation for anxiety in COPD—A randomized controlled pilot study - VP Singh, V. Rao, Prem V., Sahoo RC, Keshav Pai K., 2009 ». Consulté le 14 juillet 2021.
- [25] Padmanabhan, R., A. J. Hildreth, D. Laws. « A Prospective, Randomised, Controlled Study Examining Binaural Beat Audio and Pre-Operative Anxiety in Patients Undergoing General Anaesthesia for Day Case Surgery\* ». *Anaesthesia* 60, n° 9 (2005): 874-77.
- [26] [http://www.qimaster.com/guide/articles/112807\\_music.html](http://www.qimaster.com/guide/articles/112807_music.html).



- [27] Bălan, Stelian Atila, Evelina Valentina Cocioană, Simona Claudia Gabor, Mihai George Gabriel, Georgiana Vas. « A Comparative Study Regarding the Efficiency of Applying Hypnotherapeutic Techniques and Binaural Beats in Modifying the Level of Perceived Pain », s. d., 9.
- [28] Lewis, Ariane K., Irene P. Osborn, Ram Roth. « The Effect of Hemispheric Synchronization on Intraoperative Analgesia »: *Anesthesia & Analgesia*, février 2004, 533-36.
- [29] Chaieb, Leila, Elke Caroline Wilpert, Thomas P. Reber, Juergen Fell. « Auditory Beat Stimulation and Its Effects on Cognition and Mood States ». *Frontiers in Psychiatry* 6 (2015).
- [30] Foster, Dale S. « EEG and Subjective Correlates of Alpha-Frequency Binaural-Beat Stimulation Combined with Alpha Biofeedback », s. d., 34.
- [31] « Bol tibétain : histoire et mode d'emploi ». Consulté le 14 juillet 2021. <https://www.artisans-du-nepal.com/content/18-bol-tibetain-tout-savoir>.
- [32] « Histoire du Bol chantant tibétain ». Consulté le 14 juillet 2021. <https://www.objetsdevasion.com/guides/objet-bouddhiste/bol-tibetain/histoire-bol-chantant-tibetain.html>.
- [33] Ganesha Reims. « Bol chantant tibétain diam 18cm pour Méditation yoga | Ganesha ». Consulté le 14 juillet 2021. <https://ganesha-reims.com/boutique/accessoires/bol-tibetain-chantant-180/>.
- [34] « Histoire des bols tibétains – Happy Hour Yoga ». Consulté le 14 juillet 2021. <https://happyhouryoga.fr/histoire-des-bols-tibetains/>.
- [35] Dailymotion. « Népal. Bols tibétains, la thérapie par les sons - Vidéo Dailymotion », 10 novembre 2019. <https://www.dailymotion.com/video/x7nubp6>.
- [36] Landry, Jayan Marie. « Physiological and Psychological Effects of a Himalayan Singing Bowl in Meditation Practice: A Quantitative Analysis ». *American Journal of Health Promotion* 28, n° 5 (1 mai 2014): 306-9.
- [37] Aarts, Ronald M., Okke Ouweltjes, Murtaza Bulut. « An Electro-Acoustic Implementation of Tibetan Bowls: Acoustics and Perception ». *Noise & Vibration Worldwide* 45, n° 1 (janvier 2014): 12-23.
- [38] Christos F. Kleisiaris, Chrisanthos Sfakianakis, Ioanna V. Papathanasiou. « Health care practices in ancient Greece: The Hippocratic ideal ». *Journal of Medical Ethics and History of Medicine* 7 (15 mars 2014): 6.

- [39] Johnston, Kelly, Jacqueline Rohaly-Davis. « An Introduction to Music Therapy: Helping the Oncology Patient in the ICU »: *Critical Care Nursing Quarterly* 18, n° 4 (février 1996): 54-60.
- [40] « Les Protéodies | Mélodie de Protéine | Genodics ». Consulté le 13 juillet 2021.  
<https://www.genodics.com/les-proteodies/>.
- [41] « La Génodique - La musique et les êtres vivants », 16 décembre 2007.  
<http://bcgstpe.canalblog.com/archives/2007/12/16/7256050.html>.
- [42] Consulté le 17 juillet 2021. <http://www.bekkoame.ne.jp/%7Edr.fuk/TomatePhotoF.html>.
- [43] Sternheimer, Joël. « Petit mode d'emploi des musiques de protéines », 3 septembre 1996.
- [44] Miluk-Kolasa, Barbara, Miroslaw Matejek, Romuald Stupnicki. « The Effects of Music Listening on Changes in Selected Physiological Parameters in Adult Pre-Surgical Patients ». *Journal of Music Therapy* 33, n° 3 (1 octobre 1996): 208-18.
- [45] Creath. « Measuring Effects of Music, Noise, and Healing Energy Using a Seed Germination Bioassay | The Journal of Alternative and Complementary Medicine ». Consulté le 17 juillet 2021.
- [46] « Le ronron du chat a-t-il des vertues thérapeutiques ? » Consulté le 17 juillet 2021.  
<http://www.effervesciences.com/accueil-ronron.html>.
- [47] Baffert, Emmanuelle, Samantha EL Hamaoui, Manon Frances, et Coline Verluise. « MASARU EMOTO – LE MESSAGE DE L'EAU », s. d., 19.

## **Ondes cérébrales et relaxation : intérêt des basses fréquences en odontologie**

**RESUME EN FRANÇAIS :** La réponse actuelle à l'anxiété au cabinet dentaire se trouve aujourd'hui dans des moyens médicamenteux, parfois mal supportés par les patients. Des solutions naturelles peuvent être apportées, notamment par le biais des basses fréquences, connues pour leurs effets relaxants. Trois manières différentes d'utiliser les basses fréquences seront abordées ici : les battements binauraux, les bols chantants tibétains et la musicothérapie.

**TITLE :** Cerebral waves and relaxation : utility of low frequencies in odontology

**SUMMARY :** Nowadays, the response to dental anxiety resides in medicinal ways, which may sometimes not be well tolerated by patients. Natural solutions can be use, like low frequencies, already known for their relaxing effect. Three different ways to use them will be approach here : binaural beats, Tibetan singing bowls and music therapy.

**MOTS CLES :** Ondes cérébrales, relaxation, basses fréquences, anxiété dentaire, battements binauraux, bols tibétains, musicothérapie, odontologie.

**DISCIPLINE ADMINISTRATIVE :** Chirurgie dentaire

**INTITULE ET ADRESSE DE L'UFR :** Université Toulouse III-Paul Sabatier Faculté de chirurgie dentaire 3 chemin des Maraîchers 31062 Toulouse Cedex

**DIRECTEUR DE THESE :** Professeur Franck Diemer