



Université Claude Bernard



DIPLÔME NATIONAL DE DOCTORAT

(Arrêté du 25 mai 2016)

Date de la soutenance : **01 juillet 2022**

Nom de famille et prénom de l'auteur : **Monsieur POUBLAN-COUZARDOT Arnaud**

Titre de la thèse : « *Mécanismes neurocomputationnels de la pratique méditative : étude d'une retraite intensive de méditation de pleine conscience dans le cadre Bayésien du traitement prédictif* »

Résumé



L'étude de la méditation comme outil scientifique pour comprendre « l'inscription corporelle de l'esprit » a été initialement proposée par le neuroscientifique Francisco Varela et ses collaborateurs dans un ouvrage pionnier en 1991. Trente ans plus tard, un nombre croissant des preuves scientifiques confirme que la pratique de la méditation peut avoir un impact bénéfique sur le corps et l'esprit. Pourtant, et malgré des modèles physiologiques et psychologiques prometteurs, une compréhension générale des mécanismes associés aux pratiques méditatives, ancrée dans les neurosciences, fait toujours défaut. En parallèle, la caractérisation de la cognition humaine par la théorie du traitement prédictif (predictive processing) et son implémentation cérébrale, laisse entrevoir une explication unifiée de processus aussi divers que la perception, l'action, l'attention et l'apprentissage. Basée sur des principes de statistiques Bayésiennes, cette théorie envisage le cerveau comme un « organe d'inférence » qui à la fois prédit et contraint, de manière proactive, les sensations que l'organisme reçoit de son corps et du monde extérieur avec pour impératif principal de maintenir les constantes vitales propres à chaque être vivant.

L'objectif principal de ce doctorat a été d'élucider certains des principes neuronaux et computationnels de différentes pratiques méditatives en utilisant ce cadre théorique. Notre hypothèse générale est que la régulation par la méditation de l'attention et des émotions, est associée à un ajustement des mécanismes prédictifs du cerveau. Entre autres, les degrés de confiance dans la validité des prédictions et des sensations seraient différemment altérés, aboutissant à des a priori cognitifs plus malléables et adaptatifs. Cette transformation de la façon d'appréhender aussi bien l'expérience mentale que le monde extérieur, pourrait expliquer les effets psychothérapeutiques démontrés de la méditation de pleine conscience pour faire face à la rechute en dépression, à l'anxiété, aux douleurs chroniques ou encore aux addictions.

Pour tester cette hypothèse, nous avons mené plusieurs études expérimentales. Dans un premier projet (Etude 1) nous avons combiné l'électroencéphalographie (EEG) avec un paradigme de déviance auditive permettant d'étudier la négativité de discordance (mismatch negativity, MMN). Ce potentiel électrique généré par le cortex cérébral peut-être observé lors de l'interruption d'une séquence de sons similaires et donc prédictibles, par un son déviant générant alors une erreur de prédiction. Contrairement à de précédents résultats, nous avons montré que ce corrélât cérébral du traitement prédictif n'était pas affecté par deux styles de méditation différents (l'attention focalisée et la conscience ouverte) ni par leur degré de maîtrise (méditants experts ou novices).

Pour comprendre ce résultat négatif, nous avons ensuite commencé par analyser la condition contrôle, non méditative, par une approche de modélisation (Etude 2). Nous avons comparé les principales hypothèses présentes dans la littérature concernant le mécanisme génératif de la MMN, à savoir une adaptation neuronale différentielle et un apprentissage Bayésien basé sur la théorie du traitement prédictif. En confrontant les prédictions issues de différents modèles simulant ces hypothèses avec nos données EEG, nous avons pu montrer que les deux mécanismes supposés (adaptation et apprentissage Bayésien) sont nécessaires pour expliquer la négativité de discordance (MMN). La modélisation des états de méditation sera poursuivie après le travail doctoral.

En parallèle, nous avons adapté une expérience de recherche existante pour explorer l'effet de la méditation sur les mécanismes prédictifs des dimensions sensorielles et affectives de la douleur. Pour cela nous avons mesuré les variations dans sa perception, en termes d'intensité et de caractère désagréable, selon les attentes induites par des indices visuels et leur interaction avec les à-priori cognitifs individuels sur la douleur. Notre hypothèse de travail était que la sensibilité perceptive et les qualités de non-jugement et non-réaction développées lors de la pratique méditative pouvaient influencer les processus prédictifs automatiques à l'œuvre dans la perception douloureuse. Pour explorer cette hypothèse, nous avons recruté des participants ayant une pratique préalable de méditation et les avons soumis à l'expérience mentionnée ci-dessus (ainsi que de nombreuses autres non développées ici) trois fois: avant, pendant et après une retraite de 10 jours de méditation de pleine conscience.

Une nouvelle fois, nous avons analysé les données recueillies en modélisant les mécanismes prédictifs à l'œuvre dans l'expérience douloureuse. Dans un premier manuscrit sur la mesure initiale avant la retraite de méditation (Etude 3), nous avons pu reproduire des travaux de modélisation existants sur la composante sensorielle de la douleur, et les étendre pour intégrer sa composante affective. Nous avons également identifié des corrélations intéressantes entre certains paramètres de notre modèle et des questionnaires mesurant le catastrophisme à la douleur ou au contraire la prise de distance cognitive, ainsi que l'expérience méditative des participants. En appliquant le même modèle aux mesures effectuées pendant et après la retraite (Etude 4), nous avons pu montrer pour la première fois qu'une retraite intensive de méditation peut réduire l'influence d'attentes induites expérimentalement sur la perception sensorielle et affective de la douleur.

Dans l'ensemble, ce travail de thèse fournit certaines des premières découvertes directes de la façon dont la méditation pourrait avoir un impact sur le traitement prédictif et, ce faisant offre un éclairage mécanistique nouveau sur la manière dont les pratiques de méditation peuvent contribuer à une régulation bénéfique de formes inadaptées ou pathologiques de perception et de cognition.

Mots clés : méditation, pleine conscience, retraite méditative, traitement prédictif, codage prédictif, inférence Bayésienne, inférence perceptive, inférence active, électroencéphalographie, potentiels évoqués, négativité de discordance, MMN, modélisation Bayésienne, modélisation computationnelle, perception de la douleur, catastrophisme douleur, défusion cognitive.