

Neurosciences et bouddhisme

Trinh Dinh Hy

Le cerveau humain est probablement l'objet le plus complexe, le plus subtil, le plus extraordinaire qui puisse exister dans la nature. C'est aussi l'organe le plus élaboré, le plus abouti dans l'évolution des espèces. Pour l'instant seulement, car comme pour l'espèce humaine, rien ne nous dit qu'il dominera encore le monde dans quelques millions d'années...

Le lien secret qui le relie à l'esprit, qui existe entre le corps et l'esprit, appelé le «*noeud du monde*» par Schopenhauer, a toujours fasciné les hommes et demeure entouré d'un voile de mystère.

L'étude de l'esprit, la psyché, a débuté dès l'Antiquité lorsque la *psychologie* se fut détachée de la philosophie. Ce n'est qu'au XVI^e s. qu'est apparue la *neurologie* avec les premières descriptions anatomiques du cerveau par Vésale, et à la fin du XVIII^e s., la *psychiatrie*, avec la libération des aliénés de leurs chaînes et la classification des maladies mentales par Pinel.

Enfin, les véritables sciences du cerveau, les *neurosciences*, n'ont pris leur essor que depuis quelques dizaines d'années, grâce à la progression fulgurante de l'imagerie médicale et des explorations fonctionnelles. Le cerveau vivant n'est plus cette «boîte noire» fermée et inaccessible, mais un organe dont on peut observer et mesurer le fonctionnement.

Les neurosciences seraient-elles en passe de devenir les «sciences du XXI^e siècle»? Écoutons deux des esprits scientifiques les plus éminents de notre époque.

Pour François Jacob, prix Nobel de médecine en 1965, «*Nous sommes un redoutable mélange d'acides nucléiques et de souvenirs, de désirs et de protéines. Le siècle qui se termine s'est beaucoup occupé d'acides nucléiques et de protéines. Le suivant va se concentrer sur les souvenirs et les désirs. Saura-t-il résoudre de telles questions?*»

Francis Crick, prix Nobel de médecine en 1962, est encore plus catégorique: «*Le XX^e siècle est le siècle de la génétique. Le XXI^e siècle sera celui des neurosciences*». C'est ainsi que celui qui a introduit une véritable révolution scientifique en découvrant le code génétique à travers la structure de l'ADN, a changé l'orientation de ses recherches et consacré les 30 dernières années de sa vie à l'étude neurobiologique de la conscience.

Bien sûr, nous ne sommes qu'aux balbutiements, qu'au tout début d'une grande aventure. Comme le dit Crick, «*les sciences du cerveau ont encore un très long chemin à faire. Mais la fascination du sujet et l'importance des réponses les porteront inévitablement de l'avant. Il est essentiel de comprendre nos cerveaux de façon assez détaillée, si nous voulons évaluer correctement notre place dans cet univers immense et complexe qui nous entoure*».

Dès lors, comment faut-il comprendre la déclaration attribuée à André Malraux «*Le XXI^e siècle sera spirituel ou ne sera pas?*»

Dans le sens d'un retour à la spiritualité classique, c'est-à-dire aux religions traditionnelles, ou dans le sens de l'émergence d'une spiritualité séculière, comme l'entend le Dalai Lama?

Personnellement, je serais enclin à penser que l'un et l'autre partagent la même vision: le XXI^e siècle sera celui où *l'esprit*, au sens large, occupera une place centrale dans les préoccupations humaines.

Le rapprochement des neurosciences et du bouddhisme a commencé en 1987, avec la création de l'Institut *Mind and Life* (Esprit et Vie), sous l'impulsion d'Adam Engle, avocat et entrepreneur américain et de Francisco Varela, chercheur en sciences cognitives franco-chilien, lui-même pratiquant bouddhiste de longue date.

Le but de départ était d’instaurer un dialogue, de construire des « passerelles » entre les neurosciences et la spiritualité bouddhique. Puis l’expérience s’est montrée tellement passionnante et enrichissante, que chaque année des spécialistes en neurosciences, en psychologie, en philosophie, continuent à se réunir autour du Dalai Lama, tantôt à Dharamsala, tantôt aux Etats-Unis, pour discuter des sujets aussi divers que les relations entre les fonctions mentales et la spiritualité, la méditation et l’éthique sociale.

Lors de la première conférence en 1987, le Dalai Lama ouvrit le débat en ces termes: «*Tout d’abord, faites des investigations sur les effets positifs de la méditation. Si vous la trouvez couronnée de succès, veuillez l’enseigner à votre société de manière purement séculière, afin que tout le monde puisse en bénéficier*».

Il ajouta encore: «*Il ne s’agit pas d’une affaire de foi et de croyance, mais plutôt d’une préoccupation éthique et morale. Il est de notre responsabilité d’être humain d’utiliser notre intelligence pour comprendre la nature et le fonctionnement de notre esprit*».

C’est dans cet esprit que des pratiquants religieux et laïcs de la méditation ont collaboré à des expériences neuroscientifiques menées dans des laboratoires hautement spécialisées, avec des résultats encore parcellaires mais prometteurs.

Dans cet exposé, je vous propose tout d’abord de préciser ce que sont les neurosciences, puis de passer en revue quelques données fondamentales et récentes sur le fonctionnement cérébral. Ensuite, nous verrons quels sont les points de rencontre et les divergences entre neurosciences et bouddhisme. Enfin les résultats des études récentes sur la méditation, et les perspectives d’avenir.

Qu’est-ce que les neurosciences?

Théoriquement, «*neurosciences*» signifient sciences du système nerveux, comprenant toutes les sciences ayant trait au système nerveux. Dans ce sens, elles englobent aujourd’hui des disciplines très diverses et spécialisées comme: la neuroanatomie, la neurobiochimie, la neurophysiologie, la neuroendocrinologie, les neurosciences cellulaires, les neurosciences moléculaires, etc.

En pratique courante, c’est le terme abrégé des «*neurosciences cognitives*», apparu à la fin des années 1970 aux USA, marquant la fusion de deux disciplines, la *neurobiologie* et la *psychologie*, dans le but de comprendre directement le fonctionnement du cerveau et de l’esprit par des méthodes scientifiques (physique, chimie, etc.).

Auparavant, le mouvement des «*sciences cognitives*» est né à la fin des années 1950, à l’encontre du mouvement de «*psychologie béhavioriste*», appartenant à la «*psychologie expérimentale*», laquelle régnait en maître depuis la fin du XIX^e siècle, et affirmait que tous les processus psychologiques complexes pouvaient être mesurés par l’expérimentation et l’observation comportementale.

Dans les années 1960, une nouvelle discipline vit le jour, la «*neuropsychologie*», se distinguant seulement des neurosciences par son accent sur le pathologique.

Pour se différencier des neurosciences cognitives, plutôt portées sur la connaissance, une nouvelle branche a été plus récemment créée, les «*neurosciences affectives*», ayant pour objet l’affectivité, les émotions.

Quelques données fondamentales et récentes en neurosciences

1) Tout d’abord, il faut insister sur le fait que le développement du système nerveux, chez tous les animaux, est le résultat d’un programme génétique.

Pendant toute la période du développement embryonnaire, le génome contrôle la croissance et la multiplication cellulaires, détermine l’emplacement, la taille, la forme des organes, et particulièrement dans le cerveau, les connexions entre les zones cérébrales.

L’organisation d’ensemble du corps, la disposition des organes dans un ordre bien défini se fait sous l’influence des *gènes architectes Hox*, communs à tous les vertébrés, alors

que la formation du cerveau est contrôlée par les *gènes de développement*, notamment le volume relatif des 4 vésicules primitives.

Ceci explique à la fois une certaine unité dans l'organisation d'ensemble du système nerveux et de grandes différences neuro-anatomiques entre les espèces animales, alors que à l'intérieur d'une même espèce, tous les cerveaux sont organisés de la même façon.

2) Le deuxième point important est que chez l'homme, le cerveau à la naissance n'est pas encore mature et continue à se développer fortement, avec l'influence de plus en plus forte de l'environnement, de la famille et de la société. Ainsi, le poids du cerveau d'un enfant a en 3 ans quasiment atteint le poids d'un cerveau adulte, par l'accroissement non pas du nombre de neurones (qui diminue plutôt), mais de leurs connexions devenues de plus en plus buissonnantes.

3) Le cerveau humain se distingue très nettement de celui des animaux :

- par son poids et son volume, les plus élevés parmi les animaux (par rapport au poids corporel).

- le cortex (couche superficielle du cerveau) est la partie la plus développée, particulièrement le lobe frontal, qui occupe le 1/3 du cortex, surtout la zone préfrontale.

L'accroissement du cerveau se fait dans l'ordre de l'évolution des espèces: poissons, reptiles, oiseaux, mammifères inférieurs, supérieurs, primates, homme. Même parmi les hominiens, l'accroissement du cerveau se poursuit, de 500 cm³ chez les Australopithèques, à 1000 cm³ chez l'Homo erectus, et 1500 cm³ chez l'Homo sapiens, c-à-d l'homme moderne.

Le cortex préfrontal, qui n'occupe que 3,5% du cortex total chez le chat, 11,5% chez le singe Rhésus, 17% chez le chimpanzé, atteint 29% chez l'homme.

C'est donc le lobe frontal, et plus particulièrement la région préfrontale, qui caractérise l'homme, qui fait en quelque sorte l'humanité en nous.

4) L'unité fondamentale du cerveau est le neurone. Cette découverte cruciale, faite par Purkinje puis développée par Ramon Y Cajal, prix Nobel de médecine en 1906, a été le véritable point de départ des sciences du cerveau.

Le cerveau humain compte environ 100 milliards de neurones, organisés de façon très étroite en réseaux de neurones, se communiquant par des signaux électro-chimiques au niveau des synapses.

Chez les animaux, le nombre de neurones augmente considérablement au fur et à mesure de l'évolution des espèces: de 300 chez le ver *C. elegans*, 20000 chez l'aplysie (limace de mer), 250000 chez la mouche, 850000 chez l'abeille, il atteint 40 M chez la souris, et 200 milliards chez l'éléphant et la baleine (mais rapporté au poids du corps, ces deux derniers en ont beaucoup moins que l'homme).

5) Ce sont les synapses qui jouent un rôle essentiel dans le fonctionnement cérébral

Les synapses sont des zones de contact entre les terminaisons des neurones (dendrites, axones), à travers lesquelles chemine l'influx nerveux. Celui-ci, sous forme de potentiel d'action, provoque l'ouverture de canaux ioniques qui libèrent dans l'espace synaptique des vésicules contenant des neuro-transmetteurs. Ceux-ci agissent au niveau des récepteurs spécifiques, en produisant un nouveau potentiel d'action, et ainsi de suite. L'action d'une synapse est le plus souvent stimulatrice, mais peut être aussi inhibitrice, et l'effet de la transmission nerveuse est la résultante des toutes les actions synaptiques sur le corps cellulaire.

Chaque neurone humain a de 1000 à 10000 synapses, ce qui fait qu'au total le cerveau humain possède plus d'1 million de milliards de synapses ! Soit 10 puissance 12 connexions.

L'aspect dynamique est aussi important: les synapses ont un potentiel de changement continu, dans le sens de la multiplication ou de la disparition. Ce changement entraîne des modifications de connexion entre les réseaux de neurones, avec comme règle le fait que les

réseaux de neurones qui fonctionnent régulièrement continuent à se développer, alors que ceux qui ne sont plus utilisés s'éteignent. C'est le sens de la formule «*use it or lose it*» (utilisez-le ou perdez-le), une sorte de Darwinisme neuronal.

Ces modifications synaptiques rendent compte de l'une des propriétés les plus remarquables du système nerveux: la *neuroplasticité*. Cette neuroplasticité, sur laquelle on insiste particulièrement aujourd'hui, explique la formidable capacité d'adaptation du cerveau, par exemple la récupération fonctionnelle après un accident vasculaire cérébral, ou bien les effets d'un entraînement mental soutenu.

Pour résumer, on peut dire que chaque personne est née avec un cerveau organisé de façon identique aux autres, déterminé de façon extrêmement précise par son génome, mais dès sa naissance a commencé à avoir des connexions, des synapses différentes, dues à des activités cérébrales différentes, liées à de multiples interactions avec le monde environnant (facteurs appelés épigénétiques).

Nous sommes tous faits de la même façon et en même temps chacun est un individu particulier, avec un cerveau unique.

Un cerveau défini par ses synapses, comme le conclut le neurobiologiste canadien Joseph Ledoux à la fin de son livre, *Synaptic Self*: «*Vous êtes ce que sont vos synapses*».

6) A l'échelon moléculaire, il faut insister sur le rôle déterminant et complexe des neuro-transmetteurs, des neuro-modulateurs et des hormones.

Les neuro-transmetteurs sont des molécules chimiques comme l'acétylcholine, l'adrénaline, la noradrénaline, la dopamine, la sérotonine, le glutamate, le GABA, les endorphines, etc., qui sécrétées par des neurones spécifiques, sont véhiculées jusqu'à des régions cérébrales précises, pour agir au niveau des synapses chacune au niveau de son récepteur spécifique.

Noradrénaline, endorphines, endocannabinoïdes et surtout dopamine, jouent un rôle important dans la récompense et le plaisir. La sérotonine exerce une influence décisive dans la régulation de l'humeur, dans la dépression, l'anxiété, la boulimie et la violence. A l'opposé du système augmentant le plaisir se trouve un système causant le déplaisir, les deux se contrôlant réciproquement, jusqu'à un certain équilibre.

Le système nerveux joue également un rôle majeur dans la régulation de la sécrétion hormonale, par l'intermédiaire de noyaux hypothalamiques et de l'hypophyse. En retour, ces hormones-mêmes exercent une influence sur le fonctionnement du cerveau, dans la régulation d'un certain nombre de fonctions vitales et d'émotions.

7) Faisons maintenant un point rapide au sujet des méthodes d'exploration cérébrale actuellement utilisées en neurosciences.

Depuis les années 1980 et surtout 90, les méthodes d'exploration cérébrale sur le vivant a fait d'immenses progrès, conduisant à une véritable révolution dans la compréhension du fonctionnement cérébral, notamment au niveau des fonctions supérieures. On peut distinguer 2 types d'exploration :

- *La mesure du débit sanguin local* par le PET-scan (tomographie par émission de positons) et le MRI-f (imagerie par résonance magnétique fonctionnelle). Plus le débit sanguin local d'une région cérébrale est élevé, plus l'activité de cette région est intense.

- *La mesure du champ électrique* par EEG (électroencéphalogramme) ou du *champ magnétique* par MEG (magnétoencéphalogramme), émis par l'activité des réseaux de neurones. Ou bien la mesure du ERP (potentiel évoqué) déclenché par une stimulation ou une action.

Les avantages et inconvénients de ces méthodes sont :

- PET-scan : pouvoir de résolution faible (4-8 mm), temps de mesure assez long (1 mn – 1 mn ½), impossibilité de répéter l'examen (injection corporelle d'un produit radio-actif).

- MRI-f : pouvoir de résolution élevé (1 mm), proportionnel à la puissance de l'aimant, temps de mesure court (1 sec), mais encore trop long par rapport à l'activité neuronale.

- EEG : pouvoir de résolution très faible, signal très rapide par rapport à l'activité neuronale (quelques dizaines de ms). Pour augmenter le pouvoir de résolution, il faut augmenter le nombre d'électrodes (124 ou 256 au lieu des 32 habituels) et utiliser un logiciel «localisateur de source», permettant une étude de zones plus profondes du cerveau.

Ces études sont habituellement réalisées dans un petit nombre de laboratoires hyperspécialisés, bien équipés, en associant plusieurs méthodes en même temps.

L'exploitation et l'interprétation des données sont loin d'être simples, car de multiples régions cérébrales entrent souvent en activité en même temps. Chaque réseau fonctionnel comprend plusieurs régions cérébrales, et chaque région cérébrale peut être utilisée dans plusieurs réseaux différents.

8) Les émotions, une fonction essentielle et souvent oubliée du cerveau

Parmi les activités cérébrales, les émotions jouent un rôle important, car elles exercent une influence globale sur le fonctionnement du cerveau. Leur influence est souvent déterminante, parfois prédominante sur la raison dans la vie quotidienne.

Sans émotions, il n'y aurait pas de joie ni d'amour, pas de motivation dans l'action, pas de création, pas de poésie, et l'homme ne serait pas vraiment humain... Si l'homme est différent de l'ordinateur, du robot, c'est justement à cause de ses émotions. On peut programmer un robot à manifester des émotions, à pleurer, à rire, à aimer, à haïr, à bouder... mais ce ne sont pas de vraies émotions, ressenties par un être humain. Actuellement, grâce aux prouesses chirurgicales, on peut remplacer de nombreux organes du corps par des organes artificiels : prothèses dentaire, mammaire, de hanche, de genou, prothèses vasculaires, implant de cristallin, rein artificiel, coeur artificiel... mais sera-t-on capable un jour remplacer le cerveau par un cerveau artificiel, avec des émotions artificielles?

Mais évidemment, les émotions posent aussi problème, notamment lorsqu'elles deviennent négatives, destructrices, envahissantes ou incontrôlables.

Sur le plan anatomique, comme les autres fonctions supérieures, les émotions ne dépendent pas que d'une zone cérébrale, mais de plusieurs zones, interagissant ensemble de façon coordonnée.

Les zones corticales les plus souvent activées sont: le cortex préfrontal, en particulier dans la zone ventro-médiane, le gyrus cingulaire antérieur et postérieur, le lobe insulaire, l'hypothalamus, le mésencéphale et le pont.

Deux autres structures jouent un rôle important dans les émotions:

1) l'*amygdale*, noyau en forme d'amande, situé profondément à la partie inférieure des lobes temporaux, dont le rôle est essentiel dans les émotions négatives, notamment la peur.

2) l'*hippocampe*, structure allongée située juste derrière l'amygdale, liée à la mémorisation, permettant de reconnaître le contexte où se produit l'émotion. Des anomalies de l'hippocampe peuvent entraîner des troubles émotionnels, notamment la dépression et le stress post-traumatique. On a observé dans de tels cas une atrophie de l'hippocampe, que l'on peut prévenir par l'administration de médicaments anti-dépresseurs.

Ces structures, ainsi que le gyrus cingulaire, appartiennent au *circuit limbique*, dont le rôle est important dans les émotions (Figure 2).

Parmi les émotions, on distingue des émotions *primordiales* (terme utilisé par Derek Denton) ou basiques, d'origine très ancienne et présentes chez tous les animaux. Ce sont la soif, la faim, le manque de sel, de respiration, le besoin d'uriner, de déféquer, les besoins sexuels en vue de la reproduction... Ces émotions, gérées par des centres situés en profondeur dans le cerveau (le «cerveau reptilien» suivant la théorie de Mc Lean), visent à créer une réaction adaptée pour la survie de l'individu et de l'espèce.

Chez l'animal, la peur causée par la vue, le bruit, ou l'odeur d'une menace, produit très rapidement une réaction d'auto-défense par l'une des deux façons: «combattre ou fuir» (*fight or flight*). Chose remarquable, le cerveau a été entraîné à réagir en une fraction de seconde (décisive pour sa survie), avant même qu'il ait identifié de façon précise la nature de la menace. Supposons qu'un singe aperçoit un serpent. L'image du serpent sur la rétine est

transmise par influx nerveux directement au thalamus et à l'amygdale puis aux fibres motrices, d'où la réaction immédiate de saut en arrière du singe, avant que cette image arrive au cortex occipital puis au cortex associatif permettent de reconnaître le serpent. C'est à la *voie courte, rapide* que le singe doit la vie, et non pas la *voie longue, lente* qui lui permettra après coup d'identifier la menace.

Ceci explique également pourquoi il nous arrive souvent d'avoir des manifestations émotives (par exemple le cœur qui bat plus vite et fort, la respiration plus courte, les sueurs, les larmes qui coulent, les douleurs au ventre), dues à la stimulation du système neuro-végétatif, avant d'avoir une conscience précise de nos émotions (William James).

Ainsi, vue sous l'angle neuroscientifique, une émotion dite «négative» peut être en réalité un facteur positif, dans la mesure où elle vise à sauvegarder la vie de l'individu, lorsqu'elle est adaptée au contexte. Ce n'est que lorsque l'émotion n'est plus adaptée au contexte, qu'elle devient vraiment «négative». C'est le cas par exemple de la phobie, la peur obsessionnelle sans raison, inadaptée au contexte, et qui peut être due à une anomalie, un trouble fonctionnel de l'hippocampe.

Approfondissons maintenant le rôle du lobe frontal médian dans la régulation des émotions.

Anatomiquement, le lobe frontal peut être subdivisé en 2 parties (Figure 3): la partie postérieure qui comprend la zone motrice et la zone prémotrice; et la partie antérieure qui est la zone préfrontale; le gyrus cingulaire qui en fait aussi partie n'est visible qu'à la face interne.

La subdivision de la zone préfrontale est assez complexe (Figure 4). On retiendra essentiellement 2 zones: la zone polaire antérieure, située tout en avant, et la zone ventro-médiane à la partie médiane, située près de la ligne médiane du cerveau.

Le *pôle antérieur* du lobe frontal est important pour la fonction cognitive, notamment dans la planification et la fixation d'un but pour l'action. Dans l'ensemble, la motivation et la volonté dépendent de cette zone.

Le *cortex ventro-médian* de son côté, joue un rôle déterminant dans les émotions. Les lésions de cette zone entraînent des perturbations de la régulation des émotions, avec perte de contrôle des émotions, difficulté à exprimer les émotions ou incapacité à détecter les émotions chez autrui.

Alors que la stimulation des émotions est activée par l'amygdale, leur régulation est due au cortex préfrontal et à l'hippocampe. Ces deux rôles sont distincts, mais activés en même temps. Une émotion comme la peur est régulée par l'hippocampe concernant le contexte (par exemple l'émotion est différente devant un serpent se trouvant dans un buisson ou dans une cage en verre), et le cortex préfrontal ventro-médian sur son degré d'expression.

Le cortex préfrontal ventro-médian, qui est la zone ayant le plus de connexions avec l'amygdale, possède la fonction d'inhiber l'activité de l'amygdale. Celle-ci, qui est élevée en cas d'anxiété, est réduite chaque fois que l'activité du cortex ventro-médian augmente.

Du fait de la latéralisation du cerveau, le *cortex préfrontal gauche* est celui qui exerce l'action inhibitrice la plus nette sur l'amygdale, et joue un rôle important dans les émotions «positives», alors le côté droit influence fortement les émotions «négatives».

Une personne ayant une activité préfrontale gauche prédominante serait donc plus souvent joyeuse, optimiste, dynamique, alors que celle à forte activité préfrontale droite serait plus souvent triste, pessimiste, apathique. Alors, si vous avez à choisir votre moitié pour partager votre vie, choisissez-le (ou la), non pas sur l'horoscope, les lignes de la main, la calligraphie, ou des tests psychologiques, mais plutôt sur un EEG comparant les activités préfrontales!...

Comme on le constate dans la vie courante, chacun a son tempérament, son humeur : certains sont toujours gais, insoucians, optimistes, d'autres au contraire éternellement tristes, insatisfaits, pessimistes, d'autres encore instables émotionnellement. Chose remarquable, ces tempéraments ne se modifient guère avec les circonstances. Après un accident grave, ou la perte d'un être cher, certains s'en remettent rapidement au bout de quelques mois, alors que

d'autres continuent à se morfondre durant des années. L'hypothèse est donc que chacun est né avec un niveau biologique, un équilibre de tempérament, déterminé par les gènes, plus ou moins modifié par l'expérience.

La différence de réaction réside justement en la fonction dite de rétablissement, c'est-à-dire le délai nécessaire après l'émotion négative pour que l'état neuro-psychique revienne à la normale. Le retour le plus rapide à la normale s'observe chez les personnes dont les amygdales s'activent le moins, et le cortex préfrontal G s'active le plus. Ces personnes se révèlent aussi être les plus gaies, optimistes, dynamiques dans la vie courante, avec une grande capacité de régulation des émotions, comme refréner la peur ou la colère beaucoup plus facilement que les autres.

En outre, leur taux de cortisol dans le sang est beaucoup plus bas. A chaque stress, la sécrétion de cortisol est stimulée par le cerveau, mais son taux revient rapidement à la normale chez les personnes récupérant vite. Chez les personnes récupérant lentement, l'élévation prolongée de la cortisolémie peut entraîner la destruction des cellules de l'hippocampe. Ceci a été observé chez les personnes souffrant de stress post-traumatique ou de dépression. Heureusement, et ceci a été une découverte récente, les neurones de l'hippocampe sont aussi capables de se régénérer, de se multiplier même à un âge avancé, grâce à un traitement adapté.

En dernier lieu, les personnes ayant une grande capacité de rétablissement après des émotions négatives, le stress, ont aussi une fonction immuno-protectrice plus élevée, par exemple une meilleure efficacité des cellules immunocompétentes assurant la défense contre les agents infectieux venant de l'extérieur ou les cellules tumorales de son propre corps.

Ainsi, une bonne régulation des émotions peut être bénéfique à la santé de tout le corps.

L'attention a été aussi portée ces dernières années sur les relations entre les émotions et l'intelligence, notamment par Antonio Damasio, neurologue et Daniel Goleman, psychologue. On a découvert que le lobe frontal jouait un rôle majeur non seulement dans «l'intelligence cognitive» classique, mais également dans «l'intelligence émotionnelle». L'expérience montre que les émotions exercent une influence importante sur les fonctions cognitives de l'homme, et jouent parfois un rôle décisif dans ses choix, en suivant ce que l'on appelle aussi «l'intelligence du coeur». Désormais, ce n'est plus par le QI (quotient intellectuel) que se mesure la réussite d'un individu dans le travail ou dans la vie, mais par le QE (quotient émotionnel).

Le renard avait bien raison quand il conseillait au Petit Prince de Saint-Exupéry: «*On ne voit bien qu'avec le coeur. L'essentiel est invisible pour les yeux*».

9) Nous terminons le chapitre sur les neurosciences avec les «neurones miroirs».

Dans les années 1990, Giacomo Rizzolatti et ses collaborateurs à l'Université de Parme, ont découvert que lorsqu'on enregistre les activités de groupes de neurones du lobe frontal d'un singe, il apparaît les mêmes activités lorsque le singe regarde simplement effectuer une action (par exemple prendre une noisette) et lorsqu'il réalise lui-même cette action.

Cet effet «neurones miroirs» se retrouve aussi chez l'homme, en étudiant l'activité des zones cérébrales par IRM-f, pendant l'observation d'une action motrice ou d'une expression émotionnelle.

D'où la conclusion surprenante suivante: *observer une action, c'est déjà se préparer à faire cette action, et percevoir une émotion, c'est déjà ressentir cette émotion.*

Ce phénomène explique notre tendance à imiter les uns les autres dans la vie courante (nous sommes tous des singes, on pourrait dire...). Il explique l'instinct grégaire, la psychologie des foules, la contagion de la violence, l'impact des films violents sur les jeunes, etc. Il explique aussi la compréhension, la communion avec les émotions d'autrui, c'est-à-dire l'empathie, la compassion.

Les points de rencontre entre les neurosciences et le bouddhisme

Il paraît de prime abord illusoire de comparer les neurosciences et le bouddhisme, qui se situent sur des plans différents. Néanmoins, on peut essayer d'en dégager des points de rencontre, des points de convergence qui semblent plus nombreux que les divergences, du moins sur le plan théorique. Parmi les points de convergence, on peut citer les constatations suivantes:

1) Il est exceptionnel d'être né humain

Il est dit dans les Sutras bouddhiques: *«Il est difficile d'être né humain, difficile de recevoir l'enseignement du Bouddha»*. Dans le Sutra du Lotus, le Bouddha utilise la parabole de la tortue pour illustrer cette situation exceptionnelle: *« Imaginez un tronc d'arbre creux pourvu d'un petit trou, dérivant à la surface de l'océan. Au fond de l'océan se trouve une tortue aveugle qui ne remonte à la surface qu'une fois tous les cent ans. Alors, quand arrivera-t-elle, la tortue à passer la tête dans le trou? »* Il en est de même que de naître humain, aussi difficile et exceptionnel que cela, et il n'y a que l'homme qui a la capacité d'atteindre la sagesse (pañña) et de réaliser l'éveil (bodhi).

Pour la science aussi, chaque vie qui naît est un événement exceptionnel. Depuis la fusion d'un spermatozoïde (parmi des millions) et d'un ovule, donnant l'oeuf puis le l'embryon avec tous les stades de développement, jusqu'à donner naissance à un être humain, beaucoup d'épreuves ont dû être surmontées. C'est aussi le résultat de milliards d'années d'évolution, à travers d'innombrables générations transmettant et modifiant sans cesse les gènes.

Parmi les animaux, l'homme a la chance d'être né avec l'organe le plus extraordinaire du monde vivant qu'est le cerveau humain, un réseau géant fait de cent milliards de neurones, un million de milliards de synapses, sans cesse en activité, avec une plasticité et une capacité quasi-inépuisables.

2) Tout est relié, interconnecté

La pièce centrale de la vision bouddhiste du monde est la «production conditionnée» (paticca-samuppada), traduite par une sentence que l'on retrouve dans plusieurs sutras : *« Quand ceci existe, cela existe. Quand ceci n'existe pas, cela n'existe pas. Quand ceci naît, cela naît. Quand ceci disparaît, cela disparaît... »*. Cela veut dire aussi l'interdépendance, l'interaction, l'«inter-être» (suivant l'expression du Maître Zen Nhât Hanh) des choses.

Pour les sciences physiques comme les neurosciences, tout est relié, interconnecté. Le système nerveux est organisé comme un vaste réseau de cellules, noyaux, fibres, neurotransmetteurs, récepteurs, s'interagissant, s'influençant mutuellement, véhiculant des informations dans les deux sens, horizontal et vertical.

Ainsi, on pourrait dire que les sciences et le bouddhisme partagent la même vision *holistique* du monde.

3) Tous les êtres vivants sont proches les uns des autres

Dans le bouddhisme, la place prépondérante de l'amour universel (metta) et de la compassion (karuna) est née de l'intuition que l'homme, comme tous les êtres vivants, sont des êtres sensibles et proches les uns des autres. Il est dit ainsi dans le Sutra de la compassion: *«Comme une mère qui chérit son enfant unique et se sacrifie pour le protéger, ainsi doit-on témoigner de la bienveillance envers tous les êtres, avec un amour aussi grand que les océans et les montagnes»*; et dans le Sutra du Diamant: *«Concernant les innombrables êtres dans l'univers, qu'ils soient nés à partir d'oeufs, d'embryons, de l'humidité ou par réaction chimique, qu'ils soient visibles ou invisibles, qu'ils soient sensibles ou non sensibles, nous devons tous les conduire au Nirvana»*.

Les sciences ont démontré que dans le processus d'évolution sur la terre, depuis l'apparition de la première cellule vivante il y a 3 milliards et demi d'années, les gènes

communs au départ se sont modifiés, diversifiés, conduisant à l'apparition de nombreuses espèces animales, dont l'homme.

En regardant de plus près, on s'aperçoit que la différence génétique entre les animaux et l'homme n'est pas aussi importante qu'on le croyait: alors que le total des gènes chez les mammifères est d'environ 30000 gènes, l'homme partage avec la plupart des animaux plus de 98 % des gènes, 99 % en ne considérant que les singes supérieurs (chimpanzé, gorille), et il ne diffère de la souris que de 300 gènes...

Ainsi pourrait-on dire que l'homme et les animaux sont des cousins, des parents éloignés. Et c'est justement parce que l'homme est l'animal le plus intelligent, celui qui exerce le plus d'influence sur l'environnement, qu'il doit témoigner de plus de responsabilité envers les autres espèces et envers la terre, notre mère commune.

4) L'essentiel est dans le mental

Pour le bouddhisme, tout réside dans l'esprit, le mental.

Comme l'annonce le premier verset du Dhammapada: «*Les choses sont précédées par l'esprit (mano), dominées par l'esprit, constituées par l'esprit*».

Il est dit aussi dans le Lankavatara Sutra: «*Prendre le mental pour maître, prendre la porte de la vacuité pour entrer dans le Dharma*», et dans le Surangama Sutra: «*Le terrain du mental est à l'origine de toutes choses*».

D'après les neurosciences, la relation entre les animaux pourvu d'un système nerveux et le monde, leur survie-même, impliquent nécessairement une activité cérébrale. Celle-ci dirige l'ensemble de la vie physique, psychologique et sociale de l'homme. Et la fin de la vie, la mort, est définie par l'arrêt de fonctionnement définitif du cerveau, par la destruction de l'ensemble des neurones.

5) Tout change sans cesse

Pour le bouddhisme, tous les phénomènes sont *impermanents* (anicca), et se modifient sans cesse en quelques ksana (fraction de seconde).

Les neurosciences nous apprennent que l'activité cérébrale ne s'arrête jamais, même pendant le sommeil, et que le cerveau se modifie à chaque instant, avec des synapses qui poussent et d'autres qui disparaissent. Et c'est justement grâce à ces changements continus, que le cerveau dispose d'une grande plasticité et adaptabilité. Même les expressions des gènes peuvent se modifier avec le temps et l'expérience.

6) Le moi n'existe pas, il n'existe que l'illusion du moi

Pour le bouddhisme, le corollaire de la «production conditionnée» est que tous les phénomènes sont *sans-moi* (anatta), sans individualité propre, séparé. Le moi n'est qu'une illusion, un rassemblement provisoire et temporaire des 5 agrégats (khanda): la forme (rupa), les sensations (vedana), la perception (sañña), les volitions (sankhara), et la conscience (viññana).

D'après les neurosciences, les sensations, la perception, les volitions, les émotions, le langage, la mémoire, etc. naissent tous de l'activation de zones cérébrales différentes. Mais aucune zone ne peut prétendre être le siège unique de la conscience, ou du moi. Il n'y a aucun centre du cerveau que l'on puisse appeler le centre du moi.

7) L'appréhension du réel par l'homme est souvent erronée

Pour le bouddhisme, l'homme est souvent victime des *illusions*, des fausses vues dues à l'ignorance (avijja), qui rend trouble sa nature propre, lumineuse à l'origine. Tous les phénomènes sont illusoire, imaginaires, sans réalité propre et définie.

Comme le dit le Sutra du Coeur, «*La forme est la vacuité... de même les sensations, la perception, les volitions, et la conscience*».

Et le Sutra du Diamant, «*Tout ce qui a une forme n'est que fausseté et illusion*»... «*Ainsi doit-on considérer tous les phénomènes conditionnés: comme un rêve, un tour de magie, une bulle, une image, une goutte de rosée, un éclair*».

D'après les neurosciences, la perception du monde par l'homme est toujours une *illusion*, car toute information doit passer par les réseaux de neurones, et dépend de leur activité. Même le contenu de la mémoire est modifié, altéré, influencé par les émotions. En dehors des illusions (comme les illusions optiques) qui se produisent régulièrement en raison des lois physiques, les sensations sont toujours *interprétées* par le cerveau pour devenir perception.

Depuis l'image sur la rétine jusqu'au cortex visuel, puis la reconnaissance de l'objet par la conscience, plusieurs centaines de ms se sont écoulées. La conscience de l'objet n'est plus l'objet. Ainsi, on ne peut jamais «voir la réalité telle qu'elle est». La seule réalité qui peut être directement perçue par le cerveau, c'est son activité elle-même.

8) Les émotions jouent un rôle majeur dans la vie mentale

Pour le bouddhisme, les émotions sont au coeur des problèmes que l'homme se pose à lui-même. La souffrance (dukkha) est la principale émotion qui pousse l'homme à chercher la délivrance. C'est le dernier des trois «sceaux de l'existence» (tilakkhana), après anicca et anatta. On souffre à cause des troubles, des souillures (kilesa), apportées par les émotions négatives, ou mauvaises (akusala), parmi lesquelles se trouvent les «trois poisons» (mula): l'avidité (lobha), la colère (dosa), et l'ignorance (moha).

Pour les neurosciences également, une grande partie des maladies mentales est due à des troubles des émotions, depuis l'anxiété, la dépression jusqu'à la schizophrénie.

9) Le mental (ou le cerveau) est capable de se modifier par lui-même

La pratique du bouddhisme est basée sur le principe de la plasticité, de la malléabilité de l'esprit humain. L'expérience n'est pas une entité rigide, fixée, mais un processus flexible et transformable. D'où la possibilité pour chaque être humain de se délivrer de la souffrance et d'atteindre l'éveil. «*S'entraîner le mental, c'est modifier son karma*», tel est le titre d'un livre du Vénérable Thich Thanh Tu.

Cela s'accorde tout à fait avec les découvertes récentes des neurosciences, à savoir que l'expérience peut changer durablement le cerveau, et que les fonctions cognitives aussi bien qu'affectives peuvent être modifiées par l'entraînement mental. Cette propriété si particulière du cerveau, nous l'avons vu, c'est la neuroplasticité, due aux continues modifications synaptiques.

10) L'énergie est présente dans la matière

Un gatha de Khuông Viêt, maître Zen vietnamien du Xè siècle, l'exprime très clairement: «*Dans le bois se trouve déjà le feu. C'est pour cela que le feu jaillit du bois. Si l'on dit que le bois ne contient pas du feu, alors d'où vient le feu quand on frotte le bois?*». Le bouddhisme ne fait pas la différence entre la matière et l'énergie, comme dans la célèbre phrase du Sutra du Coeur «*La forme est la vacuité, la vacuité est la forme*».

Il en est de même dans les sciences. Les sciences physiques ont montré clairement que l'énergie existe déjà dans la matière, à l'échelle macroscopique comme à l'échelle microscopique. Les neurosciences ont aussi démontré que l'énergie électrique, qui sous-tend l'activité cérébrale, prend son origine dans les neurones eux-mêmes, à partir de réactions physico-chimiques.

11) Une question en suspens : le mental et le cerveau sont-ils la même chose ou deux entités distinctes ?

Pour beaucoup de bouddhistes, l'esprit n'est pas le corps, et le mental n'est pas le cerveau; il s'agit de deux entités séparées. Comme il est dit d'après la doctrine que le «moi» provisoire est formé des cinq agrégats, le premier agrégat (forme) ferait donc partie de l'entité

matérielle, et les suivants (sensations, perception, volitions, conscience) de l'entité spirituelle. Seule cette *vision dualiste* permettrait d'expliquer la vie après la mort.

En fait, lorsque l'on pénètre au coeur de l'enseignement bouddhique, une fois compris les deux aspects de la vérité, relative et absolue, on s'aperçoit que la séparation entre la matière et l'esprit et la distinction en cinq agrégats, ne sont qu'un moyen d'enseignement utile. Comme nous l'avons dit plus haut, la doctrine de la «production conditionnée» ne peut conduire qu'à une *vision holistique* du monde, au-delà de toute dualité. «Mental» et «cerveau» ne sont en fait que deux dénominations, deux aspects d'une même réalité, que l'on pourrait très bien appeler «esprit-cerveau».

En neurosciences est apparu un plus net consensus. Dès 1802, le médecin et physiologiste français Cabanis a déclaré: «*Le cerveau sécrète la pensée comme le foie sécrète la bile*». Aujourd'hui, en dehors de rares exceptions, la grande majorité des neuroscientifiques considèrent que le mental est la traduction du fonctionnement du cerveau. Pour dire simple comme Derek Denton, de l'Université de Melbourne: «*Le mental est ce que fait le cerveau*».

Enfin, peut-être la «voie du milieu» préconisée par Nagarjuna apporte-t-elle la réponse la plus juste: «*ni unicité, ni différence*». Ou bien encore la réponse du moine Nagasena au roi Milinda à propos de l'esprit, comparable à la flamme d'une lampe: «*na ca so, na ca añño*». Ni la même, ni une autre.

Après tout, le «nœud du monde» n'est peut-être qu'une conjecture inutile...

Les différences entre les neurosciences et le bouddhisme

Contrairement aux nombreux points de convergence, il y a très peu de divergences entre les neurosciences et le bouddhisme. Elles concerneraient :

1) L'explication du monde

Le bouddhisme explique ce qui arrive par la *loi de cause-à-effet*, alimentée par le karma accumulé d'existence en existence, depuis des temps immémoriaux. Les êtres vivants subissent indéfiniment le cycle des renaissances (samsara), théorie reprise du Brahmanisme. En fait, n'ayant pour objectif que la délivrance de la souffrance, le Bouddha refusait d'enseigner toute connaissance jugée inutile, comme en témoigne l'anecdote de la forêt de *sinsapa*.

Les sciences elles, visent à expliquer toutes choses, de l'infiniment petit jusqu'à l'infiniment grand, par les lois physico-chimiques naturelles, en passant par l'évolution des espèces animales jusqu'à l'homme par la sélection naturelle. Cette découverte, qui a bouleversé notre vision du monde est due à Charles Darwin, dont nous fêtons cette année le 200^e anniversaire de naissance et le 150^e anniversaire de la parution de «L'origine des espèces».

2) Les buts et les moyens

Le bouddhisme a pour unique but la délivrance, l'extinction de la souffrance. Dans les sutras, le Bouddha déclarait: «*O bhikkhus, de même que l'eau de mer n'a qu'une seule saveur, le salé, ce que je vous ai enseigné n'a qu'un seul but: la délivrance*». S'éveiller soi-même et aider les autres à s'éveiller, telle est la devise du Mahayana.

Les moyens pour y parvenir sont l'Octuple juste sentier, les Trois entraînements (sila, samadhi et pañña), et les méthodes pour «discipliner son mental», selon la question posée par Subhuti au Bouddha dans le Sutra du Diamant. «*Observer son propre mental*» est aussi la devise du Zen, alors que le Mahayana et le Vajrayana utilisent aussi des moyens habiles (upaya-kusala).

Le but des neurosciences est différent, et son objet plus vaste : il s'agit de connaître tous les aspects, tous les domaines du système nerveux, de façon objective, scientifique.

Les moyens sont tous les moyens scientifiques dont on dispose, incluant l'expérimentation sur les animaux et sur l'homme.

Les neurosciences comprennent de nombreuses branches, théoriques et pratiques. Parmi les branches pratiques, se trouvent la thérapeutique des maladies du système nerveux, la prévention des rechutes et la réhabilitation après la maladie. Le bouddhisme peut en faire partie, puisqu'il peut être considéré comme une *méthode thérapeutique* pour certains patients atteints de troubles mentaux, et une méthode d'*entraînement mental* pour les personnes en bonne santé.

Si l'on prend l'image d'une lumière pour les caractériser, les sciences pourraient être comparées à de multiples projecteurs éclairant dans toutes les directions, alors que le bouddhisme serait semblable à un rayon laser focalisé sur un point, la délivrance ou l'éveil.

Les neurosciences et la méditation

Les effets de la méditation sur la santé ont été étudiés depuis de nombreuses années, mais les résultats se sont révélés dans l'ensemble peu concluants, en raison d'une méthodologie souvent peu rigoureuse.

Plus récemment, la méditation a attiré l'attention des neuroscientifiques, pour plusieurs raisons :

- 1) L'étude scientifique de la méditation pourrait aider à mieux comprendre les fonctions supérieures du cerveau
- 2) La méditation a prouvé son efficacité dans le traitement de certains troubles mentaux dans des institutions médicales
- 3) La méditation pourrait être une méthode d'entraînement mental efficace pour des sujets bien-portants.

Les occidentaux distinguent deux principaux types de méditation: la *méditation transcendantale*, dérivée des traditions hindoues, utilisant un mantra ou un son considéré comme sacré; et la *méditation en pleine conscience* (mindfulness), qui est la principale forme de méditation bouddhique, mais qui peut être utilisée dans un cadre séculier, laïque, notamment avec la méthode MBSR (Mindfulness-Based Stress Reduction).

Plutôt que de faire un catalogue sur les expériences menées sur la méditation, nous essaierons de répondre à un certain nombre de questions.

1) La méditation peut-elle améliorer l'attention et les performances cérébrales ?

Beaucoup d'études sur la méditation ont porté sur l'*attention*, qui est elle-même le sujet de plus de 2000 communications scientifiques par an!

Ce n'est pas un hasard que l'attention soit la tâche essentielle du méditant, car dans le bouddhisme la «juste attention» (*samma-sati*) fait partie de l'Octuple sentier, et le Sutra de l'établissement de l'attention (*Satipatthana sutta*) est l'un des plus importants sutras du canon pali. Il en est de même dans le Zen.

On raconte qu'un jour le Maître Zen Ikkyu, de l'école Rinzai au Japon, fut prié par l'un de ses disciples de lui expliquer brièvement la clé du Zen. Ikkyu prit un pinceau et écrivit : *Nen* (attention). Le disciple, déçu, le pria d'écrire quelque chose d'autre. Le maître réécrivit à côté un deuxième *Nen*. Le disciple se gratta l'oreille, embarrassé: «*Mais il n'y a rien de particulier dans cela, Maître*». Ikkyu reprit le pinceau et traça un troisième *Nen*. Ne pouvant plus se retenir, le disciple lâcha: «*Attention, qu'est-ce que cela veut dire, Maître?*». «*Attention veut dire attention*», répondit simplement Ikkyu.

Les neuroscientifiques distinguent deux sortes de méditation: la *méditation concentrative* (focus attention), équivalente à *samatha*, où l'on se concentre sur un objet choisi (ou une action, comme la respiration) de façon soutenue; et la *méditation ouverte* (open monitoring) équivalente à *vipassana*, où l'on suit simplement l'expérience mentale, à chaque instant, sans réagir.

Dans une étude par IRM-f, Brefczynski-Lewis et al (2007) ont constaté que la méditation concentrative sur un objet visuel entraîne l'activation d'un certain nombre de zones cérébrales liées à l'initiation de l'attention, à son orientation, et à son maintien focalisé sur l'objet. Cette activation est plus importante chez les méditants expérimentés par rapport

aux débutants, mais chose étonnante, moins importante chez les méditants ayant une très longue expérience (plus de 40000 H), comme s'ils n'avaient plus besoin de faire d'effort.

Dans une autre étude, Heleen Slagter, Richard Davidson et al (2007) ont comparé deux groupes de méditants, 17 experts et 23 débutants, les premiers méditant 10 – 12 H/jour lors d'une retraite de 3 mois, les seconds 20 mn/j pendant 1 semaine avant et après le test de départ et d'arrivée. Deux informations (stimulus visuel) leur sont présentées, séparées par un très bref intervalle.

Habituellement, il se produit ce qu'on appelle un « clignement attentionnel » (attentional blink), c-à-d que le cerveau ne perçoit pas la 2^e information car il est encore en train de traiter la 1^{ère}. Or, l'on constate que les méditants intensivement entraînés perçoivent le plus souvent les deux informations, comme si le cerveau utilisait moins de ressources pour la 1^{ère} information, laissant en réserve plus de ressources pour la 2^e. Un entraînement mental intensif par la méditation peut donc étendre les limites du traitement de l'information par le cerveau.

Une autre étude remarquable a été rapportée par Antoine Lutz, Richard Davidson et al (2004), étudiant par EEG l'activité cérébrale d'un groupe de moines Tibétains ayant une longue expérience en méditation (10000 à 50000 H, pendant 15 à 40 ans). A la différence avec un groupe de débutants, on voit apparaître chez ces moines dès le début de la méditation, sous la forme de méditation sur la compassion, des *oscillations gamma* (de haute fréquence, >20 Hz), due à l'activité synchronisée de groupes de neurones (Figure 5).

Ces oscillations gamma sont de très grande amplitude (quelques dizaines de μv) et prolongées, particulièrement dans la zone fronto-pariétale latérale. Fait particulier, ces oscillations gamma sont également plus nettes chez les méditants expérimentés par rapport aux débutants.

Leur signification n'est pas encore très claire, mais l'existence des oscillations gamma (dites à 40 Hz) dans des conditions normales de perception a été généralement interprétée comme une synchronisation de l'activité neuronale (assemblées temporaires de neurones), à l'origine d'une perception intégrée, consciente.

Dans un travail récent (2009), Sean O'Nuallain suggère que la méditation est une activité mentale consciente caractérisée par des oscillations gamma synchronisées, et que cette synchronie gamma lors de la méditation permet au bruit de fond du cerveau normalement présent de cesser temporairement. Les maîtres en méditation auraient en commun la capacité de mettre brièvement leur cerveau dans un état de sensibilité maximale et de consommation d'énergie minimale (jusqu'à zéro). L'hypothèse «zéro-énergie» stipule que l'état de basse énergie correspond à un état de «non-moi», et que l'état non-zéro habituel, où les oscillations gamma ne sont pas prédominantes, correspond à un état de «moi» empirique.

2) Quels sont les effets de la méditation sur les émotions ?

Tout d'abord, il est possible que la méditation rend le sujet *plus sensible aux émotions d'autrui*. C'est ce que suggère l'expérience de Paul Ekman (2001), grand spécialiste des émotions. A deux méditants expérimentés, il montre des images de visages exprimant des émotions comme la peur, la colère, le mépris... Chaque image n'apparaît que pendant un très court laps de temps, 1/5 ou 1/30 sec.

Ces expressions, appelées micro-expressions, sont reconnues de façon tout à fait spontanée, involontaire. Les résultats sont remarquables, avec un taux de reconnaissance des émotions très élevé, battant tous les records. Bien que l'on ne puisse pas écarter l'hypothèse d'une accélération de la vitesse cognitive par l'expérience méditative, on peut penser que la méditation peut rendre plus sensible aux émotions d'autrui, et non pas indifférent comme on pourrait le croire.

Une autre étude sur l'influence de la méditation sur les émotions a été menée par Antoine Lutz et Richard Davidson, en mesurant l'activité cérébrale par IRM-f sur 2 groupes de 16 méditants expérimentés et de 16 débutants. Pendant la méditation sur la compassion, ils sont soumis à des sons générateurs d'émotions, tels le cri de détresse d'une femme (émotions

négatives), le rire d'un enfant (émotions positives) ou le brouhaha dans un restaurant (émotions neutres).

Les résultats montrent que: 1) l'activité des zones cérébrales liées aux émotions est nettement plus élevée pendant la méditation que pendant le simple repos; 2) les sons générateurs d'émotions négatives entraînent une réaction plus importante que ceux générant des émotions positives ou neutres; 3) cette activité est plus importante chez les méditants expérimentés par rapport aux débutants; 4) les zones liées à la compassion sont: l'insula, responsable de l'expression corporelle des émotions, et la jonction temporo-pariétale, responsable de la différenciation entre les émotions d'autrui et ses propres émotions, ainsi que de la perception des émotions d'autrui. Ces deux zones sont liées au partage des émotions et à l'empathie, et leur coordination paraît très nette et solide chez les méditants expérimentés par rapport aux débutants.

On peut donc conclure que *l'empathie et la compassion peuvent très bien être cultivées et développées* comme toutes les autres qualités, notamment par la méditation sur la compassion.

Concernant ses propres émotions, dans l'expérience de Brefczynski Lewis, il existe une corrélation nette entre l'expérience de méditation et l'activation de l'amygdale: plus le méditant est expérimenté, moins son amygdale est activée (Figure 6).

Or, l'amygdale est le point de départ des émotions négatives (anxiété, stress...). La méditation permet donc de *diminuer le déclenchement des émotions négatives*.

3) La méditation peut-elle apporter la sérénité et le bonheur ?

C'est une grande question, évidemment très subjective. Néanmoins les neurosciences peuvent y apporter un certain éclairage.

Lorsque Richard Davidson mesura dans son laboratoire de Madison (Wisconsin) l'activité cérébrale par EEG et IRM-f d'un lama d'origine occidentale, ayant plus de 30 ans d'expérience en méditation auprès de grands maîtres Tibétains, il constata, après 3 H de méditation sous divers modes (concentration, pleine conscience, compassion...), l'apparition de très fortes oscillations gamma au niveau du gyrus préfrontal médian gauche, zone concernant les émotions positives.

Cette apparition est particulièrement nette pendant la méditation sur la compassion, avec un rapport d'*activité préfrontale gauche/droite* très élevé, en même temps que le lama ressent un état de bien-être, de sérénité, de bonheur. «*Ceci ne m'étonne guère*, répondit le Dalai Lama lorsque le scientifique lui raconta l'expérience, *depuis longtemps j'ai pensé que le premier bénéficiaire de la méditation sur la compassion, c'est le méditant lui-même*».

Une autre expérience semble confirmer cette découverte. Richard Davidson et Francisco Varela ont eu l'occasion de faire un EEG à un lama guéshé (enseignant de très haut niveau) résidant dans un grand monastère de l'Inde. Lorsqu'ils ont comparé le taux d'activité préfrontale d'un côté avec l'autre, en établissant ce qu'ils appellent le *score d'asymétrie préfrontale*, ils ont été surpris du score particulièrement élevé du guéshé par rapport à 174 autres personnes. Le Dalai Lama, qui connaît personnellement ce guéshé, confirme qu'il s'agit d'un homme très bon et simple, rayonnant de joie et en même temps très érudit, pratiquant régulièrement la méditation sur la compassion depuis plus de 30 ans.

Ainsi, ce que l'on appelle dans le bouddhisme les «Quatre états mentaux incommensurables» (brahma-vihara : metta, karuna, mudita, upekkha) semblent intimement liés. La méditation sur l'amour universel, la compassion, la joie partagée, conduit, nous l'avons vu, à un sentiment de bonheur, de paix sereine, d'équanimité.

4) Quels sont les résultats de la pratique de la méditation dans les institutions médicales ?

Depuis les années 1970, Jon Kabat-Zinn, professeur en biologie à l'Université du Massachusetts, a développé la méthode «*mindfulness-based stress reduction*» (MBSR, réduction du stress basée sur la pleine conscience) dans le traitement des maladies liées au stress. Il définit la «pleine conscience» comme un «état de conscience qui résulte du fait de

porter son attention, intentionnellement, au moment présent, sans juger, sur l'expérience qui se déploie moment après moment».

La méthode se pratique en 8 semaines, avec une journée de retraite à la fin. Les pratiquants font 2 – 3 H par semaine de méditation collective, et 45 mn par jour seuls à domicile.

Une étude menée par Richard Davidson et Jon Kabat-Zinn sur des employés d'une entreprise de biotechnologie, comparant deux groupes randomisés de pratiquants MBSR et de non pratiquants (groupe en attente), a montré une nette augmentation de l'*activité préfrontale gauche* à l'EEG chez les pratiquants après 4 mois, en même temps qu'ils se disent ressentir beaucoup plus d'émotions positives, de calme et de joie dans la vie quotidienne.

Depuis 25 ans, plus de 15000 personnes ont été ainsi traitées, pour diverses affections: cardio-vasculaires, digestives, douleurs chroniques, céphalées, insomnie, anxiété, etc., essentiellement liées au stress. Aujourd'hui la méthode MBSR a été très bien accueillie par les scientifiques et enseignée aux étudiants de 29 Universités Médicales aux Etats-Unis, en tant que méthode intégrée dans différentes formes de psychothérapies et d'interventions psychologiques, séculière, sans connotation religieuse.

Cette méthode commence à être diffusée à d'autres pays, en même temps qu'une méthode dérivée, la «*mindfulness-based cognitive therapy*» (MBCT, thérapie cognitive basée sur la pleine conscience), développée par Zindel Segal (Université de Toronto), Mark Williams et John Teasdale (Université d'Oxford et de Cambridge), visant à prévenir les rechutes dans la dépression. Les patients après un épisode dépressif ont tendance à «ruminer» les idées négatives, et de ce fait le taux de rechute est souvent élevé. Le but de la MBCT est d'aider les patients à faire barrage à ces idées négatives, en s'entraînant à observer les pensées qui viennent à l'esprit à chaque instant, sans émotions, sans jugement. Les résultats de 2 études publiées sont très satisfaisants: après MBCT, le taux de rechute des dépressions a diminué de moitié (étude 1, à Cambridge, Bangor et Toronto, 145 patients, 37 % de rechutes au lieu de 66 % ; étude 2, à Cambridge, 36 % de rechutes au lieu de 78 %).

5) La méditation exerce t-elle des effets bénéfiques sur le corps ?

La méditation a été montrée induire certains effets sur le corps, tels la réduction du rythme cardiaque, de la tension artérielle, la diminution du métabolisme basal.

On pense que ces effets sont dûs à l'action sur le système nerveux neuro-végétatif (ou autonome), qui régule l'activité de nombreux organes internes et qui est fait de 2 composantes, se contre-balançant mutuellement:

- le *système nerveux sympathique*, qui aide à mobiliser le corps pour l'action. Activé par le stress, il accélère le rythme cardiaque et respiratoire, contracte les vaisseaux.

- le *système nerveux parasympathique*, qui ralentit le rythme cardiaque et respiratoire, dilate les vaisseaux et augmente la sécrétion digestive.

La méditation agirait en diminuant l'activité du *système nerveux sympathique* et en stimulant par contre le *système nerveux parasympathique*.

C'est aussi sans doute par l'intermédiaire de son action sur le stress que la méditation peut réduire la tension artérielle, le taux de cortisol dans le sang et améliorer les défenses immunitaires.

Dans l'étude précitée par Richard Davidson et Jon Kabat-Zinn, les pratiquants qui avaient reçu une vaccination contre la grippe à la fin de la période de 8 semaines ont montré une réponse vaccinale nettement plus élevée que dans le groupe témoin. Ceci plaide en faveur d'une action favorable de la méditation sur les défenses immunitaires de l'organisme contre l'infection et le développement des cellules cancéreuses.

Cependant, il faut être clair là-dessus: on doit se garder de toute affirmation sur l'efficacité thérapeutique de la méditation sur le cancer et d'autres maladies graves, car pour l'instant *aucune étude sérieuse* n'a pu le démontrer.

6) La méditation peut-elle ralentir le vieillissement du cerveau ?

Une étude de Sara Lazar et al (Université de Harvard, 2005) a montré que l'épaisseur du cortex de certaines zones cérébrales d'un groupe de 20 méditants expérimentés est significativement plus importante par rapport à un groupe de 15 non méditants. Les régions préfrontale et insulaire antérieure droite notamment, sont plus épaisses de 0,1 à 0,2 mm.

Comme l'épaisseur du cortex reflète en partie l'âge du cerveau, on peut penser que la pratique régulière de la méditation est susceptible de ralentir le vieillissement cérébral.

7) Les neurosciences peuvent-elles expliquer les états mystiques, tels l'extase religieuse ou l'éveil ?

D'après Andrew Newberg et Eugene d'Aquili, de l'Université de Pennsylvania, un certain nombre d'expériences mystiques, comme le sentiment de fusion avec l'Absolu, d'union avec Dieu, ou l'éveil, le satori, peuvent être expliquées par un état spécial du cerveau.

En 2001, ils utilisèrent le SPECT (single photon emission tomography), pour mesurer l'activité cérébrale d'un certain nombre de méditants et de religieuses franciscaines en prière. A l'acmé de leur méditation ou de leur prière, lorsque ces personnes ressentent une sorte de «fusion avec l'univers, de disparition des limites entre elles-mêmes et le monde qui les entoure», on observe une augmentation d'activité de leur lobe préfrontal (responsable de l'attention) et surtout une chute soudaine d'activité du lobe pariétal supérieur postérieur (responsable de l'orientation du corps dans l'espace).

Les auteurs appellent la zone préfrontale l'*aire associative d'attention* (AAA), et la zone pariétal supérieur postérieur l'*aire associative d'orientation* (AAO). Ils avancent l'hypothèse selon laquelle c'est la désafférentation soudaine de cette dernière (responsable de l'orientation du corps dans l'espace) qui est à l'origine du sentiment de flottement, de fusion avec l'univers, d'union avec l'Absolu ou d'éveil soudain. Ils appellent cet état «*l'expérience unitaire absolue*», partagée par tous ceux qui ont vécu à un moment donné une expérience mystique.

Cette hypothèse reste à confirmer, mais elle a eu le mérite d'ouvrir la discussion et d'entrevoir de nouveaux horizons dans l'étude des phénomènes mystiques.

Perspectives d'avenir

En 2007, une enquête nationale aux Etats-Unis sur l'utilisation de la médecine alternative et complémentaire (CAM) a montré que sur un échantillon de plus de 23000 personnes, 9,4 % avaient utilisé la méditation comme thérapeutique pendant l'année précédente, soit à l'échelon national, plus de 20 millions de personnes. Les raisons du recours à la méditation ont été : le stress, l'anxiété, la dépression, l'insomnie, les douleurs et les troubles dûs aux maladies chroniques, mais aussi simplement pour le bien-être.

Pour clarifier l'état des connaissances sur le sujet, le National Center for Complementary and Alternative Medicine (NCCAM), une agence du National Institute of Health (NIH), a demandé à l'Agency for Healthcare Research and Quality (AHRQ) de faire une évaluation rigoureuse de toutes les études scientifiques publiées sur les méthodes de méditation (comprenant également le Yoga, le Tai Chi, le Qi Gong).

Le rapport très sérieux qui a été publié, passant au crible 813 études réalisées, dont 312 sur les effets physiologiques et neuropsychologiques de la méditation, a reconnu des arguments «en faveur d'effets bénéfiques de la méditation sur la santé», mais que «des conclusions fermes sur ces effets ne peuvent être tirées à partir des études dont on dispose. La recherche future sur la méditation devra être plus rigoureuse, tant dans la conception, l'exécution que dans l'analyse des résultats».

Ainsi, les études neuroscientifiques sur la méditation ne sont que des études préliminaires, et nos connaissances sur le sujet sont encore très limitées, parsemées de nombreuses lacunes. Il nous faudra sans doute attendre encore de nombreuses années, avant que des études plus structurées, d'envergure, avec des moyens d'exploration plus puissants, nous permettent d'en dégager une vue plus claire.

Il reste un certain nombre de questions auxquelles il faudra répondre :

- Quels sont les effets de la méditation sur les phénomènes biologiques périphériques (système endocrinien, métabolisme des sucres, des lipides)?
- Quelle est l'influence de l'environnement social, culturel, religieux sur les effets de la méditation?
- Quels sont les effets de la méditation, non pas pendant les séances de méditation, mais en dehors, c-à-d dans la vie de tous les jours et à long terme?
- Quelle différence y a-t-il entre les diverses méthodes de méditation, et par conséquent quelle méthode conseiller à chaque individu?
- Sur le plan pratique, quelles sont la durée et la fréquence optimale des séances?
- Enfin, quels sont les effets de la méditation chez le sujet âgé et chez l'enfant?

Conclusion

De cette confrontation, je préfère dire plutôt rapprochement, entre les neurosciences et le bouddhisme, il en ressort

Pour le neuroscientifique :

- de nouvelles découvertes sur l'activité cérébrale, notamment au niveau des fonctions supérieures,
- la confirmation de la place de la méditation comme une méthode thérapeutique pour un certain nombre de troubles mentaux, sans utilisation de médicaments et respectueux de l'environnement,
- et aussi comme une méthode séculière d'entraînement mental naturel, universel, accessible à tous.

Pour le bouddhiste :

On peut se demander si ces nouvelles connaissances apportées par les neurosciences ont modifié (ou vont modifier) quelque chose sur sa façon de voir et de pratiquer le bouddhisme.

A titre personnel, je répondrais ceci (bien entendu, cela n'engage que moi): elles ne font que confirmer un certain nombre de choses que je ressens depuis longtemps, à savoir que tout dépend de l'esprit-cerveau, le bonheur comme la souffrance. Et elles n'ont rien changé à ma façon de pratiquer, c-à-d d'entraîner le mental dans la voie tracée par le Bouddha et par la méditation.

Pour moi, le bouddhisme n'a rien de surnaturel, de mystérieux, d'ésotérique. Sa profondeur et sa subtilité résident justement dans cette chose merveilleuse qu'est le mental, ou l'esprit-cerveau, dont les ressources sont immenses, et qu'il suffit de découvrir et d'en prendre soin, chaque jour, davantage.

L'esprit-cerveau n'est-il pas ce joyau caché dans le lotus, et dans ce cas le célèbre mantra «*Om mani padme hum*» pourrait aussi se prononcer «*Om mano padme hum*»: Hommage à l'esprit-cerveau dans le lotus!

A long terme, pour tous les bouddhistes, peut se poser la question suivante: puisque les sciences ne cessent de progresser et leur influence de s'étendre partout dans le monde, comment évoluera le bouddhisme du III^e millénaire? Pourra-t-il devenir un jour une spiritualité séculière, un chemin d'entraînement mental universel, ouvert à tous ceux qui aspirent à une vie spirituelle épanouie?

Olivet, 11/2009

Trinh Dinh Hy

Références

- Agency for Healthcare Research and Quality. Meditation practices for health : state of the research. June 2007.
<http://www.ahrq.gov/downloads/pub/evidence/pdf/meditation/medit.pdf>
- Austin JH., *Selfless Insight – Zen and the Meditative Transformations of Consciousness*, The MIT Press, Cambridge, 2009
- Boisacq-Schepens N., Crommelinck M., *Neurosciences*, 4^e édition, Dunod, Paris, 2004
- Bownds MD, *La biologie de l'esprit – Origines et structures de l'esprit, du cerveau et de la conscience*, Dunod, Paris, 2001 (*The Biology of Mind : origins and structures of mind, brain and consciousness*, Fitzgerald Press Inc., 1999)
- Dr Brizendine L., *Les secrets du cerveau féminin*, Grasset, Paris, 2008
- Buser P., *Cerveau de soi, cerveau de l'autre*, Odile Jacob, Paris, 1998
- Cahn BR., Polich J., Meditation states and traits: EEG, ERP, and neuroimaging studies, *Psychological Bulletin*, 132, 2 : 180–211, 2006
- Cahn BR., Polich J., Meditation (Vipassana) and the P3a event-related brain potential, *International Journal of Psychophysiology*, 72 : 51–60, 2009
- Chan D., Woollacott M., Effects of level of meditation experience on attentional focus: is the efficiency of executive or orientation networks improved?, *The Journal of Alternative and Complementary Medicine*, 13(6) : 651-658, 2007
- Changeux JP., *L'Homme de vérité*, Odile Jacob, Paris, 2002
- Changeux JP., *Du vrai, du beau, du bien – Une nouvelle approche neuronale*, Odile Jacob, Paris, 2008
- Chanouf A., *Les émotions – Une mémoire individuelle et collective*, Mardaga, Sprimont, 2006
- Couzon E., Dorn F., *Les émotions – Développer son intelligence émotionnelle*, ESF Editeur, Issy-les-Moulineaux, 2007
- Dalai-Lama, *Passerelles – Entretiens avec des scientifiques sur la nature de l'esprit*, Albin Michel, Paris, 1995 (Hayward JW., Varela F., *Gentle Bridges – Conversations with the Dalai-Lama on the Sciences of Mind*, Shambala Publications Inc., Boston, 1992)
- SS le 14^e Dalai-Lama, *Le pouvoir de l'esprit – Entretiens avec des scientifiques*, Fayard, Paris, 2000 (Wallace A., *Consciousness at the Crossroads – Conversations with the Dalai-Lama on Brain Sciences and Buddhism*, Snow Lion Publications, Ithaca, New York, 1999)
- SS le Dalai-Lama, *La voie des émotions – Entretiens avec P. Ekman*, City Editions, 2008 (His Holiness The Dalai Lama and Paul Ekman, *Introduction and supplementary materiel*, Times Book/Henry Holt and Company, New York, 2008)
- Damasio AR., *L'erreur de Descartes – La raison des émotions*, Odile Jacob, Paris, 1995, 2001 (*Descartes' error – Emotion, Reason and the Human Brain*, A. Grosset/ Putnam Books, 1994)
- Damasio AR., *Le sentiment même de soi – Corps, émotions, conscience*, Odile Jacob, Paris, 1999, 2002 (*The Feeling of What Happens – Body and Emotion in the Making of Consciousness*, Harcourt Brace & Company, New York, 1999)
- Damasio AR., *Spinoza avait raison, - Joie et tristesse, le cerveau des émotions*, Odile Jacob, Paris, 2003 (*Looking for Spinoza : Joy, Sorrow and the Feeling Brain*, Harcourt, Inc., 2003)
- Denton D., *Les émotions primordiales et l'éveil de la conscience*, Flammarion, 2005
- Doidge N., *Les étonnants pouvoirs de transformation du cerveau – Guérir grâce à la neuroplasticité*, Belfond, Paris, 2008 (*The Brain that Changes Itself*, Viking, Penguin group, 2007)
- Edelman GM., Tononi G., *Comment la matière devient conscience*, Odile Jacob, Paris, 2000 (*A Universe of Consciousness. How Matter Becomes Imagination*, Basic Books, a Member of the Perseus Books Group, 2000)
- Goleman D., *Surmonter les émotions destructrices – Un dialogue avec le Dalai-Lama*, Robert Laffont, Paris, 2003 (*The Mind and Life Institute, Destructive emotions*, Bantam Books, New York, 2003)
- Fiori N., *Les neurosciences cognitives*, Armand Colin, Paris, 2006
- Freeman D., *Le cerveau du bien et du mal*, Quebecor, Outremont, 2007
- Houdé O., Mazoyer B., Tzourio-Mazoyer N., *Cerveau et psychologie*, PUF, Paris, 2002
- Janssen T., *La méditation : une médecine d'avant-garde pour adapter nos organismes à la planétarisation*, http://www.nouvellescles.com/article.php3?id_article=951
- Janssen T., *La solution intérieure - Vers une nouvelle médecine du corps et de l'esprit*, Fayard, Paris, 2006
- Jeannerod M., *Le cerveau intime*, Odile Jacob, Paris, 2005
- Jouvent R., *Le cerveau magicien – De la réalité au plaisir psychique*, Odile Jacob, Paris, 2009

- Kandel ER., A la recherche de la mémoire – Une nouvelle théorie de l'esprit, Odile Jacob, Paris, 2007 (In Search of Memory, Norton, 2006)
- Lazar SW., Kerr CE., Wasserman RH. et al. Meditation experience is associated with increased cortical thickness, *NeuroReport*, 16, 17 : 1893-1897, 2005
- Ledoux J., The emotional brain. Simon & Schuster, New York, 1996
- Ledoux J., Neurobiologie de la personnalité, Odile Jacob, Paris 2003 (Synaptic Self), Viking, Penguin group, 2002
- Lestienne R., Miroirs et tiroirs de l'âme – Le cerveau affectif, CNRS Editions, Paris, 2008
- Lotstra F., Le cerveau émotionnel ou la neuroanatomie des émotions,
http://www.cairn.info/article.php?ID_REVUE=CTF&ID_NUMPUBLIE=CTF_029&ID_ARTICLE=CTF_029_0073
- Lutz A., Greischar L., Rawlings N.B., Ricard M., Davidson R.J., Long-term meditators self-induce high-amplitude synchrony during mental practice. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 101, 16369-16373, 2004
- Lutz A., Dunne J.D., Davidson R.J. Meditation and the Neuroscience of Consciousness: an Introduction, in *Cambridge Handbook of Consciousness*, edited by Zelazo P., Moscovitch M. and Thompson E., 2007
- Lutz A., Brefczynski-Lewis J., Johnstone T. et al. Regulation of the neural circuitry of emotion by compassion meditation: effects of meditative expertise. *PLoS ONE* [online journal], March 2008. Accessed on May 28, 2008.
- Martin G. Neil, Human Neuropsychology, 2nd edition, Pearson Education Limited, Harlow, 2006
- Moore A., Malinowski P., Meditation, mindfulness and cognitive flexibility, *Consciousness and Cognition* 18 : 176 – 186, 2009
- Newberg A., d'Aquili E., Pourquoi « Dieu » ne disparaîtra pas - Quand la science explique la religion, Sully, Vannes, 2003 (Why God Won't go Away, The Ballantine Publishing Group, Random House Inc., 2001, 2002)
- O'Nuallain S., Zero Power and Selflessness: What Meditation and Conscious Perception Have in Common.
https://www.novapublishers.com/catalog/product_info.php?products_id=10068. Retrieved 2009-05-30. *Journal: Cognitive Sciences* 4(2).
- Pillon J., Neurosciences cognitives et conscience – Comprendre les propositions des neuroscientifiques et des philosophes, Chronique Sociale, Lyon, 2008
- Rizzolatti G., Sinigaglia C., Les neurones miroirs, Odile Jacob, Paris, 2008
- Rosenthal N., The Emotional Revolution – Harnessing the power of your emotions for a more positive life, Citadel Press Books, Kensington Publishing Corp., New York, 2002
- Siksou M., Introduction à la neuropsychologie, Dunod, Paris, 2005
- Slagter HA., Lutz A., Greischar LL., Francis AD., Nieuwenhuis S., Davis JM., and Davidson RJ., Mental training affects distribution of limited brain resources. *PLOS Biology*, June 2007.
- Squire LR., Kandel ER., La mémoire – De l'esprit aux molécules, Flammarion, Paris 2005 (Memory, From Mind to Molecules, WH. Freeman and Company, New York and Basingstoke, 1999, De Boeck Université, Bruxelles, 2002)
- Taylor JB., Voyage au-delà de mon cerveau – Une neurobiologiste victime d'un accident cérébral raconte ses incroyables découvertes, JC Lattès, Paris, 2006
- Varela F., Thompson E., Rosch E., L'inscription corporelle de l'esprit – Sciences cognitives et expérience humaine, Seuil, Paris, 1993
- Vincent JD., Voyage extraordinaire au centre du cerveau, Odile Jacob, Paris, 2007
- What is consciousness ?, The Brain from Top to Bottom
http://thebrain.mcgill.ca/flash/d/d_12/d_12_p/d_12_p_con/d_12_p_con.html

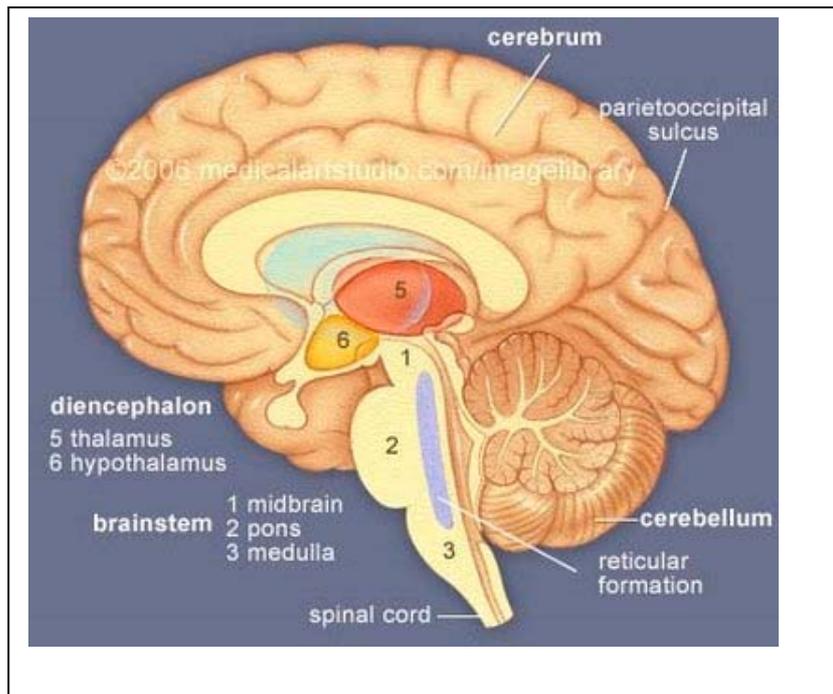


Figure 1 : Coupe sagittale du cerveau
 1= mésencéphale, 2= pont, 3= bulbe rachidien, 5= thalamus, 6= hypothalamus

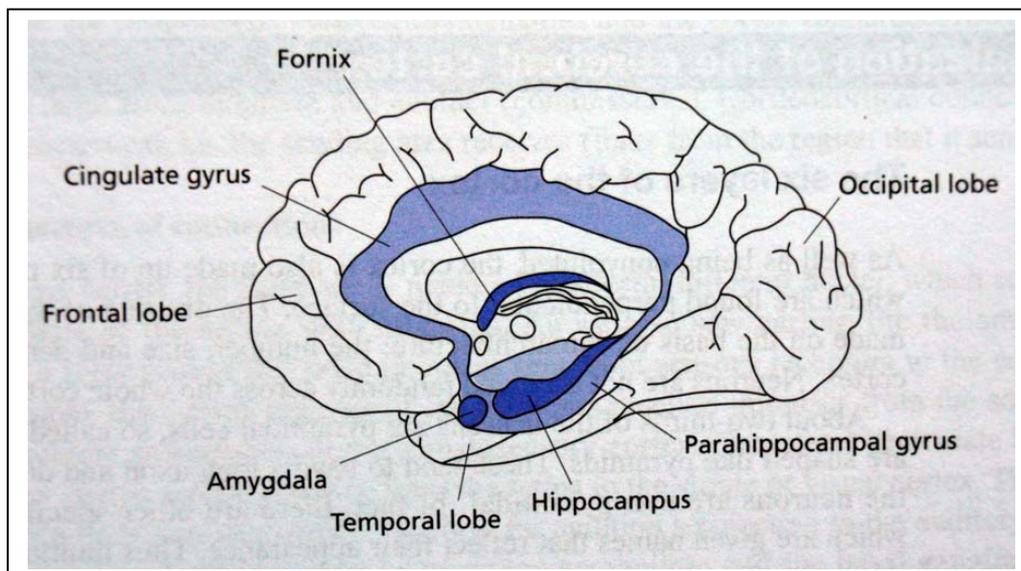


Figure 2 : Circuit limbique (vue interne)
 amygdale ; hippocampe ;
 gyrus parahippocampique ; gyrus cingulaire

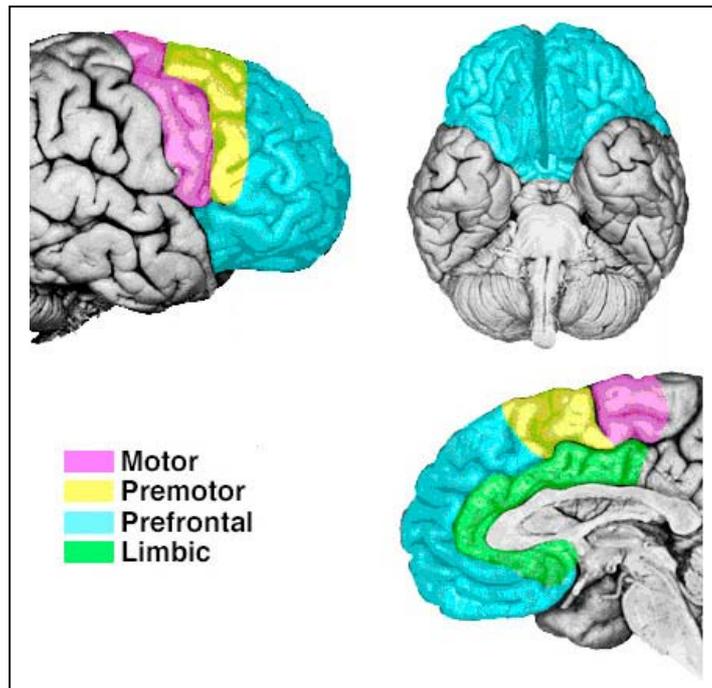


Figure 3 : Lobe frontal (vue latérale, inférieure et interne)
zone motrice ; zone prémotrice ; zone préfrontale ; cingula

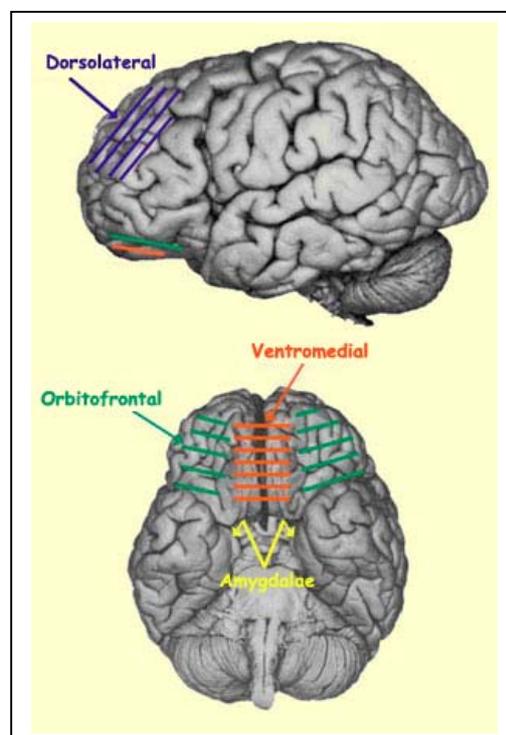


Figure 4 : Zone préfrontale (vue latérale et inférieure)
dorso-latérale ; ventro-médiane ; orbito-frontale

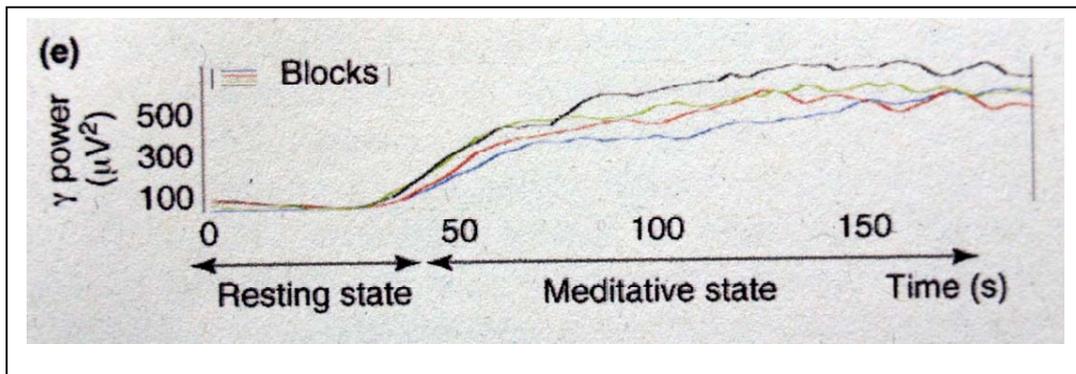
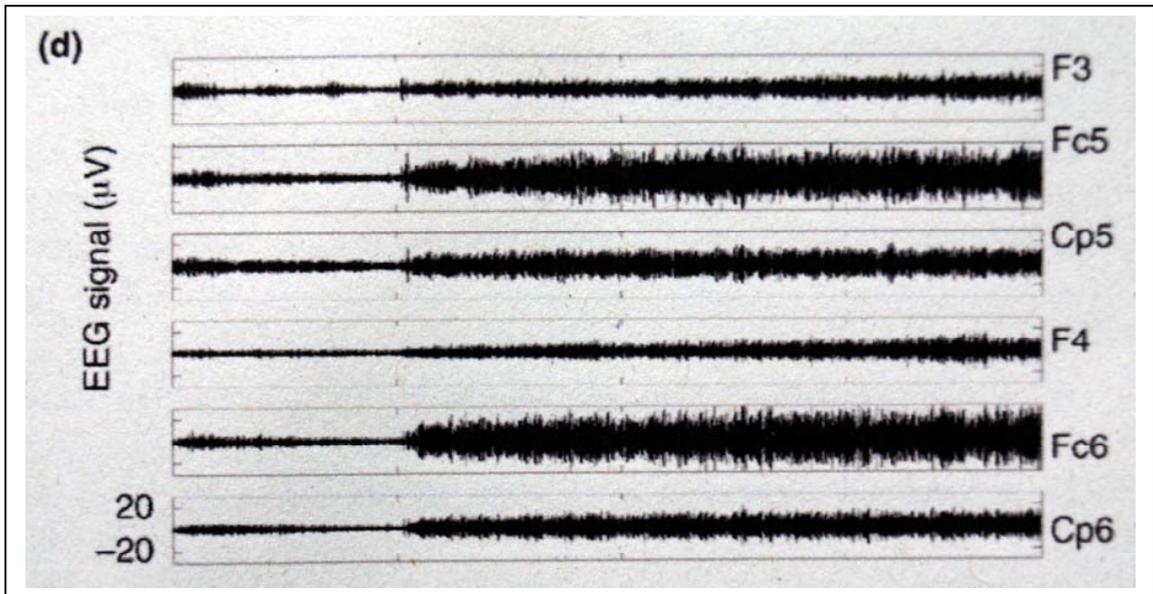


Figure 5 : Activité cérébrale mesurée par EEG
à l'état de repos et en méditation chez des méditants expérimentés :
apparition d'oscillations gamma de grande amplitude

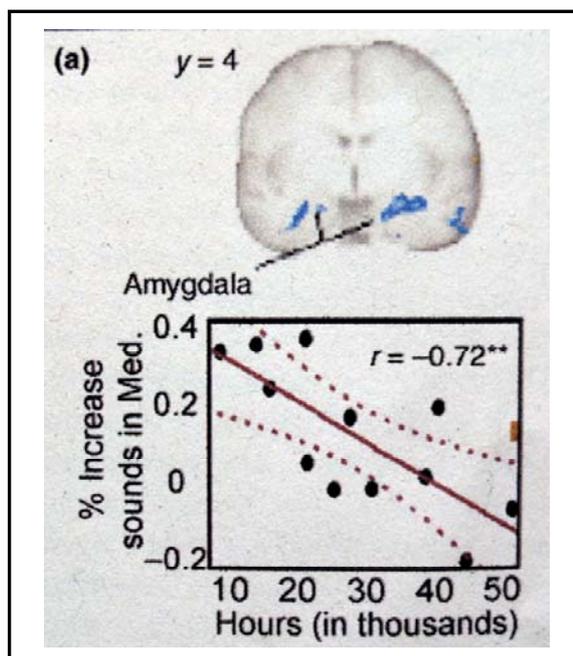


Figure 6 : Activité de l'amygdale (IRM-f)
en fonction de l'expérience méditative (en nombre d'heures)