

L'article ci-dessous est adapté de l'original publié dans [The Book of Light](#)
par l'International Light Association (Septembre 2019)

LES MYSTÉRIEUSES ONDES CÉRÉBRALES GAMMA

Anadi Martel

Nous savons depuis 1924 que notre cerveau émet des ondes électromagnétiques. Le neurologue Hans Berger fut le premier à découvrir leurs minuscules champs électriques d'environ 10 microvolts. Assez rapidement, la médecine entreprit l'exploration des propriétés de ces ondes *électroencéphalographiques* (EEG) et découvrit que leur fréquence était liée à notre état mental. A l'heure qu'il est, nous avons tous entendu parler des bandes de fréquence principales alpha, bêta et thêta, qui vont de 1 Hz (ou cycle par seconde) à 20 Hz environ. Une courte description de chaque bande se trouve au Tableau 1.

Dès 1934, les électrophysiologistes Adrian et Matthews découvrirent que les ondes cérébrales pouvaient être influencées par l'influx sensoriel. Lorsque nous sommes exposés à un stimulus externe vibrant à un rythme dans les limites de la plage des fréquences cérébrales, notre cerveau tend à se synchroniser à ce stimulus et commence à produire des ondes cérébrales d'un rythme similaire. Ce phénomène, appelé *entraînement cérébral*, fonctionne avec plusieurs de nos sens, que ce soit l'audition, la vue ou le toucher. Comme chaque bande de fréquence cérébrale correspond à un paysage mental spécifique, cela nous offre un remarquable outil pour influencer notre état interne à travers ces portails sensoriels naturels.

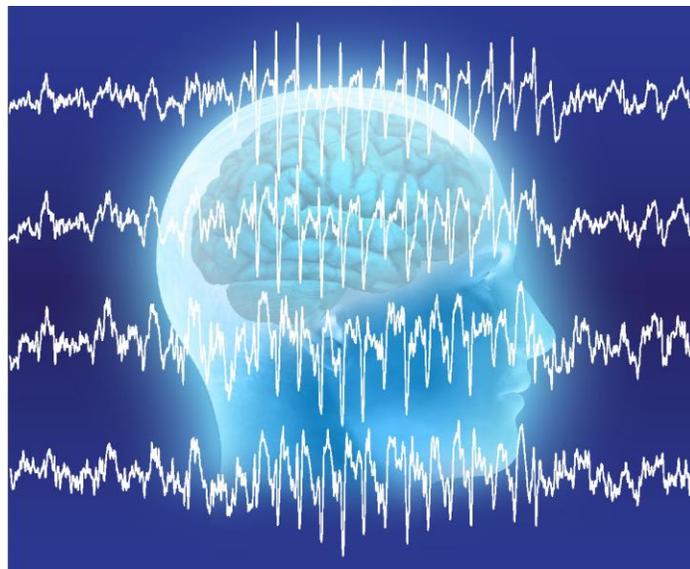


Figure 1 – Notre cerveau émet des ondes électromagnétiques

Bref historique de l'entraînement cérébral

L'*entraînement cérébral photique* (qui opère par lumière pulsée) est connu intuitivement depuis des siècles. En 300 av. J.C. déjà, le disciple d'Aristote nommé Ptolémée décrivit la sensation de contentement engendrée par l'observation des rayons du soleil clignotant à travers une roue en mouvement. Au tout début du 20^{ème} siècle, le Docteur Pierre Janet, collègue de Sigmund Freud travaillant à l'hôpital de la Salpêtrière à Paris, reproduisit le même effet. Ses patients se trouvaient soulagés de leur état dépressif, tendu ou agité lorsqu'ils se concentraient sur la lumière pulsée d'une lampe à kérosène placée derrière une roue en mouvement.

Plus récemment, la *Machine à Rêves (Dream Machine)* de l'artiste britannique Brion Gysin est un exemple classique d'entraînement cérébral photique. Il s'agissait d'un simple cylindre muni d'une lampe centrale et placé sur une platine tourne-disque. Le cylindre était percé de manière à générer des pulsations stroboscopiques dans la bande des ondes cérébrales alpha. Dès les années '60, Gysin et le poète américain William Burroughs explorèrent ensemble et popularisèrent les états modifiés de conscience induits par la contemplation de ce dispositif.

L'*entraînement cérébral auditif* peut s'effectuer par des pulsations sonores à la fréquence recherchée, notamment avec les *rythmes binauraux (binaural beats)* où l'on présente à chaque oreille un son de fréquence légèrement différente (on utilise par exemple 300 Hz et 310 Hz pour générer une pulsation à 10 Hz dans la bande alpha). Son exploration commença dans les années '60, en particulier avec Robert Monroe et son institut.

L'une des variations les plus intéressantes est obtenue par stimulation à la fois visuelle et auditive, l'*Entraînement AudioVisuel (EAV)*. Plusieurs générations de dispositifs EAV ont été mises sur le marché depuis les années '70. La plupart consistent en lunettes munies de sources lumineuses pulsantes associées à des écouteurs. Quelques-uns des meilleurs appareils EAV ont été présentés à divers congrès de l'*International Light Association* : le DAVID, créé par le Canadien Dave Siever ; le PSiO, présenté par son concepteur belge Stéphane Krsmanovic et le Lucia No3 des docteurs autrichiens Englebert Winkler et Dirk Proeckl.



Figure 2 – Dispositifs EAV: DAVID, PSiO et Lucia No3

J'ai moi-même exploré en profondeur la stimulation visuelle en développant une technique appelée *modulation de lumière*, où la lumière est pulsée de manière plus subtile qu'avec les flashes stroboscopiques utilisés d'habitude par les dispositifs EAV. Cette technique permet des applications plus complexes impliquant les propriétés de la vision périphérique et de la latéralité du cerveau. Elle s'effectue grâce au système multisensoriel Sensora, et plus récemment à l'appareil portatif lumineux SensoSphère.

Des études cliniques ont validé les applications thérapeutiques de l'EAV dans des désordres aussi variés que les troubles dus au stress post-traumatique (*Post Traumatic Stress Disorder*), les troubles affectifs, saisonniers (TAS) ou autres, les commotions cérébrales, l'hypertension, les douleurs chroniques, la fibromyalgie, les troubles de l'attention et de l'apprentissage, parmi beaucoup d'autres (voir Siever).

Bande EEG	Gamme de fréquences	Propriétés Associées
Gamma	30 à 100 Hz	Les ondes Gamma sont liées à une activité cognitive d'ordre supérieur, et apparaissent dans les moments de méditation ou d'intense concentration consciente. En tant que "chef d'orchestre" du cerveau, elles maintiennent le reste du cerveau en état synchrone.
Bêta	14 à 30 Hz	Les ondes Bêta correspondent à l'état d'éveil ordinaire. C'est un état d'activité mentale et d'attention tournées vers le monde extérieur. La plupart d'entre nous passons la majorité de notre temps dans cet état quand nous sommes réveillés.
Alpha	8 à 13 Hz	Les ondes Alpha sont le rythme naturel de repos du cerveau et elles accompagnent la détente. Dans cet état, l'attention est tournée vers l'intérieur, procurant un profond état de relaxation et de lâcher-prise.
Thêta	4 à 7 Hz	Les ondes Thêta correspondent à l'état hypnagogique qui apparaît juste avant de tomber endormi. Cet état joue un rôle important dans la visualisation, la créativité et l'apprentissage.
Delta	1 à 4 Hz	Les ondes Delta apparaissent lors du sommeil profond. Elles sont associées à des états de conscience modifiés comme la transe médiumnique.

Tableau 1 – Les bandes de fréquences EEG

Synchronisation et résonance

Quel peut bien être le principe directeur de l'entraînement cérébral? Ce n'est rien d'autre que le phénomène universel de *résonance*. La résonance est la tendance naturelle de tout système oscillatoire (et c'est le cas de la plupart des systèmes de notre monde) de réagir à un champ extérieur vibrant à une fréquence similaire à la sienne. Lorsque des fréquences sont assorties et se synchronisent, l'énergie peut être transférée et amplifiée avec une efficacité presque parfaite. Ceci fonctionne à tous les niveaux de l'univers, depuis l'échelle microscopique quantique (comme les électrons en orbite autour de l'atome, qui résonnent à des fréquences hautement spécifiques) jusqu'à l'échelle cosmique (la rotation synchrone de la Lune autour de la Terre, l'ordre parfait des anneaux de Saturne, ou la forme en spirale des galaxies résultent tous d'échanges énergétiques en résonance).

Plus près de nous, les ondes cérébrales elles-mêmes sont un exemple exquis de résonance. Elles sont produites lorsque des millions de neurones individuels, émettant chacun une minuscule pulsation chaque fois qu'ils envoient un signal, commencent à opérer de manière synchrone. Au lieu de s'annuler mutuellement en un chaos sonore, leurs champs se synchronisent et s'additionnent jusqu'à ce que leur somme soit assez grande pour être détectable à travers le crâne sous forme d'onde électroencéphalographique (EEG).

Est-il alors surprenant que ces vastes assemblages de neurones synchronisés soient à leur tour sensibles aux pulsations rythmées générées par la stimulation sensorielle de l'EAV, et adaptent leur fréquence de décharge à ces stimuli ? Cette résonance sensorielle prend sa source dans la région du thalamus, et s'étend graduellement en quelques minutes vers d'autres aires du cerveau.

Entrée sur scène des ondes gamma

On croyait au siècle dernier que l'ensemble des ondes cérébrales significatives se bornait aux quatre bandes de fréquence delta (sommeil profond), thêta (états hypnagogiques) alpha (état de repos) et bêta (activité mentale) dans la bande de fréquences allant de 1 à 20 Hz. Ce n'est que récemment qu'une bande supérieure à cette plage de fréquences, appelée la *bande gamma* fut découverte. Cela s'explique par le fait que ses niveaux sont généralement bas et que sa fonction est difficile à cerner. On comprend encore si mal cette bande qu'on peine à délimiter clairement sa plage de fréquences elle-même : son origine varie de 20 Hz à 30 Hz selon les références, et on considère généralement qu'elle s'étend jusqu'à 100 Hz.

Il est néanmoins assez clair que les ondes cérébrales gamma sont liées aux fonctions cognitives. Une des premières études sur le sujet, effectuée en 1993, a observé les ondes gamma à 40 Hz durant le sommeil et découvert qu'elles étaient surtout actives dans la phase de sommeil paradoxal (*REM sleep*) quand on rêve (Llinas 1993). Les auteurs concluent : « Nous faisons l'hypothèse que l'oscillation à 40 Hz est corrélée à la cognition ». Des études ultérieures ont renforcé cette affirmation. L'une d'elles a trouvé une corrélation entre la bande gamma et l'apprentissage par association (Miltner 1999) ; une autre étude a observé le rôle des ondes cérébrales gamma dans la synchronisation à longue distance de l'activité cérébrale (Rodriguez 1999). Une troisième étude a fait le lien entre forte synchronisation d'ondes cérébrales gamma et perception consciente (Srinivasan 1999).

D'autres études ont confirmé la prévalence d'ondes cérébrales gamma chez des méditants expérimentés, par comparaison avec la moyenne des humains. La synchronisation de phase d'ondes gamma de haute amplitude est visible non seulement pendant l'activité de méditation, mais on la détecte également lorsque les méditants expérimentés sont au repos (Lutz 2004, Braboszcz 2017).

On n'avait pourtant pas encore trouvé de rôle clinique clair pour les ondes cérébrales gamma, même si ces découvertes sont fascinantes.

Ondes gamma et maladie d'Alzheimer

Tel était l'état de la science en 2016 lorsqu'un article original provoqua une onde de choc dans la communauté scientifique médicale. Le Dr Li-Huei Tsai (affiliée au *Broad Institute of Harvard and MIT*) et son équipe découvrirent que des pulsions lumineuses dans la bande des ondes gamma pouvaient inverser la dégénérescence neurologique provoquée par la Maladie d'Alzheimer (MA). Cet essai fut réalisé sur des souris modifiées génétiquement pour développer la MA. Le Dr Tsai savait que les ondes cérébrales gamma étaient parmi les premières à disparaître dans l'évolution de la maladie, et elle fit l'hypothèse qu'une stimulation à cette fréquence par entraînement photique pourrait avoir une certaine influence. Elle-même n'avait jamais osé s'attendre à un résultat aussi spectaculaire : en l'espace d'une semaine, des sessions quotidiennes d'une heure de pulsations lumineuses gamma (administrées par DEL blanches clignotant dans les cages des animaux) réduisirent de 40 à 50% la charge de plaque amyloïde dans le cerveau des souris (Iaccarino 2016). Les plaques amyloïdes sont des dépôts protéiniques visqueux qui envahissent et finissent par tuer les neurones dans la MA. Dans un cerveau sain, elles sont normalement maîtrisées par l'action des *microglies*, une espèce de cellule gliale composant 10 à 15% de toutes les cellules du cerveau. Les microglies sont des cellules à macrophage résidentes, et elles constituent la première et principale ligne de défense du système nerveux central. Dans la progression de la MA, les microglies cessent graduellement leur travail. Sans qu'on sache encore vraiment pourquoi, la stimulation gamma restaure leur vitalité et leur permet d'éliminer les dépôts de plaque amyloïde.

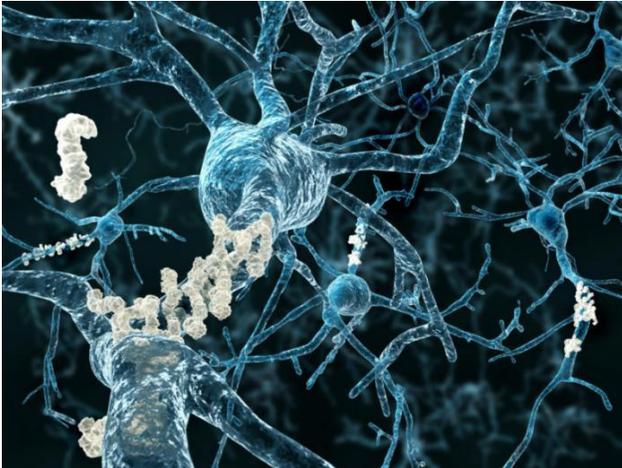


Figure 3 – Dépôts de plaque amyloïde dans les neurones

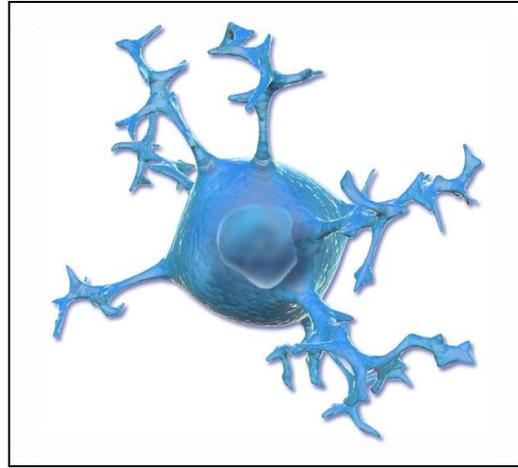


Figure 4 – Microglie

Ce nettoyage amyloïde se produisait surtout dans le cortex visuel et uniquement lorsque la fréquence des impulsions lumineuses était de 40 Hz ; d'autres fréquences ou des pulsions aléatoires n'eurent pas d'effet significatif. Il s'accompagna d'un arrêt du déclin cognitif des souris atteintes de MA. Par contre, les plaques amyloïdes recommencèrent à se développer dans les 12 heures suivant l'arrêt du traitement lumineux.

Une étude complémentaire publiée subséquemment par l'équipe de Tsai (Adaikka 2019) tenta de mieux comprendre les mécanismes de cette approche neuroprotectrice, appelée maintenant *Entraînement gamma par stimulation sensorielle (Gamma Entrainment Using Sensory stimulus ou GENUS)*. Des souris, auxquelles on avait injecté des protéines hautement neurotoxiques provoquant normalement des dommages cérébraux rapides, furent protégées de la dégénérescence neuronale par la lumière pulsant à 40 Hz. Les données génétiques suggèrent que GENUS fait passer les neurones à un état moins dégénéré, améliore la fonction synaptique, accentue les facteurs neuroprotecteurs et diminue les altérations de l'ADN des neurones tout en réduisant la réaction inflammatoire des microglies. Le Dr Tsai elle-même remarqua lors d'une entrevue : « Je n'ai jamais rien vu de tel. C'est très impressionnant (...). Après tout, les oscillations sont générées par les neurones, et je veux continuer à croire qu'ils sont les maîtres régulateurs. Je pense que l'oscillation doit déclencher certains événements intracellulaires à l'intérieur même des neurones, et cela les protège sans qu'on sache encore comment. »

Une étude encore plus récente (Garza 2020) tenta de mieux comprendre les changements signalétiques intracellulaires neuronaux dans le cerveau de souris saines après stimulation visuelle gamma. Les chercheurs du Georgia Tech découvrirent que les pulsions lumineuses à 40 Hz induisent un profil signalétique d'immunité spécifique aux cytokines, tout-à-fait distinct des profils observés lors d'une inflammation des neurones, ce qui souligne à la fois la nature unique et le potentiel thérapeutique de ce traitement (les cytokines sont des protéines-signal du système immunitaire, un canal de communication majeur entre les neurones et les cellules immunitaires). Ce qui est remarquable, c'est qu'un effet significatif apparaît après à peine quinze minutes de stimulation visuelle. Les auteurs de l'étude concluent : « Étant donné la nature multifonctionnelle de ces voies neuronales et la large gamme de cytokines exprimées, les effets du clignotement visuel surpassent probablement l'activité immuno-neuronale et peuvent aboutir à des modifications de la santé neuronale, de la plasticité synaptique et d'autres fonctions. »

Même si les chercheurs sont les premiers à admettre que la pathologie du cerveau des souris peut différer sensiblement de la nôtre, il n'en reste pas moins que ces résultats sont potentiellement prometteurs pour le soulagement des symptômes de la MA chez les humains, et ce de la manière éminemment non invasive qui caractérise la plupart des thérapies lumineuses. Le Dr Tsai a fondé une corporation privée (*Cognito Therapeutics*) pour effectuer des tests cliniques sur des sujets humains qui sont actuellement en cours, avec des conclusions prévues pour le début de 2025. Même si aucun résultat concluant n'est encore disponible à ce jour, des résultats non officiels sur une étude pilote faite en 2017 semblaient positifs, montrant des améliorations cognitives et mémorielles chez cinq sujets MA – malgré une réversion de leur état suite à l'arrêt des traitements à la fin de l'étude. Une étude publiée en 2018 par un autre groupe ne trouva pas de réduction significative de la plaque amyloïde chez des sujets récemment diagnostiqués MA et exposés à 10 jours de lumière clignotant à 40 Hz, ce qui semble indiquer que des périodes de traitement plus longues que celles des souris pourraient s'avérer

nécessaires pour les humains (Ismail 2018). Et pour ajouter au suspense, une étude récente menée sur des souris n'a pas réussi à reproduire les importants taux de réduction de la plaque amyloïde observés dans l'étude originale du Dr Tsai (Soula 2023).

Modalités gamma multisensorielles

Parallèlement à ces essais d'entraînement cérébral visuel, d'autres modalités de stimulation des ondes cérébrales gamma furent explorées récemment. Par exemple, des effets positifs de réduction de plaque amyloïde par stimulation sonore modulée à 40 Hz ont été rapportés chez des types de souris MA (Lee 2018).

Bien que la fréquence de 40 Hz soit trop basse pour être correctement entendue par notre système auditif, elle est idéale comme source de stimulation kinesthésique lorsqu'elle est convertie par des transducteurs acoustiques. Le Dr Lee Bartel de l'Université de Toronto a étudié ce genre de stimulation en utilisant des fauteuils inclinables vibroacoustiques, et en 2015 déjà il a découvert que la *stimulation sonore à basse fréquence (Low-Frequency Sound Stimulation ou LFSS)* à 40 Hz réduisait les symptômes de fibromyalgie (Naghdi 2015). Il écrivit : « Cette étude a pour prémisse l'implication de la dysrythmie thalamo-corticale dans la fibromyalgie et l'hypothèse que le LFSS peut jouer un rôle régulateur en modulant l'activité neuronale oscillatoire rythmique. » Dans une étude ultérieure, il découvrit que le même LFSS avait des effets positifs sur des patients MA, surtout ceux dont les symptômes étaient modérés (Clements-Cortes 2016).

En outre, l'équipe du Dr Tsai a obtenu de meilleurs résultats en combinant les stimuli sonores et lumineux sur les souris MA qu'en utilisant chaque méthode séparément (Martorell 2019). Il est intéressant de noter que, même si la stimulation sonore affecte surtout le cortex auditif et la stimulation lumineuse le cortex visuel, les effets de leur combinaison semblent se propager dans de plus nombreuses régions du cerveau : ces stimuli multisensoriels produisent en quelques jours une réduction généralisée de la plaque amyloïde dans tout le néocortex.

Poursuivant leur exploration de la stimulation gamma multisensorielle, l'équipe de Tsai a récemment étudié les effets de la stimulation vibrotactile sur des souris comme troisième modalité sensorielle (Suk 2023). Ils l'ont testé en faisant vibrer la cage des rongeurs à 40 Hz à l'aide d'un haut-parleur pendant une heure par jour sur des périodes de 3 et 6 semaines. Ils ont retrouvé les mêmes effets bénéfiques qu'avec les modalités audio et visuelles : une réduction des niveaux de la protéine tau phosphorylée caractéristique de la maladie d'Alzheimer, un ralentissement de la mort des neurones et de la perte de leurs connexions synaptiques, ainsi qu'une réduction des dommages à l'ADN neuronal. Fait intéressant, ils ont également trouvé un nouvel effet non observé avec les autres modalités : une amélioration des capacités motrices.

Une nouvelle frontière en stimulation audiovisuelle

J'étais déjà bien conscient des avantages de la stimulation multisensorielle, puisque nous l'avions intégrée à notre système Sensora dès le début de nos recherches dans les années '90. Dans ce but, j'ai développé une méthode appelée *transduction sonore dynamique*, où des signaux vibroacoustiques à basse fréquence sont distribués sur une matrice de 8 transducteurs dans un fauteuil inclinable ou une table, provoquant une sensation kinesthésique perçue comme des vagues se déplaçant doucement sur toute la surface du corps. Nous avons toujours considéré que cette sensation physique faisait office d'ancrage, permettant une intégration plus profonde des effets transformateurs de la stimulation complémentaire auditive et visuelle de notre système.

C'est donc avec grand intérêt que j'ai suivi les nouvelles découvertes concernant les ondes cérébrales gamma à 40 Hz. Comme mes instruments avaient été conçus pour opérer dans la bande de fréquence classique de 1 à 20 Hz, j'ai entrepris en 2018 de modifier mes projecteurs lumineux ainsi que mes transducteurs kinesthésiques pour leur permettre de fonctionner jusqu'à 40 Hz dans la bande de fréquence gamma. Nous avons ensuite développé des programmes EAV utilisant les fréquences gamma et avons commencé à explorer leur utilisation.

La stimulation gamma offre un potentiel intéressant pour contribuer à la prévention et au soulagement des symptômes de démence chez les humains, grâce à des moyens non invasifs utilisant nos canaux sensoriels naturels. Mais leur modalité d'application éventuelle pose encore question. Les études actuelles montrent que ses effets bénéfiques sont temporaires et qu'une stimulation quotidienne est nécessaire pour obtenir des résultats durables. Il est difficile d'imaginer des personnes âgées souffrant de MA et portant des lunettes lumineuses pulsantes durant une heure chaque jour, comme c'est le cas dans les essais cliniques actuels. De là découle qu'il faudrait développer de nouvelles méthodes plus pratiques pour appliquer la stimulation gamma.

Je poursuis une telle exploration avec la SensoSphère, que j'ai adaptée pour émettre des pulsations gamma à 40 Hz. Cette lampe en forme de globe est conçue pour un usage courant dans un environnement normal, où elle émet discrètement une lumière colorée magnifique et changeante. Nous devons maintenant établir si une stimulation gamma d'aussi bas niveau, mais en continu, pourrait avoir des effets prophylactiques cumulatifs sur la cognition. Nous avons été surpris de voir beaucoup de nos utilisateurs adopter le nouveau programme gamma et le considérer rapidement comme leur préféré. Ceci montre que tous peuvent profiter de cette stimulation gamma, et qu'elle n'est pas réservée exclusivement aux patients souffrant de MA.



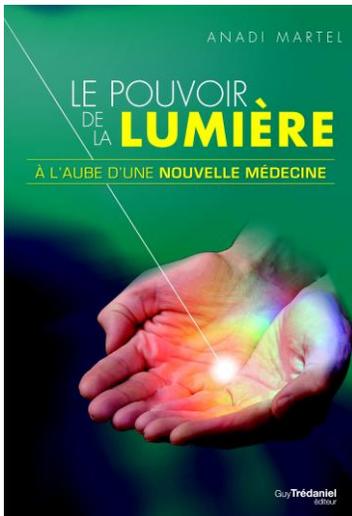
Figure 5 – La SensoSphère,
source de modulation cérébrale gamma

L'exploration des ondes cérébrales gamma est encore à ses débuts. Mais quelque forme qu'elle prenne en fin de compte, la stimulation gamma a déjà accompli un résultat significatif : elle a fait pénétrer dans le monde médical traditionnel la technique de l'EAV, jusqu'ici considérée comme relativement alternative, et lui a fait gagner une reconnaissance et un intérêt renouvelés. Les ondes gamma feront sans doute partie intégrante de la médecine du futur.

Au sujet de l'auteur



Anadi Martel est un physicien et chercheur innovant dans les domaines du son, de la lumière et des ondes cérébrales. Ses processeurs de spatialisation sonore ont été utilisés dans le monde entier par des professionnels du cinéma et des multimédias ainsi que des chercheurs en psychoacoustique. Son travail a abouti à plusieurs brevets dans les domaines de la modulation de lumière et des inventions à base de DEL. Il fut Président de l'[International Light Association](#) de 2011 à 2018.



Il a publié en 2016 l'ouvrage [Le Pouvoir de la Lumière - à l'aube d'une nouvelle médecine](#) (Guy Trédaniel Éditeur, Paris), traduit en anglais sous le titre [Light Therapies – A Complete Guide to the Healing Power of Light](#) (Healing Arts Press, 2018).

Contact :

info@sensora.com

Liens :

www.sensora.com

www.light-therapies.com

Références

- Adaikkan C et al, Tsai LH: *Gamma Entrainment Binds Higher-Order Brain Regions and Offers Neuroprotection*. *Neuron*, <https://doi.org/10.1016/j.neuron.2019.04.011>, 7 May 2019
- Braboszcz C, Cahn BR, Levy J, Fernandez M, Delorme A: *Increased Gamma Brainwave Amplitude Compared to Control in Three Different Meditation Traditions*. *PLOS ONE*, <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0170647>, 24 Jan 2017
- Clements-Cortes A, Ahonen H, Evans M, Freedman M, Bartel L: *Short-Term Effects of Rhythmic Sensory Stimulation in Alzheimer's Disease: An Exploratory Pilot Study*. *Journal of Alzheimer's Disease* 52, 651–660 <https://doi.org/10.3233/JAD-160081>, 2016
- Garza K, Zhang L, Borron B, Wood LB, Singer AC: *Gamma visual stimulation induces a neuroimmune signaling profile distinct from acute neuroinflammation*. *The Journal of Neuroscience*, 40(6):1211–1225, Feb 2020.
- Iaccarino HF et al, Tsai HL: *Gamma frequency entrainment attenuates amyloid load and modifies microglia*. *Nature*, 540(7632): 230–235. <https://doi.org/10.1038/nature20587>, 7 Dec 2016
- Ismail R, Hansen AK, Parbo P, Brændgaard H, Gottrup H, Brooks DJ, Borghammer P: *The Effect of 40-Hz Light Therapy on Amyloid Load in Patients with Prodromal and Clinical Alzheimer's Disease*. *Hindawi International Journal of Alzheimer's Disease*, Article ID 6852303, <https://doi.org/10.1155/2018/6852303>, 2018
- Lee J, Ryu S, Kim HJ, Jung J, Lee B, Kim T: *40 Hz acoustic stimulation decreases amyloid beta and modulates brain rhythms in a mouse model of Alzheimer's disease*. *bioRxiv preprint*, <http://doi.org/10.1101/390302>, 20 Aug 2018
- Llinas R, Ribary U: *Coherent 40-Hz oscillation characterizes dream state in humans*. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA (Neurobiology)*, Vol. 90, pp. 2078-2081, March 1993
- Lucia No3 hypnagogic light experience: www.gesund-im-licht.at
- Lutz A, Greischar LL, Rawlings NB, Ricard M, Davidson RJ: *Long-term meditators self-induce high-amplitude gamma synchrony during mental practice*. *PNAS*, Vol.101 no. 46 16369–16373, 16 Nov 2004
- Martorell AJ, Paulson AL, Suk HJ, Boyden ES, Singer AC, Tsai HL: *Multi-sensory Gamma Stimulation Ameliorates Alzheimer's-Associated Pathology and Improves Cognition*. *Cell* 177, 1–16, 4 April 2019
- Miltner WH, Braun C, Arnold M, Witte H, Taub E: *Coherence of gamma-band EEG activity as a basis for associative learning*. *Nature*, 397(6718):434-6. 4 Feb 1999
- Naghdi L, Ahonen H, Macario P, Bartel L: *The effect of low-frequency sound stimulation on patients with fibromyalgia: A clinical study*. *Pain Res Manag*, Vol 20 No 1, Jan/Feb 2015
- PSiO light and relaxation technologies: www.psiocom.com
- Rodriguez E, George N, Lachaux JP, Martinerie J, Renault B, Varela FJ: *Perception's shadow: long-distance synchronization of human brain activity*. *Nature*, 397(6718):430-3, 4 Feb 1999
- Siever D: multiple audio visual entrainment studies are available at www.mindalive.com
- Sensora multisensorial system, SensoSphere: www.sensora.com
- Soula M, Martín-Ávila A, Zhang Y et al.: *Forty-hertz light stimulation does not entrain native gamma oscillations in Alzheimer's disease model mice*. *Nature Neuroscience* 26, 570–578, <https://doi.org/10.1038/s41593-023-01270-2>, 2023
- Srinivasan R, Russell DP, Edelman GM, Tononi G: *Increased Synchronization of Neuromagnetic Responses during Conscious Perception*. *Journal of Neuroscience*, 19 (13) 5435-5448, 1 July 1999
- Suk HJ, Buie N, Xu G, Banerjee A, Boyden ES, Tsai LH: *Vibrotactile stimulation at gamma frequency mitigates pathology related to neurodegeneration and improves motor function*. *Front. Aging Neurosci.*, Sec. Parkinson's Disease and Aging-related Movement Disorders Volume 15 – 2023, <https://doi.org/10.3389/fnagi.2023.1129510>, 18 May 2023