

# **Etude psycho-physiologique de l'état méditatif sur un sujet sain et un sujet cérébrolésé**

Philippe Laurent

Psychologue clinicien, Neuropsychologue

Article extrait d'un mémoire universitaire soutenu en septembre 2012

Université Paris-8 Vincennes Saint-Denis

Sous la direction d'Alain Blanchet

# Table des matières

<b>1. Introduction</b> .....	<b>3</b>
<b>2. Rappels théoriques et revue de la littérature</b> .....	<b>6</b>
2.1 Auteurs classiques ayant traité de la méditation .....	6
2.2 Etudes modernes sur les corrélats physiologiques de la méditation .....	7
<b>3. Problématique</b> .....	<b>11</b>
<b>4. Objectif et hypothèses</b> .....	<b>13</b>
<b>5. Méthodologie</b> .....	<b>14</b>
5.1 Principes retenus pour l'expérimentation.....	14
5.2 Matériel .....	15
5.3 Procédure .....	16
5.4 Recueil et analyse des données .....	16
<b>6. Participants</b> .....	<b>17</b>
6.1 Données anamnestiques et psychologiques de Mr G. ....	17
<b>7. Résultats</b> .....	<b>20</b>
7.1 Résultats globaux .....	20
7.2 Diminution de l'amplitude des ondes lentes .....	21
7.3 Pic d'activité alpha.....	23
7.4 Résultats comparés des deux sujets.....	24
7.5 Aspects cliniques.....	28
<b>8. Discussion</b> .....	<b>29</b>
<b>9. Conclusion</b> .....	<b>30</b>
<b>10. Références bibliographiques</b> .....	<b>32</b>
10.1 Méditation thérapeutique .....	32
10.2 Méditation et Neurophysiologie.....	33

## **1. Introduction**

Avant d'aborder la question de l'utilisation thérapeutique de la méditation, objet de notre étude, il convient de tenter de donner une définition, même très générale, de ce qu'on entend par ce terme. Peu de mots ont en effet entraîné autant d'incompréhensions du fait même de leur polysémie. Il apparaît en effet clairement une distinction entre les compréhensions occidentale et orientale de cette méthode, que l'on pourrait résumer comme suit :

1. La tradition occidentale la considère comme le moyen de parvenir à une compréhension approfondie d'un sujet au moyen d'une réflexion solitaire, soutenue et concentrée sur un sujet unique. On pourrait parler à ce sujet d'« attention soutenue », mais pas uniquement, car à cet aspect purement cognitif s'associe le travail préalable d'observation et d'information, sous forme de lectures, de discussions, pour aboutir à une maîtrise la plus complète du sujet considéré.
2. Les traditions orientales ont, au contraire, développé la notion de « non-pensée » et de concentration sans objet, dans la mesure où le désir même d'obtenir un résultat par cette méthode contredirait selon elle l'impératif d'absence de tension psychique. Il ne s'agit pas non plus de relaxation à proprement parler, même si l'attitude méditative suppose un certain relâchement. Il s'agit plutôt de s'abstenir de « penser » de façon consciente, en tout cas selon le mode discursif. On peut garder à l'esprit une image, un son, ou une sensation physique (comme le va-et-vient de l'air induit par le mouvement respiratoire), mais en s'abstenant de tout commentaire à propos de ces sensations, ou encore de faire appel à sa mémoire ou à ses « projections mentales » de toute sorte. La « pleine conscience » consiste dans ce cadre à être simplement ouvert à l'expérience présente, cette conscience ouverte étant, dans l'expérience quotidienne, le plus souvent voilée par le jeu incessant des perceptions et du discours intérieur.

Parmi les pratiques entrant dans la seconde catégorie, nous pouvons citer :

- La méditation « transcendantale », utilisant des psalmodies ou mantras
- La méditation Zen requérant une immobilité physique et psychique
- La méditation tantrique de tradition tibétaine, centrée sur l'imagerie mentale
- La méditation dite « de pleine conscience », basée sur l'observation mentale d'un stimulus neutre comme la respiration ou la posture corporelle, en l'absence de toute pensée discursive. Il s'agit d'une pratique émotionnellement neutre ayant pour seul objectif de faire « taire » la rumination mentale. C'est ce type de méditation qui a fait l'objet du plus grand nombre d'études contrôlées. Nous aurons l'occasion d'y revenir.

Depuis une dizaine d'années, les travaux concernant l'intérêt psychothérapeutique de la méditation – en particulier cette forme particulière de méditation dite « de pleine conscience » – se multiplient. Plusieurs études ont confirmé la possibilité de modifier non seulement le fonctionnement cognitif et affectif, mais également le substrat cérébral qui selon toute vraisemblance en constitue le fondement<sup>1</sup>, au moyen d'une pratique régulière, quotidienne, même de courte durée.

Un long chemin a été parcouru pour détacher la pratique méditative de son contexte historique imprégné de pensée religieuse. Jusqu'à un quinzaine d'années en effet, les seuls spécialistes de la méditation ne pouvaient se recruter que dans des cercles rattachés à l'une des grandes traditions spirituelles utilisant la méditation comme « praxis » spirituelle, et en tout premier lieu les écoles bouddhistes et yogiques. Aujourd'hui au contraire, les chercheurs se donnent pour objectif de l'étudier en tant que pratique *per se*, en choisissant d'aborder son étude sous un angle empirique et en la considérant comme un outil thérapeutique en soi, indépendant de tout contexte religieux ou culturel.

Si la pratique de la méditation semble montrer de réelles promesses dans le champ psychothérapeutique, notamment en ce qui concerne les états anxiodépressifs, il apparaît pertinent de mieux comprendre ses modes de fonctionnement, à la fois d'un point de vue physiologique et psychologique. Préciser son mode d'action devrait en effet permettre d'élargir et de mieux cerner son champ d'application.

---

<sup>1</sup> Certaines études suggèrent par exemple un accroissement du nombre de connexions neuronales chez les méditants entraînés, voire même du nombre de circonvolutions corticales : Luders E. et al. (2012) The Unique Brain Anatomy of Meditation Practitioners: Alterations in Cortical Gyrfication, *Front Hum Neurosci.*; 6: 34

La présente recherche s'est proposé dans un premier temps de cerner ce qui constitue la spécificité de l'activité EEG en état méditatif par comparaison à une simple relaxation, par une approche clinique (sujet unique) et une exploration longitudinale (répétition de la condition expérimentale sur plusieurs mois). Dans un second temps, nous avons répété le même protocole expérimental sur un patient ayant subi plusieurs exérèses de tumeurs cancéreuses au niveau du tronc cérébral et du cervelet. Nous avons pu ainsi identifier dans quelle mesure la méditation peut être utilisée chez un sujet non entraîné à cette méthode, et souffrant de surcroît de lésions pouvant *a priori* être considérées comme des contre-indications ou au moins des facteurs limitatifs dans cette pratique.

## **2. Rappels théoriques et revue de la littérature**

### **2.1 Auteurs classiques ayant traité de la méditation**

Comme on pouvait s'y attendre, c'est dans la pensée orientale que l'on trouve le plus de références à la pratique et aux effets de la méditation conçue comme « cessation d'activité mentale ». Elle est en effet intimement liée aux doctrines religieuses dans lesquelles s'est épanouie, sinon sa technique (peut-être antérieure), du moins son substrat théorique.

En Inde, Patanjali (entre 300 et 500 de notre ère) a codifié dans ses *Yoga Sutra* l'essentiel de la pratique méditative. Pour lui, cette technique qui s'insère dans toutes celles de la démarche yogique, tend comme elles à libérer l'esprit de ses conditionnements mentaux. Le cheminement qu'il propose consiste dans un premier temps en une concentration toujours plus poussée de l'attention vers un art de vivre, puis sur les sensations corporelles, pour s'achever dans la contemplation pure de l'esprit.

Ces notions, largement répandues dans la sphère culturelle indienne issue des Védas, sera reprise par le bouddhisme qui les théorisa abondamment, la pratique méditative constituant pour cette philosophie la clé menant à la libération des états mentaux conditionnés. On ne peut à ce sujet manquer de faire le parallèle avec les thérapies cognitives actuelles, et plus particulièrement les thérapies cognitivo-émotionnelles qui en constituent le dernier développement<sup>2</sup>. Les auteurs préconisant cette approche revendiquent d'ailleurs ouvertement cette influence<sup>3</sup>.

En Occident, les mêmes idées générales se retrouvent dans le stoïcisme du 1<sup>er</sup> siècle de notre ère : Epictète<sup>4</sup>, Sénèque<sup>5</sup>, Marc Aurèle, même si ces auteurs font une lecture purement

---

<sup>2</sup> Ces techniques associent l'approche désormais classique de déconstruction des schémas mentaux propre aux thérapies cognitivo-comportementales et la pratique de la relaxation ou de la méditation, pour travailler parallèlement sur les pensées et les états émotionnels qui leur sont corrélés (cf. J. Kabat-Zinn, D. Servant, C. André).

<sup>3</sup> Voir à ce sujet : Hanson R. (2011). *Le cerveau de Bouddha*. Paris : les Arènes, ainsi que les différents travaux de John Kabat-Zinn cités dans les références bibliographiques.

<sup>4</sup> *Le Manuel d'Epictète*, trad. E. Cattin, Paris : Flammarion.

<sup>5</sup> *De la brièveté de la vie* (De Brevitate vitæ).

[http://sami.is.free.fr/Oeuvres/seneque\\_de\\_brevitae\\_vitae.htm](http://sami.is.free.fr/Oeuvres/seneque_de_brevitae_vitae.htm)

philosophique, analytique, du détachement de ce qu'on pourrait appeler les schémas mentaux, le type de pratique méditative proprement dite étant laissée au choix du lecteur...

Le monde chrétien, à travers ses traditions monastiques et érémitiques (les Pères du désert, III<sup>ème</sup> au IV<sup>ème</sup> siècle) remettra en honneur la pratique méditative. Dans ses *Exercices spirituels*, Ignace de Loyola proposera des techniques étonnamment proches de celles utilisées en Orient, notamment l'utilisation de l'imagerie mentale et de la concentration sans objet<sup>6</sup>.

Enfin, Descartes, dans ses *Méditations métaphysiques*, ou des philosophes modernes comme Henri Bergson<sup>7</sup> peuvent être cités pour avoir pressenti l'intérêt d'une approche non formelle dans la résolution des problèmes posés au « penseur », approche basée sur la perception immédiate et intuitive de vérités axiomatiques qu'il n'est peut-être pas déraisonnable de rapprocher de la réalité transcendante des traditions orientales<sup>8</sup>.

## 2.2 Etudes modernes sur les corrélats physiologiques de la méditation

L'application de la méditation de pleine conscience au traitement de certains troubles psychiques est aujourd'hui bien documentée, même si elle fait encore l'objet de plusieurs études exploratoires. En particulier, on a pu montrer son efficacité dans la prévention des rechutes dépressives (Kabat-Zinn, 1992). De leur côté, Teasdale et coll. (2000)<sup>9</sup> ont suivi 84 sujets déprimés sous anti-dépresseurs. A l'issue de ce traitement, un tiers poursuivait le traitement normalement, un autre tiers recevait un placebo et le dernier tiers suivait des séances de méditation de pleine conscience. Après 18 mois, 30% des méditants avaient rechuté, ainsi que 30% des patients sous antidépresseurs, mais 70% du groupe placebo avait subi une rechute, ce qui tend à montrer que la pratique de la méditation de pleine conscience est aussi efficace que la chimiothérapie pour éviter les rechutes dépressives.

---

<sup>6</sup> *Exercices spirituels : Texte définitif, 1548*. Paris : Seuil.

<sup>7</sup> En particulier : Bergson H. (1888), *Essai sur les données immédiates de la conscience*. Paris : Presses Universitaires de France (1970).

<sup>8</sup> Rappelons que les fondements de la démarche scientifique telle qu'exposée dans le *Discours de la Méthode* furent inspirée à Descartes au cours d'un rêve, expérience « immédiate » et non analytique par excellence.

<sup>9</sup> Teasdale, John D.; Segal, Zindel V. et coll. (2000). Prevention of relapse/recurrence in major depression by mindfulness-based cognitive therapy, *Journal of Consulting and Clinical Psychology*, Vol 68(4), Aug 2000, 615-623

Son mode d'action est, quant à lui, encore largement inexploré et l'on ne dispose à ce sujet que d'études centrées sur les modifications cognitives. En particulier, on a pu déceler chez des patients souffrant de dépression une réduction significative des ruminations mentales négatives après application d'une thérapie MBSR (Mindfulness Based Stress Reduction), associée à une diminution des symptômes dépressifs et anxieux relevés aux questionnaires BDI et STAI<sup>10</sup>. L'effet le plus immédiat, relevé lors de séances de méditation, concerne l'amélioration des capacités attentionnelles, en particulier en ce qui concerne l'attention focalisée<sup>11</sup>.

Les effets physiologiques de la méditation, pour leur part, n'ont été étudiés à notre connaissance que sur des sujets sains, pour la plupart entraînés de longue date à cette pratique. Nous allons parcourir rapidement ces résultats.

Bien avant la mise à disposition des techniques modernes d'imagerie, des résultats quantifiés ont pu être obtenus à l'aide de la technique électroencéphalographique, ou EEG. Outre son ancienneté et sa facilité de mise en œuvre, on constate d'ailleurs que celle-ci permet de révéler certaines activités spécifiques aux états de relaxation et de méditation qui n'entrent pas dans le cadre d'étude de l'IRM fonctionnelle, ces phénomènes étant davantage corrélés à des activités électriques neuronales qu'à une modification de la perfusion sanguine locale. C'est le cas en particulier des activités cycliques coordonnées donnant lieu aux « ondes » classiquement étudiées en EEG, à savoir les ondes bêta, alpha, thêta et delta<sup>12</sup>.

Les structures corticales (les seules généralement considérées comme générant les potentiels électriques relevés par l'EEG) peuvent être considérées comme un agrégat de « blocs » (ou « chunks ») relativement indépendants les uns des autres, regroupant chacun plusieurs dizaines de milliers de neurones. Les cellules nerveuses composant ces blocs, quand elles déchargent simultanément, génèrent des potentiels post-synaptiques qui, par un effet d'addition, se traduisent au niveau des électrodes par un potentiel électrique de quelques microvolts, suffisant pour être traduit, après amplification, sur une courbe continue traduisant

---

<sup>10</sup> Ramel W. et coll. (2004). The Effects of Mindfulness Meditation on Cognitive Processes and Affect in Patients With Past Depression. *Cognitive Therapy and Research*, Vol. 28, No. 4, August 2004 (C 2004), pp. 433–455.

<sup>11</sup> Lutz A. et al. (2009). Mental training enhances attentional stability: neural and behavioral evidence, *Journal of Neuroscience*, vol. 29(42), 13418-27.

<sup>12</sup> Rappelons que les ondes bêta (15-30 Hz) correspondent à l'état d'éveil, alpha (8-15 Hz) à l'état de détente, yeux fermés, thêta (4-8 Hz) à la détente profonde et à l'état hypnagogique, delta (1-4 Hz) au sommeil profond.

leurs variations positives et négatives<sup>13</sup>. Ces variations, une fois enregistrées, peuvent être étudiées par des techniques statistiques (analyse de Fourier) permettant notamment de produire des « puissances » moyennes des différentes ondes cérébrales. La recherche actuelle tente précisément de corrélérer ces puissances relatives aux différents états de conscience comme l'éveil attentif, le sommeil ou la méditation.

Les recherches classiques suggèrent que les techniques de relaxation, et également la méditation, ont un effet sur la production d'ondes alpha et thêta chez des pratiquants expérimentés (Delmonte, 1984; West, 1980). Mais les résultats sont souvent peu contrastés et sujets à discussion. Bien que plusieurs études ont rapporté un accroissement de l'activité alpha durant les états de relaxation, d'autres ont constaté une diminution de ces mêmes ondes (Jacobs & Lubar, 1989; Stigsby, Rodenburg, & Moth, 1981).

Le résultat le plus souvent reproduit concerne la production d'ondes thêta. Toutes techniques de relaxation confondues, on a en effet pu montrer un accroissement de la production d'ondes thêta dans l'ensemble du cortex cérébral (Canteros et al., 2002; Jacobs & Lubar, 1989; West, 1980). Néanmoins ce phénomène n'est là encore pas constant et varie fortement en fonction des sujets. Notons que cette difficulté à produire des résultats nets et spécifiques est l'un des principaux écueils dans ce type d'études. Nous aurons l'occasion d'y revenir.

Par ailleurs, Lutz et ses collègues (2004) ont montré, chez des moines bouddhistes entraînés depuis de longues années à la méditation de compassion<sup>14</sup>, une activité gamma synchronisée de forte amplitude dans les zones frontales et pariétales/temporales. Ce résultat peut sembler de prime abord paradoxal, dans la mesure où l'activité gamma (25-42 Hz) est généralement corrélée à une activité mentale intense, comme l'attention concentrée ou le calcul mental. De plus, le ratio de l'activité gamma sur l'activité de basse fréquence (4-13 Hz) est plus important chez ces mêmes pratiquants que chez les sujets contrôles pendant la condition de repos yeux fermés (ligne de base), en-dehors de toute activité méditative. Ce phénomène, facilement reproduit, ne se retrouve pas chez des méditants débutants, ce qui semble bien montrer qu'une activité mentale particulière comme la méditation, prolongée pendant

---

<sup>13</sup> Vion-Dury J., Blanquet F. (2008). *Pratique de l'EEG*. Paris : Masson.

<sup>14</sup> Ce type de méditation se distingue de la méditation « de pleine conscience » par l'utilisation massive de l'imagerie, et par l'état émotionnel particulier – la compassion – précédant la phase de méditation sans objet qui, pour sa part, constitue l'essentiel de la méditation de pleine conscience.

plusieurs années, peut modifier le schéma général du fonctionnement cérébral, en affectant même probablement la structure physique du substrat neuronal.

### 3. Problématique

La question centrale qui a motivé notre travail est celle de la mise en évidence d'une différence de *nature* entre la méditation et les autres états généralement assimilés comme la relaxation, l'hypnose ou l'état « sophronique<sup>15</sup> » par exemple. Si une telle différence existe, il est alors pertinent d'étudier plus profondément ses effets sur les troubles anxiodépressifs, déjà assez largement étudiées, mais sans mettre nécessairement l'accent sur la spécificité de l'approche méditative.

Par ailleurs, il nous a semblé utile d'explorer dans quelle mesure cette technique peut être étendue à certains patients cérébrolésés. Si oui, de nouvelles perspectives d'applications pourraient être envisagées, car l'on sait notamment quelle place prennent les troubles anxieux et dépressifs chez les patients souffrant de traumatismes crânio-cérébraux ou de tumeurs cérébrales. L'étude des effets de la méditation chez ces types de patients n'a encore, à notre connaissance, jamais été effectuée.

Nous avons déjà signalé la difficulté d'une absence de définition consensuelle de la méditation. Toute étude systématique des états méditatifs se doit donc de poser un cadre méthodologique strict limitant au maximum tout biais d'interprétation de ce qui est attendu de la part du méditant. Nous avons opté pour un style particulier de méditation, intermédiaire entre la méditation de pleine conscience et les méditations basées sur l'imagerie mentale, entraînant un état émotionnel particulier<sup>16</sup>. Cette technique n'a pas la prétention de résumer à elle seule ce qu'on peut entendre par état méditatif, mais elle se propose d'être une méthode simple pouvant être appliquée aussi bien par des pratiquants de longue date que par des néophytes. L'utilisation d'une visualisation préalable à la phase de pleine conscience a également l'intérêt d'impliquer émotionnellement le sujet et d'obtenir ainsi des résultats plus marqués lors des mesures physiologiques, par contraste avec un simple état de relaxation.

Par ailleurs, l'objectivation de l'état méditatif est réputée difficile, non tant en raison du manque de moyens de mesure que, selon nous, de l'absence de définition précise de l'état

---

<sup>15</sup> Terme employé par Alfonso Caycedo pour désigner l'état de relaxation et de suggestibilité particulier obtenu par la sophrologie, et assimilable au premier degré de la transe hypnotique.

<sup>16</sup> La méditation de compassion, déjà citée en exemple, prévoit une phase d'imagerie « positive » précédant la phase de méditation sans objet, que nous appellerons pour notre part « phase passive ».

mesuré. En ce qui concerne les mesures physiologiques, nous avons pris le parti d'effectuer des mesures EEG à large spectre sur les trois phases de l'expérience : ligne de base yeux fermés (sans méditation), phase « active » (faisant appel à l'imagerie mentale), et phase « passive » (sans pensée discursive, et assimilable à l'état dit « de pleine conscience »). Une autre mesure, plus subjective, consiste à évaluer le niveau de pleine conscience éprouvé par le sujet par l'intermédiaire d'une échelle éprouvée : la Freiburg Mindfulness Inventory<sup>17</sup>. L'objectif de cette échelle est d'évaluer l'impact psychologique de la pratique régulière de la méditation de pleine conscience, en termes « d'ouverture », d'attention soutenue, de conscience de soi ou d'intensité des perceptions subjectives. Nous avons pu ainsi apprécier ces effets à la fois chez le sujet témoin et chez le sujet cérébrolésé.

---

<sup>17</sup> Walach, H., Buchheld, N., Buttenmuller, V., Kleinknecht, N., Schmidt, S. (2006). Measuring Mindfulness--The Freiburg Mindfulness Inventory (FMI). *Personality and Individual Differences*, 40, 1543-1555. Reproduit en annexe 2.

#### **4. Objectif et hypothèses**

Hypothèses générales :

1. La méditation, notamment dans sa phase passive (sans cognition consciente) est un état distinct de la simple relaxation, et l'EEG est en mesure de montrer cette distinction.
2. La méditation peut être utilisée avec profit chez un patient ayant subi une ablation chirurgicale d'une tumeur cérébrale, avec des effets physiologiques pouvant être distincts du sujet sain.

Hypothèses spécifiques :

- a) Une analyse quantitative de l'amplitude des tracés alpha et thêta doit montrer une différence, même faible, entre l'état méditatif et la ligne de base.
- b) L'activité globale (amplitude relevée dans la bande 4-30 Hz) doit être affaiblie en état méditatif.
- c) Une activité gamma de forte amplitude pourra être relevée en état méditatif.
- d) Un effet psychologique persistant, tel que mesuré par l'échelle FMI, peut être noté aussi bien chez le sujet sain que chez le sujet cérébrolésé.

## 5. Méthodologie

### 5.1 Principes retenus pour l'expérimentation

L'activité cérébrale relevée par EEG est à la fois très sensible aux conditions d'expérimentation et extrêmement fluctuante, et les phénomènes qu'on peut y déceler se révèlent en pratique difficilement reproductibles. Par ailleurs on considère volontiers aujourd'hui le signal EEG comme une activité non-linéaire, chaotique<sup>18</sup>. De ce fait, les pièges méthodologiques semblent nombreux. Par exemple, la classique analyse par transformée de Fourier, qui permet d'isoler la puissance relative des différentes gammes d'onde, repose sur l'hypothèse d'un signal continu et périodique, ce que n'est pas, en toute rigueur, le signal EEG. Celui-ci ne présentant que certaines caractéristiques périodiques, sur des intervalles de temps limités, il convient d'abord d'analyser finement le signal pour en extraire les périodes où une telle analyse se révèle pertinente. La puissance des outils informatiques à notre disposition nous aidera grandement dans cette tâche.

Une deuxième difficulté tient à la définition de l'expérience que l'on est sensé mesurer. Comme nous l'avons vu, il n'existe pas de définition univoque et universelle de la méditation. Les pratiques semblent aussi nombreuses que les auteurs (et aussi, il faut bien le dire, que les écoles de pensée auxquelles elles se rattachent encore souvent). Or, une comparaison entre mesures ne peut avoir de sens que si ces mesures portent sur les mêmes données expérimentales.

Nous avons donc retenu le cadre méthodologique suivant :

1. Utilisation exclusive d'un type de méditation bien particulier, défini en termes de contenu et de durée, réparti en 3 phases : respirations profondes, visualisation, et phase passive (élimination des pensées conscientes). Cette dernière, à elle seule, dure la moitié du temps total et sert de cible à la plupart des analyses EEG.
2. Approche individuelle impliquant un sujet clinique et un sujet témoin, ce qui permet d'éliminer tout biais d'interprétation de la définition ci-dessus, notamment en ce qui

---

<sup>18</sup> Vion-Dury J., Blanquet F. *Pratique de l'EEG*, p.15.

concerne la phase passive. Le sujet témoin a déjà une longue pratique de la méditation, et le patient est entraîné pendant les premières séances au seul type de méditation étudié, selon un protocole unique. L'un et l'autre s'engagent à pratiquer de façon identique au long des séances.

3. Enregistrement EEG des séances, selon un protocole strict : enregistrement d'une ligne de base, le sujet étant en état de simple relaxation, yeux fermés, suivi immédiatement de l'enregistrement de la séance de méditation, en 3 parties (respirations, imagerie, phase passive).
4. Analyse des enregistrements EEG par informatique : analyse topographique (2D) des potentiels relevés au niveau du scalp, répartis par gamme d'ondes (delta, theta, alpha1, alpha2, beta1, beta2), puis analyse tomographique (3D) pour la localisation des sources (utilisation du programme sLoreta<sup>19</sup>).
5. A la fin de la période d'expérimentation, méta-analyse de l'ensemble des enregistrements à fin de mettre en évidence d'éventuels contrastes entre les lignes de base et les états méditatifs.

## 5.2 Matériel

Pour les deux séries d'expériences, nous utilisons un matériel EEG médical au standard 10-20 (avec 16 canaux actifs), utilisant des électrodes monopodes à solution saline et un montage monopolaire (rapporté à deux électrodes passives auriculaires).

Les enregistrements EEG sont effectués sur ordinateur, selon un échantillonnage à 100 mesures par seconde. Le logiciel utilisé pour l'enregistrement permet également d'effectuer l'analyse spectrale par gamme d'ondes (alpha, beta, thêta, delta) couplée à une analyse topographique donnant la répartition des puissances de chacune de ces gammes d'ondes sur le scalp.

Par ailleurs, nous avons choisi de mettre en œuvre un logiciel de reconstruction de la source EEG : sLORETA (Standardized Low Resolution brain Electromagnetic Tomography, R.D.

---

<sup>19</sup> Standardized Low Resolution brain Electromagnetic Tomography, R.D. Pascual-Marqui (2002-2008). The KEY Institute for Brain-Mind Research, University Hospital of Psychiatry, Lengstr. 31, CH-8029 Zurich, Switzerland.

Pascual-Marqui, 2002-2008)<sup>20</sup>. Ceci nous permet d'étudier non seulement la répartition des ondes mesurées au niveau du scalp, mais aussi d'inférer les sites corticaux à l'origine de cette activité.

### 5.3 Procédure

Les séances de méditation sont organisées selon un protocole strict, identique pour le sujet témoin et pour le patient :

- Installation du sujet, installation du matériel EEG et pose des électrodes.
- Enregistrement EEG d'une ligne de base : le sujet assis, les yeux fermés, sans recherche d'un état psychique particulier. L'enregistrement dure 5 minutes.
- Pause de quelques minutes.
- Second enregistrement EEG en 3 phases :
  1. Les yeux étant fermés, pratique de respirations profondes, ventrales et lentes, pendant environ 1 minute.
  2. Imagerie mentale positive, pendant 4 à 5 minutes.
  3. Méditation de calme mental pendant 10 minutes.

### 5.4 Recueil et analyse des données

L'enregistrement EEG se fait à l'aide du même logiciel qui sert ultérieurement à l'analyse spectrale et topographique. L'intégralité des séances est enregistrée sous forme de fichiers propriétaires, exportés ultérieurement en format standard EDF (European Data Format, utilisé pour les mesures physiologiques) et Texte pour importation dans le logiciel sLoreta. Des analyses statistiques additionnelles ont été effectuées sur Excel.

---

<sup>20</sup> *The KEY Institute for Brain-Mind Research*, University Hospital of Psychiatry, Lenggstr. 31, CH-8029 Zurich, Switzerland.

## **6. Participants**

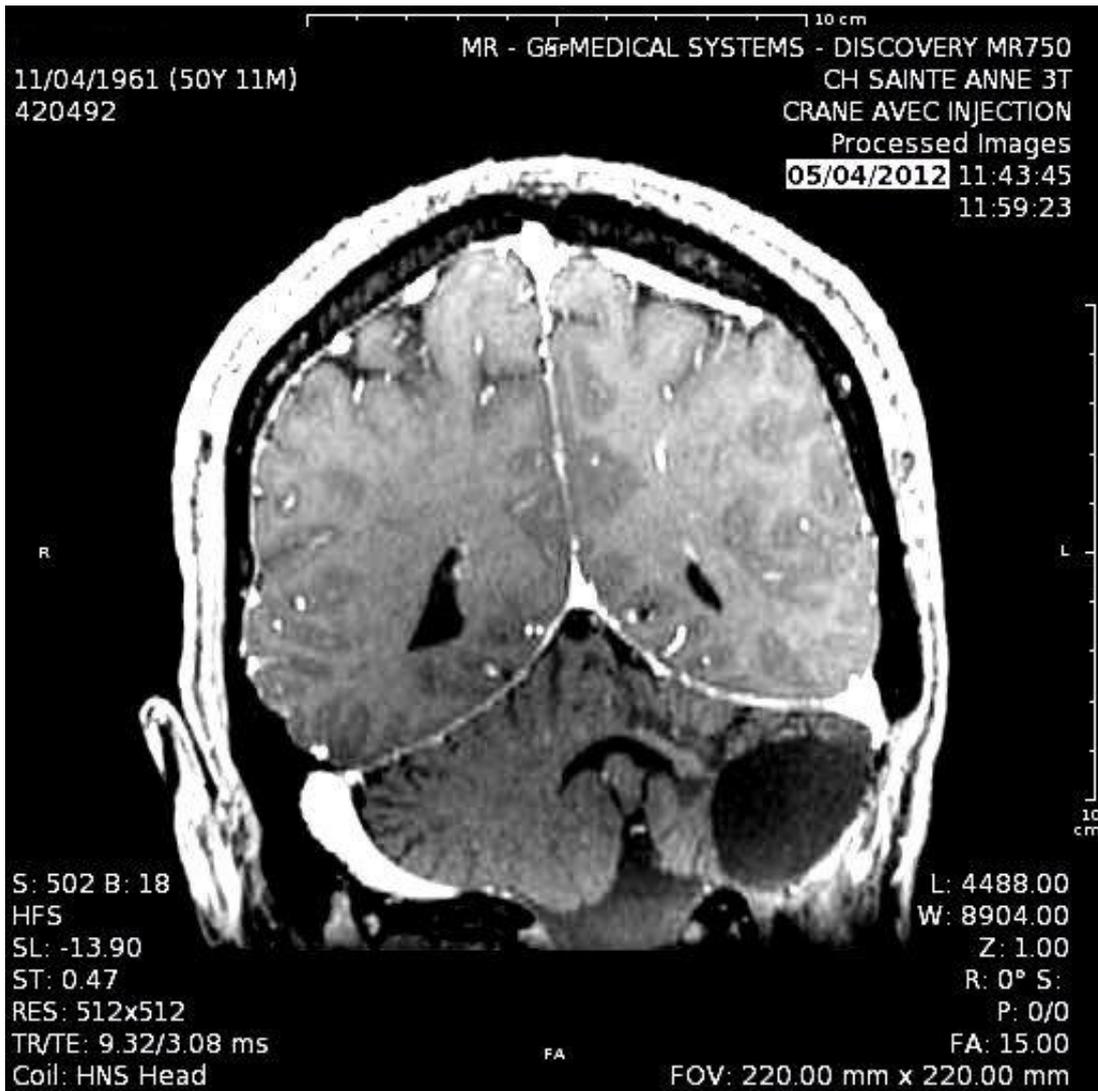
La première phase de l'étude a été effectuée entre septembre 2010 et novembre 2011 sur un sujet sain, homme de 48 ans pratiquant entraîné au type de méditation décrit plus haut. Des enregistrements EEG ont été pratiqués sur l'ensemble de la durée de 15 séances de méditation réparties au long de la période d'expérimentation.

Une seconde phase de l'expérimentation a été menée entre janvier et avril 2012 sur notre lieu de stage, auprès d'un ancien patient cérébrolésé actuellement en suivi psychologique : Mr G. 12 séances ont ainsi pu être enregistrées auprès de ce patient, dans les mêmes conditions que le sujet témoin.

### **6.1 Données anamnestiques et psychologiques de Mr G.**

Mr G. est un homme de 50 ans, cadre dans l'informatique. Il a été hospitalisé au CHI de Meulan-les-Mureaux en décembre 2007 pour les séquelles d'un méningiome de la base du cerveau et prépontique opéré à plusieurs reprises depuis 2002. Les séquelles concernent une paralysie faciale périphérique gauche, une surdité gauche, une diplopie, une perte de vision partielle (vue monoculaire), une hémiparésie droite sensitivo-motrice avec troubles de l'articulation et un syndrome cérébelleux. Les opérations neurochirurgicales entraînent une h miparalysie affectant l'audition, le visage, les glandes lacrymales gauches. Il subit une anastomose (greffe d'un nerf de la langue dans la joue gauche).

L'IRM montre une large résection chirurgicale de la partie gauche du cervelet pouvant expliquer une partie des troubles psychomoteurs observés.



Un bilan neuropsychologique effectué en novembre 2010 indique des troubles de l'attention et de la concentration, des troubles en mémoire de travail avec une amélioration notable au niveau de la mémoire épisodique, ainsi qu'une fatigabilité psycho-intellectuelle engendrant un ralentissement cognitif altérant les performances générales.

Sur le plan psychologique, Mr G. est en proie à un effondrement narcissique massif, majoré par l'échec de sa reprise de travail au sein de sa société. Il prend conscience de son ralentissement, tant sur le plan physique que psychologique. En 2010 il suit un traitement antidépresseur de courte durée (2 mois) et est suivi par un psychiatre en ville.

En octobre 2011, Mr G. décide de se mettre à son compte et de créer une micro-entreprise d'informatique où il peut continuer d'exercer son expertise sur une gamme de logiciels.

Quand nous faisons sa connaissance en février 2012, il souffre essentiellement de séquelles physiques : légère paralysie faciale affectant l'œil gauche, hémiparésie et dyspraxie des membres gauches nécessitant une canne pour la marche, et un discret trouble articulaire. Le discours ne montre aucune altération cognitive notable, le sujet se montrant même de haut niveau intellectuel. L'humeur est bonne, même si la situation familiale reste compliquée (mésentente conjugale, mais le patient ne souhaitant pas divorcer tant que les enfants sont petits). La situation professionnelle, même si elle n'est pas assurée à long terme, lui donne satisfaction. Il se dit sous pression, avec d'importantes responsabilités, et doit gérer le stress associé.

Mr G. a une relation très particulière aux affects. Son père est décédé en octobre 2011 et il dit à ce sujet ne pas avoir ressenti d'émotion particulière. D'une manière générale, Mr G. indique qu'il lui est difficile de ressentir ou d'exprimer ses émotions.

Mr G. pratique l'aïkido qu'il avait interrompu à cause de ses problèmes de santé puis repris en septembre 2011. Il s'intéresse à la spiritualité, aux perceptions « non ordinaires » qu'il n'hésite pas à considérer comme faisant partie intégrante de la réalité, même s'il est difficile de démontrer leur véracité. Bien que non entraîné à la méditation « orthodoxe », il a donc déjà un acquis certain dans les techniques introspectives et méditatives au sens large, et se révèle curieux de ses ressentis au cours de l'expérience.

## **7. Résultats**

### **7.1 Résultats globaux**

Des méta-analyses ont été menées sur l'ensemble des séances de méditation pour chacun des participants. Chacune d'elles a consisté à fusionner les données issues de chacune des phases principales de l'expérience : ligne de base (sans méditation), phase « active » (imagerie mentale), et phase « passive ». L'intérêt est d'éliminer les différences constatées entre les séances, de prolonger les périodes de mesure et ainsi de rendre statistiquement significatifs les données enregistrées (par augmentation du contraste « signal – bruit » inhérent à la technique EEG). C'est ainsi plusieurs heures de méditation qui ont pu être analysées quantitativement.

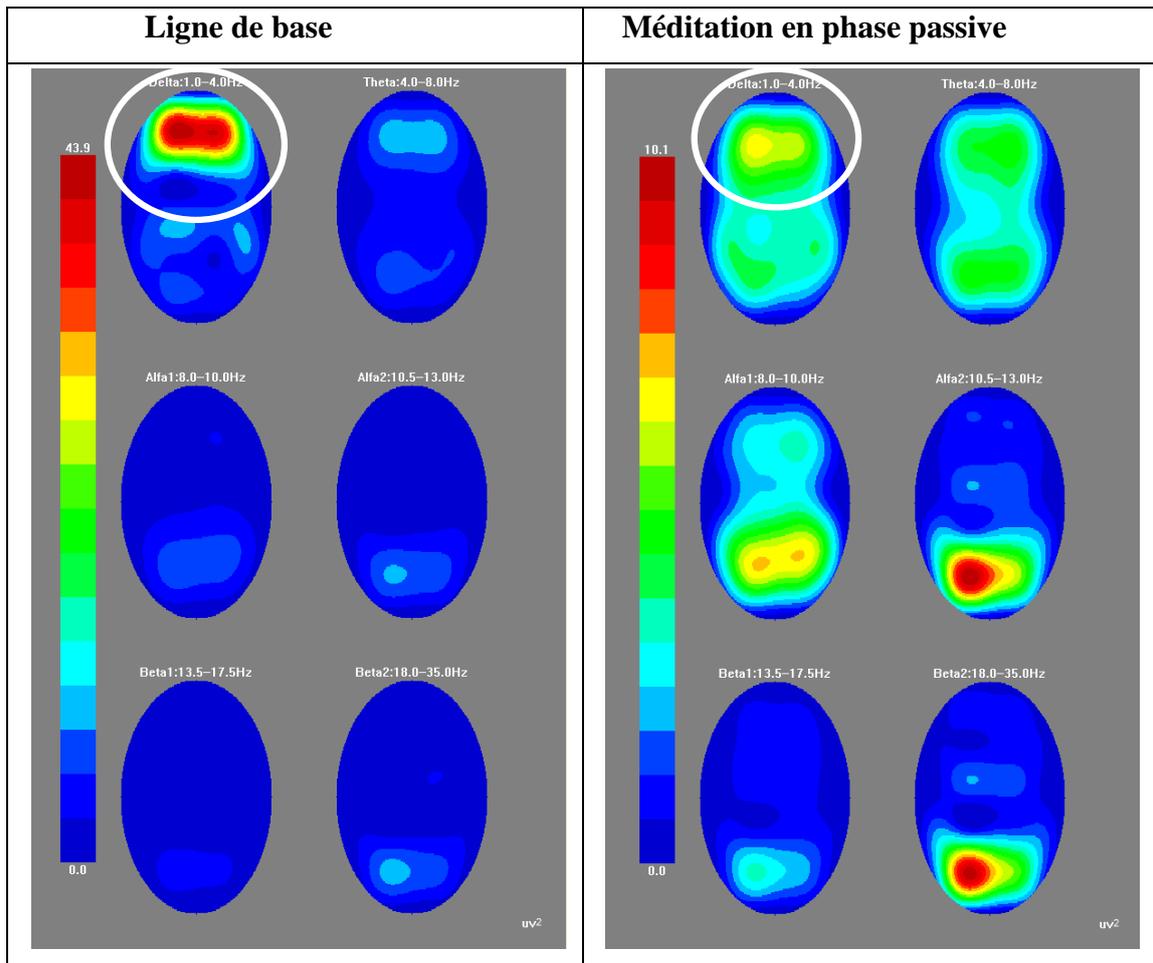
Pour les deux participants, nous avons ainsi pu constater :

1. Une importante diminution de l'amplitude EEG globale en phase passive par rapport à la ligne de base. Ce phénomène a été constaté dans l'ensemble du spectre de fréquences, mais de façon plus marquée pour les ondes lentes (delta et thêta).
2. Pendant la phase passive, une sous-activation frontale et une sur-activation pariétale et cingulaire.
3. Un accroissement de l'activité alpha centrée autour d'une unique fréquence, pratiquement identique chez les deux sujets (respectivement 9.6 et 9.2 Hz), mais de façon moins marquée chez le sujet cérébrolésé. La source de cette activité a pu être localisée dans les zones pariétale médiane et pariéto-temporale droite.
4. Une activité synchrone inter-hémisphérique centrée sur la fréquence alpha (phénomène connu sous le nom de « synchronisme alpha »).

Pour les trois premiers résultats, nous constatons que ces observations sont contrastées par rapport à la condition « ligne de base » (yeux fermés sans méditation), ceci allant donc dans le sens de notre hypothèse d'une différence entre les effets de la méditation et de la relaxation simple.

## 7.2 Diminution de l'amplitude des ondes lentes

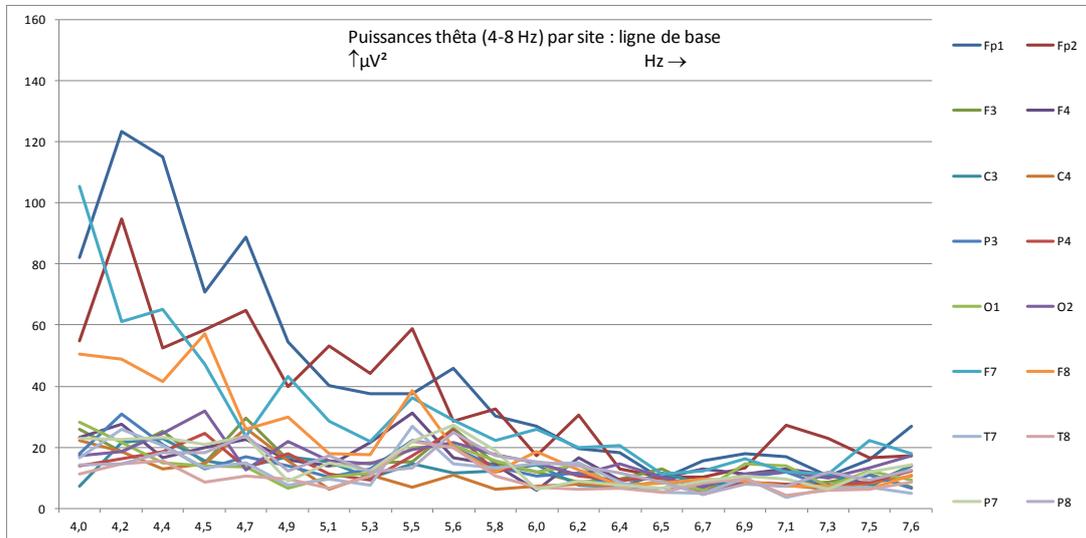
La représentation topographique ci-dessous illustre le phénomène constaté en zone préfrontale. L'amplitude moyenne des ondes de basse fréquence passe dans cette région d'environ  $44\mu\text{V}$  à  $7\mu\text{V}$ .



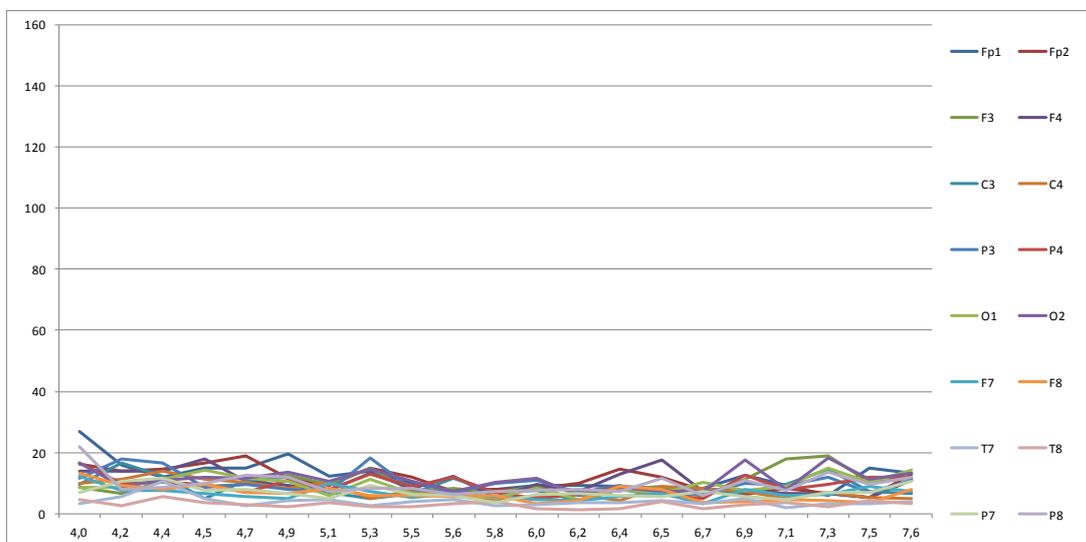
Ci-dessous le résultat de la méta-analyse montrant la diminution de l'amplitude des ondes de basse fréquence (4 à 8 Hz) entre les deux conditions, pour l'ensemble des 16 sites de mesure. Une analyse statistique des données numériques par groupes appariés (croisement fréquence – localisation) donne  $t=12.0$ , avec résultats significatifs à  $p<.001$ . Le même calcul effectué pour l'ensemble des fréquences (4-25 Hz) donne  $t=10.77$  et  $p<.001$ .

En abscisse : fréquences en Hz ; en ordonnée : puissance en  $\mu\text{V}^2$ . Chaque ligne colorée correspond à un site de recueil (électrode).

Ligne de base :



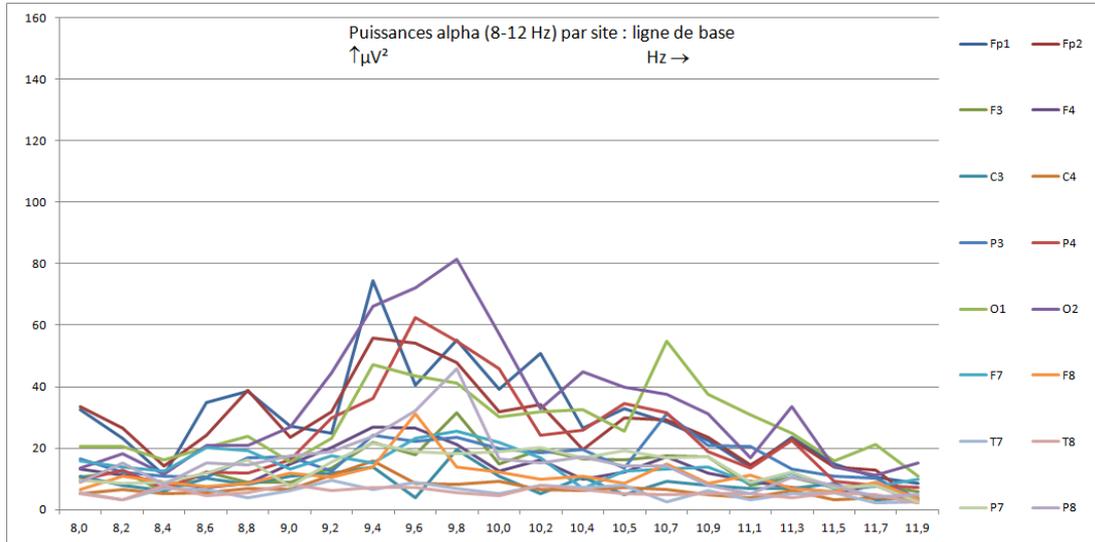
Méditation phase passive :



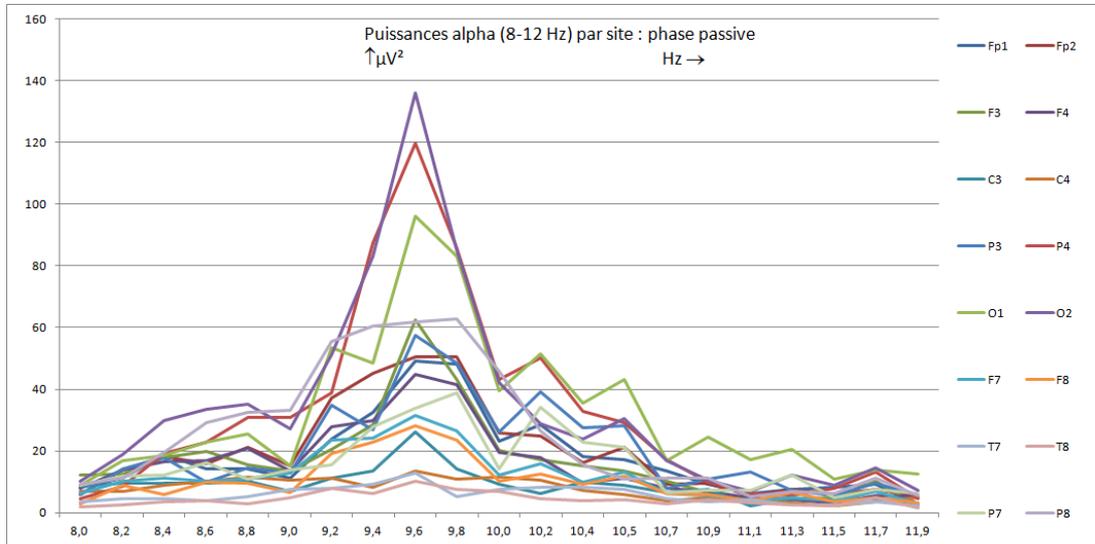
### 7.3 Pic d'activité alpha

Ci-dessous l'illustration de l'apparition du pic d'activité à 9.6 Hz (sujet sain) :

Ligne de base :



Méditation phase passive :

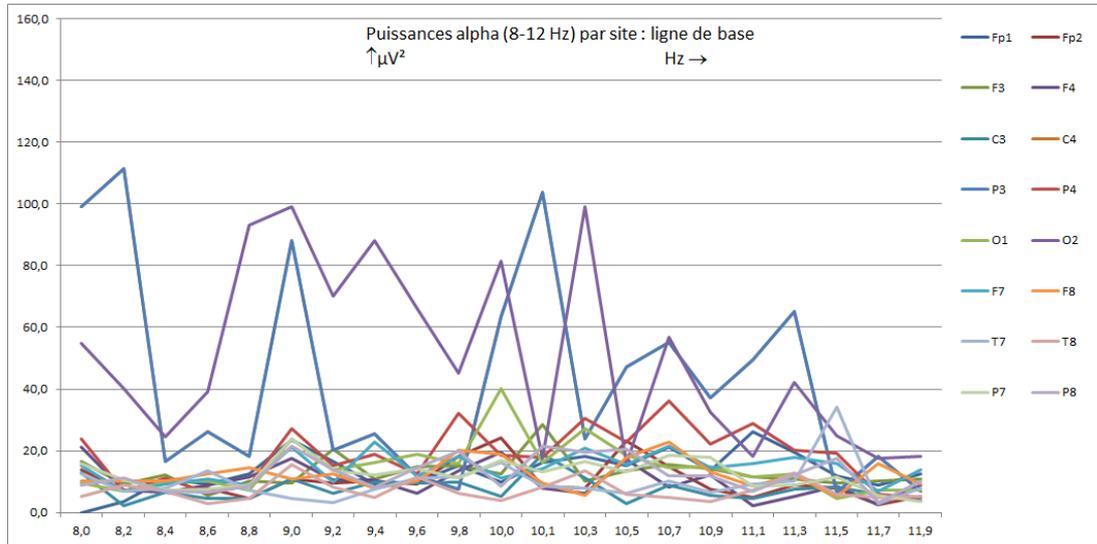


L'analyse statistique de l'accroissement de l'amplitude moyenne dans la gamme d'ondes 9-10 Hz donne  $t=4.71$  et  $p<.001$ .

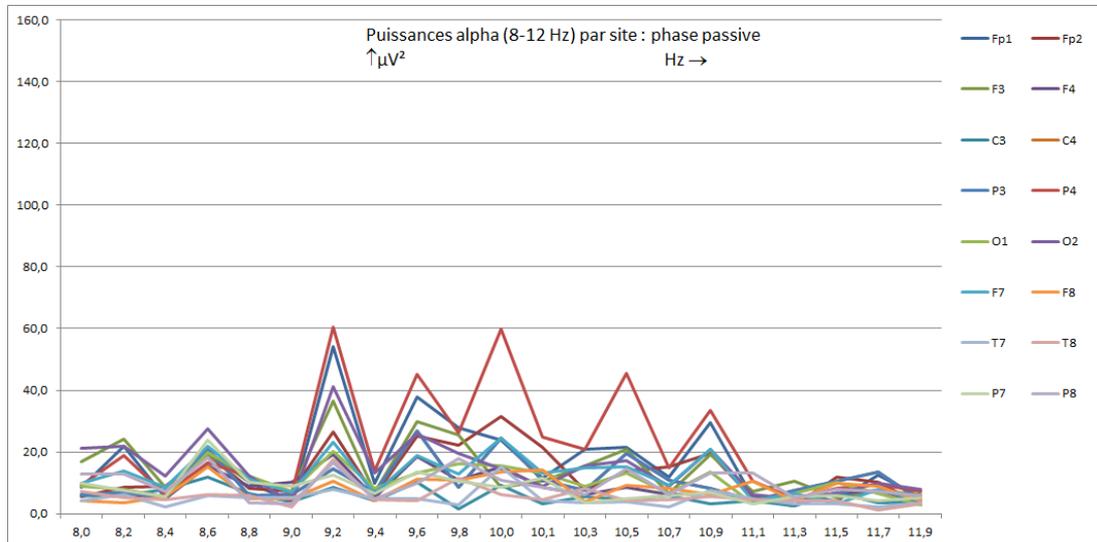
## 7.4 Résultats comparés des deux sujets

Ci-dessous les graphes des puissances relevées chez le patient cérébrolésé :

Ligne de base :



Méditation phase passive :

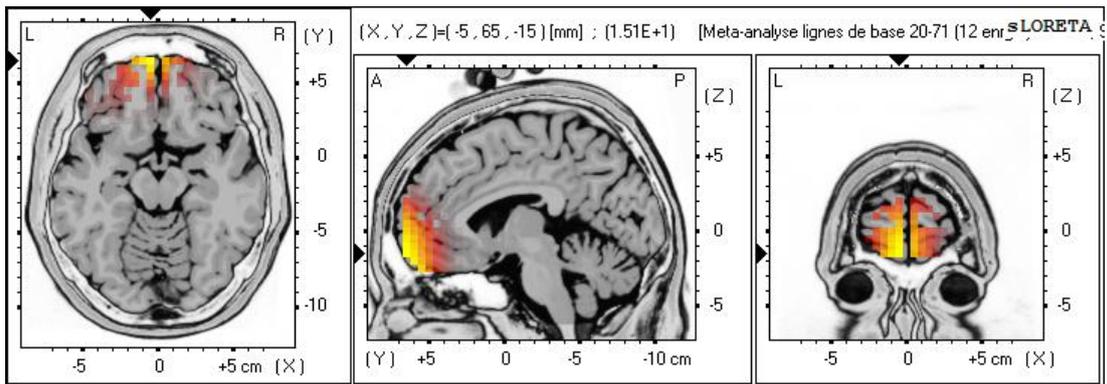


On voit ici une activité non localisée et non coordonnée en condition ligne de base, et une activité plus cohérente en condition de méditation passive, avec un pic d'activité centré autour de 9.2 Hz impliquant l'ensemble des sites de recueil, avec une prépondérance des sites pariéto-occipitaux. Ce pic est néanmoins nettement moins marqué que chez le sujet sain entraîné à la méditation.

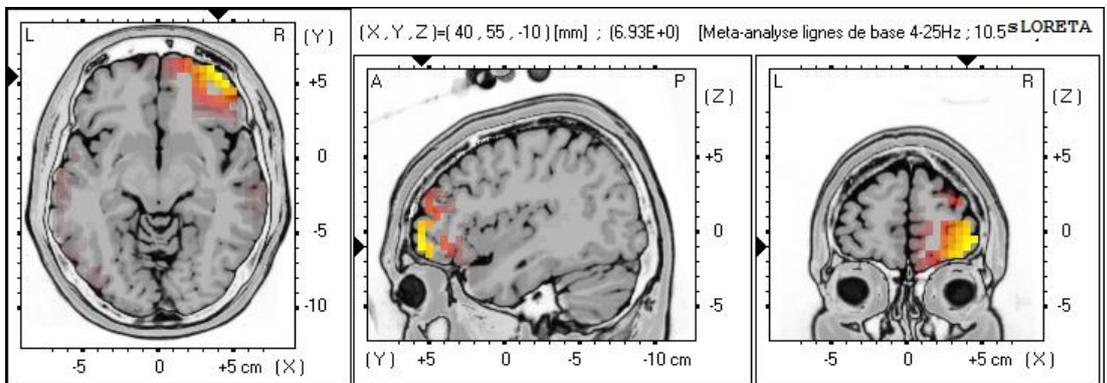
La localisation des sources d'émission alpha est également différente, surtout en phase passive, comme le montrent les données de reconstruction de source issues de sLoreta (l'image IRM est celle d'un cerveau « moyen », seul le site affiché en couleurs étant déduit de l'analyse) :

### A. Localisation alpha en condition « ligne de base »

Sujet sain :

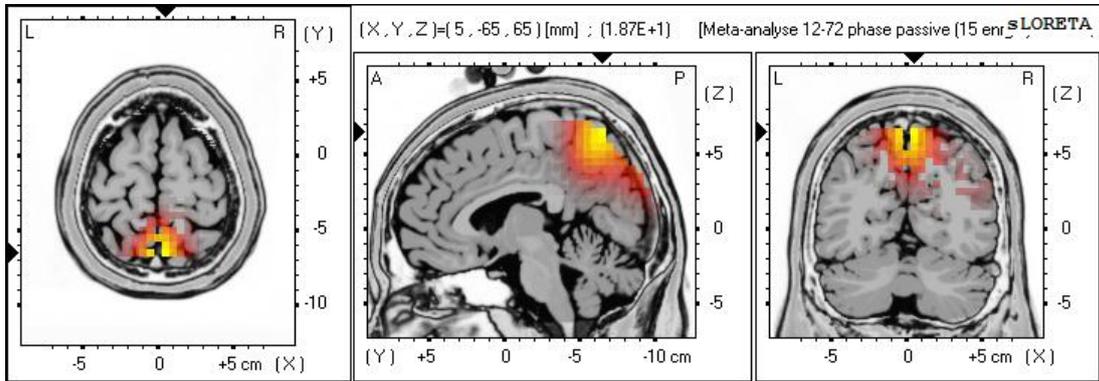


Sujet cérébrolésé :

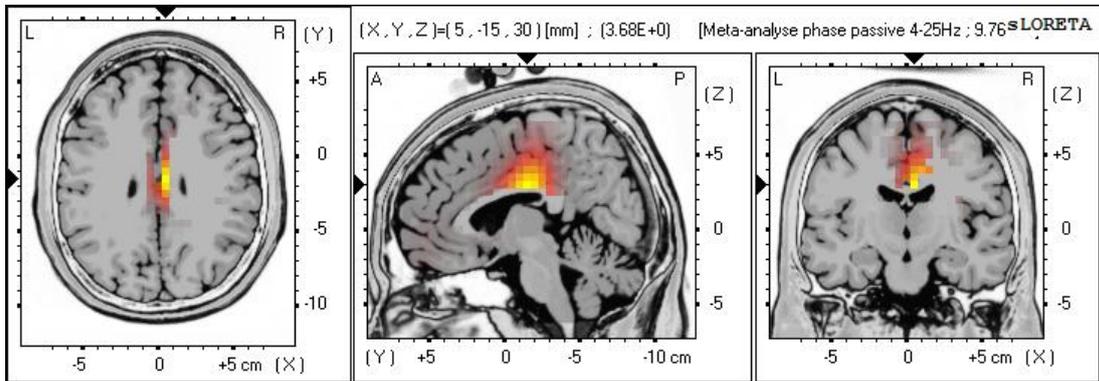


## B. Localisation alpha en condition « phase passive »

Sujet sain :



Sujet cérébrolé :



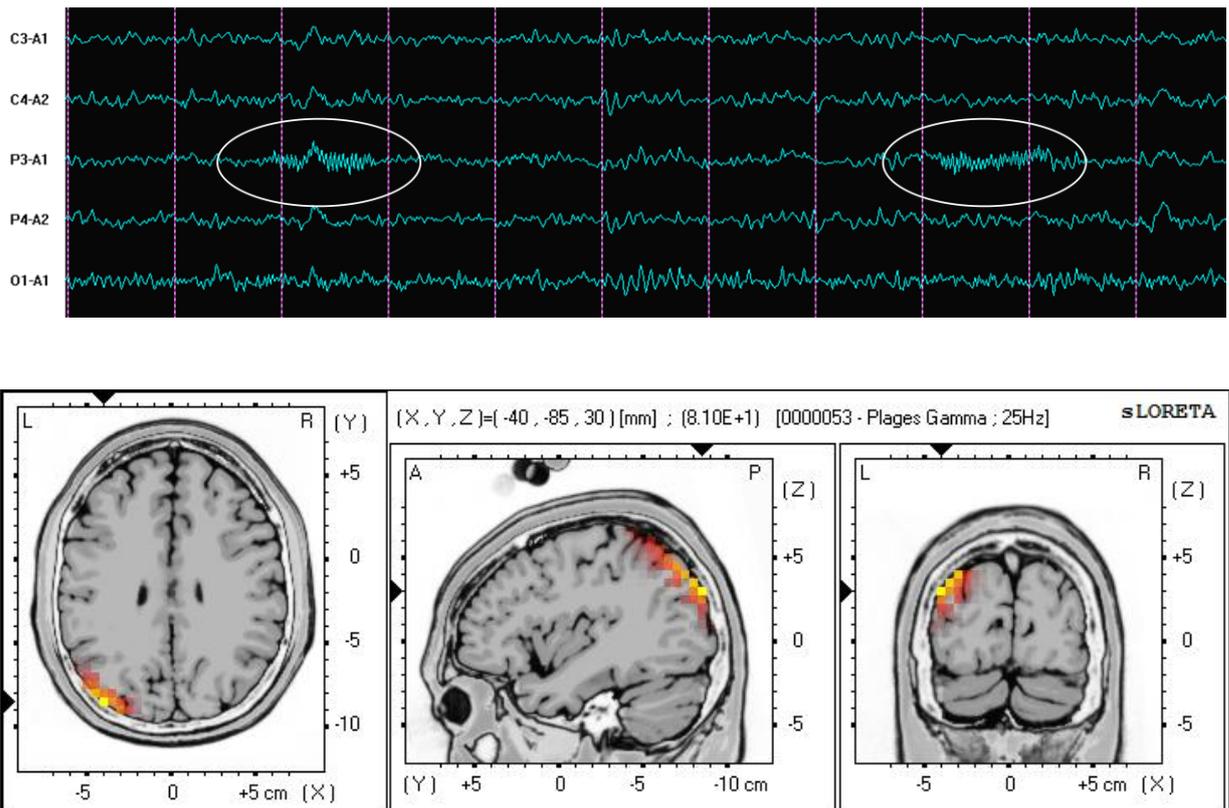
On constate chez le sujet sain une activité prépondérante en zone pariétale, tandis que ce site se situe en zone cortico-cingulaire chez le patient cérébrolé. Dans les deux cas, on constate néanmoins un déplacement de l'activité depuis la zone préfrontale (asymétrique chez le patient) vers les zones médio-pariétales lors de la phase de méditation passive. Notons qu'une activation du cortex cingulaire antérieur en état de méditation a déjà été signalée dans la littérature (Lutz, 2004). De même, il a été constaté une activité prépondérante du cortex pariétal chez les méditants entraînés, cette activation correspondant à un effort d'orientation de l'attention (évitement des pensées et stimuli distracteurs)<sup>21</sup>.

<sup>21</sup> Lutz et al. (2009). Mental training enhances attentional stability: neural and behavioral evidence, *J. Neurosciences* vol. 29 (42), 13418-27.

## Phénomène gamma

Chez le sujet sain seulement, et lors d'une seule séance de méditation, nous avons pu observer une « bouffée » d'ondes gamma intermittente de fréquence 25 à 33 Hz, en zone pariétale gauche. Chacune de ces bouffées dure environ 1 seconde, et chaque bouffée est espacée de la précédente de 5 à 10 secondes. Le phénomène se poursuit sur plusieurs minutes.

Nous signalons ce phénomène en raison, d'une part, de sa faible probabilité d'apparition et de son aspect paradoxal que nous avons déjà discuté, et d'autre part par sa relation avec le phénomène déjà décrit par Lutz et coll. en 2004. A la différence de cette dernière étude, néanmoins, nous n'avons pas pu noter de synchronisation gamma entre plusieurs zones corticales. L'analyse des bouffées gamma nous a permis de localiser leur zone d'émission dans la région pariéto-occipitale gauche.



## 7.5 Aspects cliniques

A l'issue de la dernière séance de méditation, Mr G. remplit le questionnaire FMI (Freiburg Mindfulness Inventory) dans sa version originale anglaise (voir annexe 2). Cet inventaire permet d'estimer le niveau de « pleine conscience » dans le cadre d'une pratique de méditation. La période considérée couvre les 30 derniers jours. Le score de Mr G. s'établit à 40. A titre de comparaison, le sujet témoin obtient 37 à la même échelle. On peut donc considérer que notre patient estime sa pleine conscience à un niveau assez optimal (de façon purement subjective, naturellement). L'expérience méditative subjective est donc semblable entre nos deux sujets, ce qui rend d'autant plus pertinente la comparaison des effets tant physiologiques que psychologiques de la méditation.

Le vécu subjectif évolue également au cours des séances, le patient notant une plus grande facilité à rester en phase passive de l'expérience au fur et à mesure des séances. En-dehors des séances, il note une amélioration de sa capacité à réguler son humeur. On ne note plus d'apparition d'épisodes dépressifs, mais ces épisodes n'étaient pas apparus depuis plusieurs semaines avant le début de l'expérimentation.

Le patient était déjà habitué à une forme active de méditation à travers sa pratique de l'aïkido, notamment par la pratique de l'imagerie mentale et du contrôle respiratoire. Il n'en reste pas moins que la méditation telle que nous l'avons pratiquée était pour lui une expérience nouvelle, qu'il a jugée très positive, avec des effets ressentis au quotidien tels qu'une meilleure régulation de l'humeur et un meilleur optimisme. Il reste naturellement à juger de l'effet à long terme que nous n'avons pu apprécier lors de cette trop courte étude.

## **8. Discussion**

Nous avons pu mettre en œuvre un protocole complet de méditation thérapeutique auprès d'un patient cérébrolésé au cours d'un nombre significatif de séances, avec contrôle physiologique par EEG. Disposant par ailleurs du même protocole effectué sur un sujet contrôle, nous avons pu aboutir à des conclusions sur les différences interindividuelles chez ces deux sujets. A notre connaissance une telle étude n'avait pas encore été menée.

Nous pouvons relever deux limites notables :

1. Le faible nombre de participants. Nous reconnaissons volontiers que notre étude est essentiellement clinique et de nature exploratoire. Elle peut néanmoins donner des pistes de réflexion pour des études plus systématiques impliquant un grand nombre de participants.
2. Le dispositif technique utilisé (système EEG au standard 10-20) ne permet pas d'obtenir des résultats très précis. En effet, la localisation des sources EEG gagnerait en précision par l'utilisation d'un système à 32 canaux ou plus. Notons néanmoins qu'en théorie 3 électrodes suffisent pour localiser approximativement la source. 16 canaux nous semblent ainsi un nombre raisonnable, au moins pour une localisation « à grosses mailles ». Par ailleurs, l'essentiel de nos mesures portait sur l'aspect quantitatif des différentes ondes EEG qui, lui, se satisfait d'un nombre limité de canaux.

## **9. Conclusion**

Au vu de ces résultats, nous pouvons dire que l'activité EEG que nous avons relevée diffère notablement entre la condition de base, que l'on peut assimiler à de la simple relaxation, et la condition de méditation. Il y aurait donc bien une activité spécifique dans l'un et l'autre cas, nous permettant d'avancer que « méditer » n'est pas « se relaxer », en tout cas pas seulement.

Par ailleurs, des phénomènes statistiquement significatifs se retrouvent à la fois chez le méditant entraîné et le néophyte, cérébrolésé de surcroît : diminution globale de l'amplitude EEG, accroissement de l'activité alpha centrée sur une gamme de fréquence très précise, déplacement de l'activité dominante du cortex préfrontal vers les zones médio-postérieures de l'encéphale (cortex pariétal et cingulaire).

Une lésion cérébrale, associée à des déficits à la fois neurologiques et thymiques comme chez notre patient, n'est donc pas une contraindication à la méditation. Au contraire, puisque Mr G. a décrit les effets positifs qu'il a pu en retirer. De surcroît les phénomènes neurophysiologiques semblables peuvent laisser envisager des effets psychologiques similaires.

Les résultats sur l'équilibre psycho-thymique peuvent être jugés positifs. Chez le sujet contrôle, adepte de la méditation de longue date, ces effets ont pu être notés depuis longtemps tandis que, chez le patient, ils peuvent être considérés comme le résultat de cette expérimentation (poursuivie sur environ deux mois) et revêtent un caractère provisoire, qu'il conviendrait de confirmer en prolongeant la pratique méditative sur un plus long laps de temps, et de façon régulière (quotidienne).

Il peut sembler paradoxal (mais peut-être pas si étonnant) que notre patient, qui a tant de mal à ressentir consciemment des émotions, active aux cours des séances de méditation son aire cingulaire réputée correspondre au ressenti et à l'expression émotionnelle. La méditation agirait-elle aussi comme une sorte de catharsis émotionnelle ? Ce n'est pas impossible si nous nous référons à la tradition bouddhiste qui associe au cours des mêmes exercices une phase de visualisation centrée sur l'émotion compassionnelle et une phase de concentration sans objet afin de cultiver l'équanimité et l'égalité d'humeur, ne serait-ce que pour contrebalancer l'afflux des ressentis émotionnels et permettre à la « claire lumière » de l'esprit d'apparaître.

Quelle peut être la place des méthodes « non verbales », comme la méditation de pleine conscience, dans le cadre plus général des psychothérapies ? « Mettre en mots » une souffrance reste bien sûr un élément indispensable de tout travail psychothérapeutique de fond. Néanmoins, les évidences s'accroissent aujourd'hui pour accorder une place non moins indispensable à la redécouverte de ce que nous appellerons le « corps émotionnel ». La méditation de pleine conscience propose au patient de se focaliser sur ses ressentis, en faisant « taire » ses ruminations mentales, ou au moins en les considérant pour ce qu'elles sont, sans plus y prendre part, et sans confondre « le penseur » et ses pensées.

Mais ce « corps émotionnel » n'est pas qu'absence de pensée, car alors on pourrait le confondre avec une sorte de coma ou d'état confusionnel ; il est aussi émergence de la part fondamentale, archaïque de l'être psychique qui est présent dès notre naissance et dont l'expression semble s'estomper à l'âge adulte, quand les facultés analytiques acquises prennent le dessus sur le ressenti. Il peut être considéré comme un médiateur entre l'émotion et la pensée, le soma et la psyché. Par son biais, nombre de conflits peuvent trouver une solution acceptable dans le cas, si fréquent, où les mots sont précisément à l'origine de ces contradictions. Le recentrage sur le corps, le ressenti et l'émotion permet dans ce cas de dépasser ce qui semblait insurmontable.

Ressenti et émotion, naturellement, doivent être contrôlés, car il ne s'agit pas de se perdre en elles comme on se perdait dans la rumination mentale, et de tomber ainsi de Charybde en Scylla. C'est tout le rôle du thérapeute de guider son patient, en sécurité, dans cette zone si largement inexplorée dans notre culture moderne. L'état méditatif, en invitant au détachement par l'observation de ses états mentaux, permet justement d'atteindre l'équanimité et le recul, autrement dit *l'insight* qui est le préalable à tout changement positif de ses paradigmes psychologiques.

Nous croyons avoir montré dans cette étude que la méditation est une technique facile à mettre en œuvre, permettant de cibler une problématique précise, et dont l'action est spécifique et se distingue d'autres approches psychocorporelles comme la « simple » relaxation. Loin d'être exclusive, elle peut constituer un utile complément aux approches psychothérapeutiques traditionnelles.

## 10. Références bibliographiques

### 10.1 Méditation thérapeutique

- Carmody J, Baer R.A. (2008). Relationships between mindfulness practice and levels of mindfulness, medical and psychological symptoms and well-being in a mindfulness-based stress reduction program. *Journal of Behavioral Medicine*, n°31 (1), pp.23-33.
- Hanson R. (2011). *Le cerveau de Bouddha*. Paris : les Arènes.
- Kabat-Zinn J., Lipworth L., Burney R. (1985). The clinical use of mindfulness meditation for the self-regulation of chronic pain, *Journal of behavioral medicine*, vol. 8, n°2, 163-190.
- Kabat-Zinn J., Massion A.O., Kristeller J. et al. (1992). Effectiveness of a meditation-based stress reduction program in the treatment of anxiety disorders. *American Journal of Psychiatry* n°149 (7), pp. 936-943.
- Ludwig D.S., Kabat-Zinn J. (2008). Mindfulness in medicine. *Journal of the American Medical Association*, vol. 300 (11), pp. 1350-1352.
- Lutz A. et al. (2009). Mental training enhances attentional stability: neural and behavioral evidence, *Journal of Neuroscience*, vol. 29(42), 13418-27.
- Ramel W. et coll. (2004). The Effects of Mindfulness Meditation on Cognitive Processes and Affect in Patients With Past Depression. *Cognitive Therapy and Research*, Vol. 28, No. 4, August 2004 (C 2004), pp. 433–455.
- Roemer L. et coll. (2009). Mindfulness and emotion regulation difficulties in generalized anxiety disorder: preliminary for independent and overlapping contributions. *Behavior Therapy* n°40, pp. 142-154.
- Segal Z. et coll. (2006). *La thérapie cognitive basée sur la pleine conscience pour la dépression*. Bruxelles : De Boeck.
- Teasdale, John D.; Segal, Zindel V. et coll. (2000). Prevention of relapse/recurrence in major depression by mindfulness-based cognitive therapy, *Journal of Consulting and Clinical Psychology*, Vol 68(4), Aug 2000, 615-623
- Williams M., Teasdale J., Zindel S., Kabat-Zinn J. (2009). *Méditer pour ne plus déprimer*. Paris : Odile Jacob.

## 10.2 Méditation et Neurophysiologie

- Aftanas L.I., Golocheikine S.A. (2001). Human anterior and frontal midline theta and lower alpha reflect emotionally positive state and internalized attention: high-resolution EEG investigation of meditation. *Neuroscience letter*, 310(1): 57-60.
- Banquet J.P. (1973). Spectral analysis of the EEG in meditation. *Electroencephalography and clinical Neurophysiology* vol.35, 143-151.
- Canteros, J. L., Atienza, M., Stickgold, R., & Hobson, J. A. (2002). Nightcap: A reliable system for determining sleep-onset latency. *Sleep*, 25, 238–245.
- Chang K.M., Lo P.C. (2005). Meditation EEG interpretation based on novel fuzzy-merging strategies and wavelet features. *Biomedical Engineering Applications, Basis & Communications* vol.17, 167-175.
- Davidson R.J. et coll. (2003). Alterations in brain and immune function produced by mindfulness meditation. *Psychosomatic Medicine* 65, 564-570.
- Delmonte, M. M. (1984). Electrocortical activity and related phenomenon associated with meditation practice: A literature review. *International Journal of Neuroscience*, 24, 217–231.
- Hasenkamp W. et al. (2012). Mind wandering and attention during focused meditation: a fine-grained temporal analysis of fluctuating cognitive states, *Neuroimage*, vol.59(1), 750-760.
- Jacobs G.D., Friedman R. (2004). EEG Spectral Analysis of Relaxation Techniques. *Applied Psychophysiology and Biofeedback*, Vol. 29, No. 4, 245-254.
- Jacobs, G. D., & Lubar, J. F. (1989). Spectral analysis of the central nervous system effects of the relaxation response elicited by autogenic training. *Behavioral Medicine*, 15, 125–132.
- Lazar S.W. et al. (2000). Functional brain mapping of the relaxation response and meditation. *Neuroreport* vol. 11 No 7, 1581-1585.
- Lo P.C., Huang M.L., Chang K.M. (2003). EEG Alpha blocking correlated with perception of inner light during Zen meditation. *American Journal of Chinese Medicine*, 31(4), 629-642.
- Luders E. et al. (2012). The Unique Brain Anatomy of Meditation Practitioners: Alterations in Cortical Gyrfication, *Front Hum Neurosci.*; 6: 34.

- Lutz A., Greischar L.L., Rawlings N.B., Ricard M., Davidson R.J. (2004). Long-term meditators self-induce high-amplitude gamma synchrony during mental practice. *Proceedings of the National Academy of Sciences USA* 101 (46) 16369-16373.
- Lutz et al. (2009). Mental training enhances attentional stability: neural and behavioral evidence, *J. Neurosciences* vol. 29 (42), 13418-27.
- Stigsby B., Rodenburg J. C., & Moth, H. B. (1981). EEG findings during mantra meditation: A controlled, qualitative study of experienced meditators. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, 5, 434–442.
- Urgesi M. et al. (2010). The Spiritual Brain: Selective Cortical Lesions Modulate Human Self-Transcendence. *Neuron*, vol.65-3, 309-319.
- Vion-Dury J., Blanquet F. (2008). *Pratique de l'EEG*. Paris : Masson.
- West M.A. (1980). Meditation and the EEG. *Psychological Medicine*, 10, 369-375.