

Titre courant : Pleine conscience et désautomatisation

**Pleine conscience et désautomatisation :
Effet des interventions de pleine conscience sur le traitement des
expressions faciales émotionnelles**

Rebecca Shankland^{1,2}, Pauline Favre^{3,4}, Ilios Kotsou^{2,4}, & Martial Mermillod^{5,6}

¹ Université Grenoble Alpes, LIP/PC2S, 38000 Grenoble, France, rebecca.shankland@univ-grenoble-alpes.fr

² Chaire Paix économique, Mindfulness et Bien-être au travail, Grenoble Ecole de Management, 38000 Grenoble, France

³ INSERM U955, team 15 « Translational Neuro-Psychiatry », Créteil, France, pauline@favre-univ.fr

⁴ Neuropsin, CEA Paris – Saclay, 91191 Gif-sur-Yvette, France

⁴ Université Libre de Bruxelles, Belgique, ilios.kotsou@gmail.com

⁵ Université Grenoble Alpes, LPNC, CNRS, 38000 Grenoble, France, martial.mermillod@univ-grenoble-alpes.fr

⁶ Institut Universitaire de France, 75000 Paris, France

Auteur Ressource : LIP/PC2S, 38000 Grenoble, France. Tel. : +33 (0)4 76 82 58 67

Adresse mail : rebecca.shankland@univ-grenoble-alpes.fr

Remerciements

Une bourse a été accordée par l'Université Grenoble Alpes pour réaliser cette étude. Nous tenons également à remercier l'Institut de recherche IRDC pour son aide dans la mise en place du programme FOVEA, la formation des instructeurs FOVEA, et son aide dans le recrutement des participants à l'étude. Nous souhaitons également remercier le service de recherche

SCREEN de la Maison des Sciences de l'Homme-Alpes à Grenoble qui a donné accès au matériel nécessaire pour cette étude de recherche.

Résumé

Objectifs. Des recherches menées par le passé ont suggéré que l'entraînement à la pleine conscience réduit l'automatisme lors du traitement de stimuli socio-émotionnels. Cette étude visait à analyser comment la pratique de la pleine conscience pouvait réduire l'utilisation de connaissances antérieures lors de la reconnaissance d'expressions faciales émotionnelles. En s'appuyant sur le modèle du cerveau prédictif, nous avons émis l'hypothèse que la pratique de la pleine conscience réduirait le traitement descendant des informations de basse fréquence spatiale. **Méthodes.** Cette expérience a comparé les performances d'un groupe pleine conscience ($n = 32$) et d'un groupe contrôle sur liste d'attente ($n = 30$) lors d'une tâche de Stroop émotionnelle réalisée avant et après un programme d'entraînement de 8 semaines. La tâche de Stroop émotionnelle comprenait deux expressions faciales émotionnelles (joie ou colère) placées sous un mot congruent ou incongrue, et était amorcée par des expressions faciales filtrées dans deux bandes de fréquences spatiales : Haute Fréquence Spatiale (HFS) ou Basse Fréquence Spatiale (BFS). **Résultats.** Après avoir mesuré le temps de réaction, les résultats ont montré une interaction significative entre les groupes (pleine conscience vs. contrôle) et les séances (avant vs. après l'entraînement ; $p = 0,04$; $R^2 = 0,001$), indépendamment des canaux de fréquence spatiale. Une analyse de l'interaction a révélé que les participants entraînés à la pleine conscience répondaient de manière significativement plus rapide à tout type d'information que ceux du groupe contrôle. L'interaction Groupe par Session par Amorçage n'était pas significative. **Conclusions.** Ces résultats sont conformes aux recherches soulignant les effets des interventions de pleine conscience sur le contrôle attentionnel global. Plus

précisément, le temps de réaction réduit global n'a pas favorisé des capacités de codage prédictif descendante plus faibles qui seraient spécifiquement actionnées par des canaux à basse fréquence spatiale, mais a indiqué une sensibilité générale à l'environnement perceptif plus importante.

Il est primordial que les systèmes cognitifs soient capables de prévoir et d'anticiper les événements afin de traiter efficacement les informations en provenance de l'environnement complexe (Pezzulo, 2008 ; Pezzulo et al., 2013). Un nombre croissant de recherches suggère cependant qu'étant donné la complexité et l'instabilité de l'environnement, il pourrait également devenir risqué et inadapté pour les individus de se fier uniquement à leurs connaissances antérieures pour percevoir et agir efficacement (Amodio et al., 2007). Cela peut être plus particulièrement le cas lorsque les idées préconçues conduisent à la discrimination (Pearson et al., 2009). Il est nécessaire de réviser constamment les estimations concernant les objets ou les événements environnementaux et de mettre à jour les connaissances antérieures car les prédictions et les attentes ne représentent que les probabilités d'un environnement en évolution (Payzan-LeNestour et al., 2013 ; Schoenbaum et al., 2009). Ainsi, bien que les recherches passées aient montré que la plupart des processus automatiques humains sont un moyen utile d'adaptation aux situations, des études plus récentes ont révélé que ce n'est pas toujours le cas et qu'une plus grande flexibilité cognitive peut contribuer à réduire l'interférence de l'expérience passée sur l'attention au moment présent. En effet, plusieurs études ont souligné qu'une dépendance trop importante à l'égard des catégories, des attentes et des schémas antérieurs peut être associée à une diminution de la flexibilité et à des difficultés d'actualisation des connaissances (Amodio et al., 2007 ; Hinze et al., 1997 ; Hirsh et al., 2012 ; Horstmann, 2015 ; Schützwohl, 1998).

Dans des contextes sociaux, la complexité et l'imprévisibilité des interactions peuvent conduire à des réponses automatiques inappropriées en raison des schémas existants. Par exemple, des événements inattendus lors d'une interaction peuvent être perçus comme des menaces (Bartholow et al., 2001 ; Mendes et al., 2007). Il serait donc utile dans certaines circonstances de pouvoir réduire la tendance à s'appuyer principalement sur des prédictions (c'est-à-dire des processus descendants) et de pouvoir s'appuyer davantage sur des informations provenant des sens (c'est-à-dire des processus ascendants) car cela conduirait à une plus grande flexibilité et à des réponses plus adaptées face à des situations complexes. Il a été démontré que les connaissances antérieures (tels les concepts) peuvent améliorer le traitement des émotions (Nook et al., 2015). Cependant, étant donné le nombre de biais qui émergent non seulement de l'automatisme de la perception mais aussi de l'automatisme du fonctionnement socio-émotionnel comme, par exemple, le dogmatisme (Greenberg et al., 2010 ; Kang et al., 2013 ; Lueke & Gibson, 2014 ; Macrae & Bodenhausen, 2000 ; Olson & Fazio, 2006 ; Whitmarsh et al., 2013), il pourrait être nécessaire de réduire cette tendance par défaut à la prédiction automatique. Les stimuli émotionnels sont souvent utilisés dans ces études car il a été constaté que la tendance et la compétence par défaut à la prédiction, l'anticipation et l'attente sont fortement associées au traitement des émotions dans le cerveau humain (Barrett & Bar, 2009 ; Lebrecht et al., 2012 ; Shenhav et al., 2013).

Afin d'aider les individus à mieux faire face aux changements, à l'incertitude et aux nouvelles actions imposées par l'environnement, la flexibilité cognitive s'avère particulièrement utile. Elle est en partie liée aux processus attentionnels et peut être entraînée. Comme il a été démontré que les pratiques de pleine conscience augmentent les capacités attentionnelles, elles sont considérées comme une forme d'entraînement cognitif qui aide un individu à surveiller et réguler son attention (Lutz et al., 2008). La pleine conscience est définie comme l'état de conscience qui émerge du fait de porter son attention, de façon intentionnelle

et sans jugement de valeur, sur l'expérience qui se déploie dans le présent, moment après moment (Kabat-Zinn, 2003). Elle est considérée comme un moyen de réduire les réactions cognitives et comportementales automatiques inappropriées aux signaux externes et internes (Segal et al., 2002). Les pratiques de pleine conscience sont dérivées des techniques bouddhistes d'entraînement mental dans lesquelles les individus concentrent leur attention sur les événements du présent d'une manière non évaluative et non réactive. Des preuves se sont accumulées concernant les effets des pratiques de pleine conscience sur l'amélioration de la flexibilité cognitive (Heeren et al., 2009) et exécutive (Hodgins & Adair, 2010), et sont associées à des changements neurophysiologiques indiquant une plus grande flexibilité cognitive et physiologique (Deepeshwar et al., 2015 ; Krygier et al., 2013 ; Malinowski, 2013). Des recherches ont été menées sur les effets de la pleine conscience sur des processus automatiques tels que l'interférence dans la tâche de Stroop (Moore & Malinowski, 2009), ou la rigidité cognitive dans la tâche Einstellung de la jarre à eau (Greenberg et al., 2010). Des études passées ont montré que l'entraînement à la pleine conscience améliorait les performances dans des tâches de Stroop (Wang et al., 2012), et que la pleine conscience était liée à une plus grande flexibilité cognitive et physiologique (Burg & Wolf, 2012 ; Garland, 2011 ; Krygier et al., 2013). Plusieurs études ont également attesté que ce type d'entraînement cognitif permet une plus grande flexibilité dans le traitement visuel en réduisant l'utilisation automatique et habituelle de catégories basées sur de nouvelles informations (Hodgins & Adair, 2010 ; Moore et al., 2012 ; Moore & Malinowski, 2009 ; Wenk-Sormaz, 2005).

En ce qui concerne le traitement du signal, le codage prédictif est un moyen économique de percevoir l'environnement puisque les informations attendues sont déjà codées et réutilisées, alors que seules les variations inattendues du stimulus nécessitent d'être traitées (Clark, 2013). Dans le domaine visuel, les prédictions sont générées sur la base de connaissances antérieures activées par une version antérieure du signal visuel qui peut être associé à ces connaissances

(Bar, 2003 ; Bar et al., 2006 ; Chaumon et al., 2013 ; Kveraga et al., 2007). Cette version initiale du stimulus contient les caractéristiques grossières de l'objet et peut activer les représentations associées qui sont codées dans la mémoire afin de guider et de faciliter la perception visuelle (Bar, 2009). La prédiction visuelle peut être à la fois déclenchée et basée sur des caractéristiques visuelles grossières qui peuvent elles-mêmes être sélectionnées artificiellement en images en séparant les basses fréquences spatiales (informations grossières) et les hautes fréquences spatiales (informations fines ; par exemple, Mermillod et al., 2010a, 2010b). Le modèle de Bar (2003) suggère que les basses fréquences spatiales (c'est-à-dire les caractéristiques grossières des stimuli visuels) sont rapidement transmises de la rétine au cortex visuel primaire et, plus important encore, de la rétine au cortex orbitofrontal pour le codage prédictif des scènes visuelles qui sont ensuite reconnues au niveau du cortex temporel (Bar et al., 2006 ; Figure 1). En d'autres termes, le rôle du cortex orbitofrontal est de générer des prédictions (c'est-à-dire des suppositions) sur l'objet à identifier en se basant sur de connaissances antérieures. Ce modèle a été testé dans des études de magnétoencéphalographie pour la reconnaissance d'objets (Bar et al., 2006), et dans des études IRMf pour la catégorisation de scènes (Kauffmann et al., 2014, 2015) qui ont confirmé que le cortex orbitofrontal gauche était activé avant les zones impliquées dans la reconnaissance dans le cortex temporel. Cette activation précoce a été modulée par la faible fréquence spatiale des stimuli, ce qui soutient l'hypothèse selon laquelle il existe une facilitation descendante lors de la reconnaissance des stimuli. Il a ainsi été démontré que le codage prédictif influence d'une manière générale les processus perceptifs, mais des études récentes ont également suggéré une forte implication dans les processus affectifs et la perception des émotions (Barrett & Bar, 2009 ; Lebrecht et al., 2012 ; Shenhav et al., 2013).

Les expressions faciales sont considérées comme des signaux importants pour donner des informations non seulement sur les états intérieurs des personnes mais également sur les événements environnementaux (Waller & Micheletta, 2013). Le succès de la communication

engagée par le biais des expressions faciales dépend de la manifestation et du décodage de celles-ci (Jack, 2013 ; Jack & Schyns, 2015). En ce qui concerne le traitement des expressions faciales émotionnelles, la reconnaissance de l'émotion d'une personne dépend de l'influence descendante liée aux connaissances antérieures (Beffara et al., 2012 ; Brown & Brüne, 2012 ; Hamilton, 2013 ; Likowski et al., 2008 ; Wang & Hamilton, 2012). Conformément au modèle de Bar (2003 ; voir Figure 1), des études passées ont montré que le contenu (informations grossières) à basse fréquence spatiale (BFS) jouait un rôle majeur dans la reconnaissance des expressions faciales émotionnelles (Beffara et al., 2015 ; Mermillod et al., 2010a ; Vlamings et al., 2009).

[Please insert Figure 1. Illustrations du modèle du cerveau prédictif]

L'objectif de la présente étude était de vérifier si les pratiques de pleine conscience pouvaient réduire les processus automatiques (par exemple la lecture d'un mot) lors d'une tâche de Stroop émotionnelle utilisant des amorces de basse et haute fréquence spatiale. Le filtrage et la sélection des fréquences spatiales des stimuli étaient utilisés pour déterminer si l'entraînement à la pleine conscience pouvait améliorer la flexibilité cognitive et réduire davantage les biais associatifs automatiques associés au traitement descendant. Comme le système prédictif a tendance à s'appuyer davantage sur les informations de basse fréquence spatiale lors du traitement d'informations inattendues, l'hypothèse était que l'entraînement à la pleine conscience diminuerait les avantages des amorces BFS observées dans la tâche de Stroop émotionnelle (Beffara et al., 2015). En d'autres termes, nous avons supposé que le temps de réaction pour l'identification des expressions faciales émotionnelles pendant une tâche de Stroop avec des amorçages BFS (vs. HFS) augmenterait après un entraînement à la pleine conscience par rapport à un groupe contrôle en raison de la réduction des prédictions automatiques descendantes. Une formation à la pleine conscience intégrée a été choisie pour cette étude car celle-ci propose un entraînement qui s'appuie essentiellement sur des pratiques

quotidiennes brèves et informelles basées sur des informations perçues par les sens et les mouvements du corps. Ces pratiques visent à réduire les informations descendantes (supposées être transmises par les informations à BFS) et à améliorer la capacité des participants à être ouverts aux nouvelles informations provenant de leurs sens.

Méthodes

Les participants

En prenant modèle sur une étude antérieure sur la tâche de Stroop modifiée avec amorçage à hautes et basses fréquences spatiales (Beffara et al., 2015), il était nécessaire de recruter au moins 30 participants pour chaque condition (groupe expérimental et groupe contrôle sur liste d'attente). Les participants ont été recrutés par le biais de dépliants et par le site web du programme FOVEA. Des adultes de la population générale ont été recrutés et assignés au hasard au groupe FOVEA (groupe expérimental de pleine conscience) ou placés sur une liste d'attente (groupe contrôle) par un assistant de recherche de l'institut Vittoz (plus précisément, les dix premiers participants à contacter l'institut étaient placés dans le groupe expérimental, les dix suivants dans le groupe contrôle, les dix suivants dans le groupe expérimental, etc.). Dans l'échantillon recruté pour l'étude globale FOVEA (Shankland et al., 2020), un sous-échantillon de 70 participants a été contacté pour effectuer la tâche de Stroop émotionnelle. Avant que le programme ne débute, 32 participants du groupe expérimental (âge moyen = 51,13 ans ; 80 % de femmes) et 30 participants du groupe contrôle (âge moyen 46,04 ans ; 93,75 % de femmes) ont consenti à compléter la tâche de Stroop émotionnelle à T1 (c'est-à-dire en début d'étude), parmi lesquels respectivement 25 et 26 ont accompli la tâche à T2 (c'est-à-dire après la fin de la formation du groupe expérimental).

Procédure

Cette étude a été réalisée sur un sous-échantillon de participants d'une étude plus large portant sur les effets d'un programme de pratiques de pleine conscience intégrées appelé

FOVEA qui s'est concentré sur la réduction du stress et l'augmentation du bien-être. FOVEA signifie Flexibilité et Ouverture, basé sur la méthode Vittoz, pour renforcer l'Expérience Attentive. Vittoz était un médecin suisse qui a développé une méthode basée principalement sur des pratiques informelles de pleine conscience (intégrées au quotidien), telles que manger, marcher ou écouter avec attention. Le format du programme était similaire à celui d'interventions validées classiques de pleine conscience en groupe, telles que le programme MBSR (Mindfulness Based Stress Reduction ou Réduction du Stress Basé sur la Pleine Conscience ; Kabat-Zinn, 1990) et le programme MBCT (Mindfulness Based Cognitive Therapy ou Thérapie Cognitive Basée sur la Pleine Conscience ; Segal et al., 2002), avec une séance de deux heures par semaine pendant huit semaines. Dans le programme FOVEA, les pratiques se concentrent chaque semaine sur l'un des cinq sens afin d'entraîner les participants à rester conscients des stimuli et à développer une attitude ouverte, sans jugement et non réactive afin de permettre une réduction de l'interférence descendante.

Pour ce programme (voir le Tableau 1 pour une description des pratiques proposées pendant et entre les sessions), des instructeurs FOVEA ont été recrutés au sein de l'association nationale qui forme les instructeurs Vittoz (quatre ans de formation, avec 24 jours de formation par an, 1 heure de thérapie individuelle par semaine en année 1 et 2, 1 heure de formation individuelle par semaine en année 3 et 4, et de la supervision une fois qualifié pour être instructeur Vittoz). Un groupe de dix praticiens ayant entre 2 et 15 années d'expérience ($m = 9,2$ ans de pratique) a reçu une formation supplémentaire de deux jours dans le cadre du protocole FOVEA afin d'utiliser le manuel correspondant dans le cadre d'une étude plus large sur les pratiques de pleine conscience intégrées (voir Shankland et al., 2020). Parmi ces instructeurs, cinq ont été invités à informer leurs participants qu'ils pouvaient prendre part à la présente étude qui consistait à effectuer une tâche de Stroop émotionnelle avant et après le programme FOVEA (groupe expérimental) ou en attendant le début du programme (groupe contrôle).

Pendant toute la durée de l'étude, les instructeurs ont rempli un cahier de suivi à la fin de chaque session, indiquant les pratiques qui avaient été proposées pendant la session et ajoutant des commentaires pouvant être utiles pour le protocole de recherche. Cette procédure a permis aux chercheurs d'évaluer dans quelle mesure les instructeurs avaient suivi le manuel. Les instructeurs étaient encadrés et pouvaient poser des questions aux chercheurs sur le manuel FOVEA durant toute la durée de l'étude afin d'être au plus près possible des objectifs des chercheurs à chaque session.

[Please insert Table 1]

Cette étude a été approuvée par le comité d'éthique de l'université (CERNI n° 2013-11-06-27). Tous les participants inclus dans l'étude ont signé un formulaire de consentement éclairé et ont reçu 15 euros chaque fois qu'ils complétaient la tâche de Stroop émotionnelle : une fois avant le programme (T1) puis de nouveau à la fin du programme (T2). Le groupe contrôle complétait la même tâche au même intervalle de temps sans participer à la formation. Avant d'effectuer la tâche de Stroop émotionnelle, les participants commençaient par un temps de repos de 5 minutes afin d'être dans un état équivalent.

L'adhésion a été mesurée par un journal de pratique quotidienne rempli par le participant (temps et fréquence de pratique quotidienne inclus) et rapporté à la fin du programme via un questionnaire anonyme en ligne. En moyenne, 95 % des participants ont effectué des pratiques quotidiennes intégrées entre les sessions (voir Shankland et al., 2020).

Les mesures

La tâche de Stroop émotionnelle modifiée a été effectuée individuellement par chaque participant à deux moments de l'étude à un écart d'environ 10 semaines (avant le début du programme du groupe expérimental et après la fin de celui-ci). Les participants étaient assis dans une pièce calme devant un écran d'ordinateur (DELL Inspiron, format 4:3, 15,6 pouces, taux de rafraîchissement = 60 Hz) à une distance de 70 cm. La résolution a été fixée à 640x480

pixels. Les stimuli visés étaient 30 images non filtrées de visages (15 hommes et 15 femmes) exprimant la joie et la colère, tirées de la base de données de la Karolinska Directed Emotional Faces (Calvo & Lundqvist, 2008), et affichées à l'aide du logiciel E-prime (E-prime Psychology Software Tools Inc., Pittsburgh, USA, 256x256 pixels, $\sim 7,60^\circ \times 7,60^\circ$ d'angle visuel). Le mot « joie » ou « colère » était affiché en jaune sur le front du visage (Figure 2). Il y avait 30 visages * 2 émotions * 2 étiquettes = 120 cibles différentes.

[Please insert Figure 2. Exemples de cibles]

Les stimuli d'amorce étaient les mêmes visages que ceux présentés comme cibles mais ils n'étaient pas étiquetés et leur contenu en fréquence spatiale était manipulé (BFS ou HFS ; voir Figure 3). Les stimuli BFS et HFS étaient filtrés (à partir des images originales non filtrées) dans deux bandes de fréquences : moins de 8 cycles par image (cpi) pour BFS, et plus de 64 cpi pour HFS, en utilisant le logiciel MATLAB (MathWorks, Natick, MA). Pour les stimuli choisis dans la base de données (30 visages * 2 émotions), ces deux seuils ont permis de maximiser la différence dans les informations intrinsèques contenues en BFS et HFS (Mermillod et al., 2010a). En d'autres termes, cela permet de maximiser l'écart entre les deux types d'information en évitant le chevauchement des fréquences spatiales (Awasthi et al., 2011 ; Liu et al., 2000).

[Please insert Figure 3. Examples of primes]

Chaque participant a effectué 240 essais présentés en un seul bloc (durée de 15 minutes). Ces 240 essais ont été affichés au hasard et correspondaient à un total de 30 visages affichés par catégorie (30 visages * 2 émotions * 2 étiquettes * 2 amorces). Avant le bloc expérimental, un bloc de pratique a été présenté au participant en présence de l'expérimentateur (8 essais avec des stimuli différents du bloc expérimental). Chaque essai commençait par une croix de fixation affichée pendant 1500 ms. Un stimuli d'amorçage était alors présenté pendant 51 ms. Après l'amorce, un masque apparaissait pendant 33 ms afin de prévenir la persistance rétinienne (masque BFS pour amorce BFS, et masque HFS pour amorce HFS). Les stimuli du masque

étaient générés sur fond de bruit blanc spatial en respectant la diminution en $1/f$ des spectres d'énergie des scènes naturelles (Beffara et al., 2015 ; Mermillod et al., 2010b ; Figure 4).

Après le masque, la cible était affichée jusqu'à ce que le participant réponde et pendant une durée maximum de 2000 ms. La tâche du participant consistait à regarder les stimuli (amorce et cible) et à juger si la cible exprimait la joie ou la colère. Un retour visuel était présenté après la réponse du participant ; « juste » était affiché en bleu si le participant donnait la bonne réponse tandis que « faux » était affiché en rouge si le participant donnait la mauvaise réponse et « pas de réponse » était affiché en noir s'il ne répondait pas dans les 2000 ms. Les réponses étaient données en appuyant avec l'index sur les touches fléchées gauche ou droite du clavier (l'index gauche sur la flèche gauche et l'index droit sur la flèche droite). Les participants devaient appuyer sur la flèche droite pour répondre « joie » et sur la flèche gauche pour répondre « colère ». Nous avons choisi de ne pas contrebalancer le positionnement des réponses car de nombreuses études ont montré, notamment en termes d'hypothèse spécifique au corps (Casasanto, 2009), que pour les droitiers, il existe un lien mental entre l'espace à droite et les concepts positifs (« joie ») et entre l'espace à gauche et les concepts négatifs (« colère »). Ce choix a été fait afin d'essayer de garantir que les réponses soient intuitives, en évitant une éventuelle interférence entre le positionnement de la réponse et l'émotion (De la Vega et al., 2013). Enfin, l'expérimentateur a clairement précisé que le participant devait chercher à être le plus précis et le plus rapide possible, et qu'il n'y aurait pas de pause avant la fin de la tâche.

[Please insert Figure 4. Exemple d'essai]

Analyses des données

Étant donné la taille de l'échantillon recruté ($df = 45$), une puissance = 0,8 et un seuil de signification $p < 0,05$, nous devrions pouvoir observer une ampleur de l'effet de (au moins) $R^2 = 0,17$. Cette analyse a été réalisée avec le progiciel 'pwr' Pack R (<https://github.com/heliosdrm/pwr>). Ce calcul a été effectué sur la base du modèle linéaire

général car de telles estimations sont difficiles à réaliser pour les modèles linéaires mixtes (MLM).

Le temps de réaction (TR) a été la mesure clé dans toutes les analyses. Nous n'avons pas analysé la précision (ACC), car l'ACC moyenne dans toutes les conditions était > 98 % ; néanmoins, seuls les essais corrects ont été inclus dans les analyses TR. Les données ont été analysées à l'aide du logiciel R (R Core Team, 2015) et du progiciel lme4 (Bates et al., 2015). Deux MLM distinctes ont été testées. Tout d'abord, les données recueillies en début d'étude (T1) ont été saisies dans un MLM comprenant des effets fixes pour Congruence (stimuli congruents vs. incongrus), Amorçage (amorces BFS vs. HFS) et Emotion (valence positive vs. négative), ainsi que des interceptions aléatoires pour les participants :

MLM1 : $\log(\text{TR}) \sim \text{Congruence} * \text{Amorçage} * \text{Emotion} + (1 | \text{Participant})$.

Deuxièmement, les données des deux points temporels ont été saisies dans une deuxième MLM comprenant des effets fixes pour Congruence, Amorçage et Emotion (de manière similaire à MLM1), ainsi que des effets fixes supplémentaires pour Groupe (pleine conscience vs. contrôle) et Point Temporel (avant vs. après), des interceptions aléatoires pour Participant et des courbes aléatoires pour Point Temporel :

MLM2 : $\log(\text{TR}) \sim \text{PointTemporel} * \text{Groupe} * \text{Congruence} * \text{Amorçage} * \text{Emotion} + (1 + \text{PointTemporel} | \text{Participant})$.

Résultats

Comme indiqué ci-dessus, l'ACC moyenne par groupe et par point temporel était supérieure à 98 % pour toutes les conditions, de sorte que seul le TR a été pris en compte dans les analyses (voir Tableau 2 pour les statistiques descriptives du TR et des ACC selon chaque condition).

[Please insert Table 2]

Performances en début d'étude

Le MLM1 a révélé un effet significatif de Congruence [$F(1, 14600) = 162,88$, $p < 0,001$], Amorçage [$F(1, 14600) = 5,30$, $p = 0,02$], et Emotion [$F(1, 14600) = 86,62$, $p < 0,001$]. Comme prévu, le TR était plus faible pour les stimuli congruents que pour les stimuli incongrus. Cependant, les amorces HFS ont produit un TR plus rapide que les amorces BFS. Les stimuli avec des expressions de joie ont également produit un TR plus rapide que les expressions de colère. On a également constaté une double interaction significative entre ces trois variables [$F(1, 14600) = 4,09$, $p = 0,04$]. Les comparaisons prévues ont révélé un TR significativement plus rapide pour les stimuli congruents exprimant la colère avec un amorçage HFS par rapport aux stimuli congruents exprimant la colère avec un amorçage BFS [$b = 0,02$; $z = 2,58$; $p = 0,01$] ainsi qu'une tendance à un TR plus rapide pour les stimuli incongrus exprimant la joie avec un amorçage HFS par rapport aux stimuli incongrus exprimant la joie avec un amorçage BFS [$b = 0,01$; $z = 1,75$; $p = 0,08$] (Figure 5).

[Please insert Figure 5]

Afin de simplifier et de comprendre cette interaction à double sens, un modèle réduit a été construit avec la différence de TR entre les stimuli incongrus et congruents (à savoir l'effet de Stroop) comme variable dépendante. Cette analyse n'a montré aucun effet principal significatif pour Amorçage [$F(1, 185,21) = 0,85$, $p = 0,34$] et Emotion [$F(1, 185,21) = 0,35$, $p = 0,55$] mais une interaction significative entre Amorçage et Emotion [$F(1, 185,21) = 3,76$, $p = 0,05$]. L'effet de Stroop était plus faible dans la condition d'amorçage BFS par rapport à la condition d'amorçage HFS, mais seulement pour l'émotion de la colère [$b = 17,63$; $z = 2,01$; $p = 0,04$], et légèrement plus faible pour Joie vs. Colère dans la condition d'amorçage BFS [$b = -15,60$; $z = -1,78$; $p = 0,08$] (Figure 6).

[Please insert Figure 6]

Les effets après un entraînement à la pleine conscience

Comme pour les résultats en début d'étude, l'analyse réalisée avec les deux points temporels a révélé un effet principal significatif de Congruence [$F(1, 26614,1) = 344,18, p < 0,001$], Amorçage [$F(1, 26614,1) = 4,37, p = 0,02$], et Emotion [$F(1, 26614,1) = 105,23, p < 0,001$]. Les TR pour le stimuli congruent étaient plus rapides que ceux pour le stimuli incongrus, plus rapides pour les amorçages HFS vs. BFS, et plus rapides pour Joie vs. Colère. En outre, nous avons observé une interaction significative entre Point Temporel et Groupe [$F(1, 52,3) = 4,37, p = 0,04$]. Les comparaisons post-hoc (test de Tukey) ont révélé que les participants étaient plus rapides après l'entraînement à la pleine conscience [$b = 0,05, z = 10,99, p < 0,001$], et plus lents après le nouveau test sur le groupe contrôle [$b = 0,01, z = 3,92, p < 0,001$], alors qu'il n'y avait pas de différence significative entre les groupes à T1 [$b = 0,01, z = 0,29, p > 0,1$] (Tableau 3, Figure 7).

[Please insert Figure 7]

Il convient toutefois de noter que la Fréquence Spatiale de l'Amorce n'a pas modulé cette interaction, ni au niveau global [Groupe-par-PointTemporel-par-Amorçage : $F(1, 26614,1) = 1,87, p = 0,17$], ni pour les conditions spécifiques Congruence et Emotion [Groupe-par-PointTemporel-par-Congruence-par-Amorçage : $F(1, 26614,1) = 0,26, p = 0,61$; Groupe-par-PointTemporel-par-Amorçage-par-Emotion : $F(1, 26614,1) = 1,29, p = 0,26$; Groupe-par-PointTemporel-par-Congruence-Amorçage-Emotion : $F(1, 26614,1) = 0,53, p = 0,47$]. En d'autres termes, le temps de réaction était plus rapide après l'entraînement à la pleine conscience, indépendamment de la condition expérimentale. Les résultats détaillés de chaque effet testé sont présentés dans le Tableau 3 et la Figure 8.

[Please insert Table 3]

[Please insert Figure 8]

Afin de simplifier le modèle, nous avons également testé un modèle avec l'effet de Stroop [TR(congruent) - TR(incongruent)] comme variable dépendante, et Groupe, Point

Temporel, Amorçage et Emotion comme variables indépendantes. Toutefois, aucun effet significatif n'a été observé avec ce modèle (Tableau 4 et Figure 9). En d'autres termes, l'interaction Amorçage-par-Emotion sur l'effet de Stroop observé en début d'étude n'a pas été modulée par l'effet d'entraînement [Groupe-par-PointTemporel : $F(1, 55,35) = 1,92, p = 0,17$; Groupe-par-PointTemporel-par-Amorçage : $F(1, 335,46) = 0,29, p = 0,59$; Groupe-par-PointTemporel-par-Amorçage-par-Emotion : $F(1, 335,46) = 2,73, p = 0,10$] (voir les statistiques détaillées dans le Tableau 4).

[Please insert Table 4]

[Please insert Figure 9]

Discussion

L'objectif de cette étude était de déterminer dans quelle mesure la pratique de la pleine conscience pouvait réduire l'utilisation des connaissances antérieures à un niveau purement perceptif lors de la reconnaissance d'expressions faciales émotionnelles, par rapport à un groupe contrôle sur liste d'attente. Plus précisément, l'expérience a testé l'effet d'un entraînement à la pleine conscience intégré sur le traitement visuel de bas niveau lors d'une tâche de Stroop émotionnelle. Les hypothèses étaient basées sur des recherches passées qui suggéraient qu'un entraînement à la pleine conscience pouvait conduire à une désautomatisation de la perception. La prévision était que l'utilisation par défaut de caractéristiques grossières pour faire face à l'incertitude (interférence Stroop) serait réduite après l'entraînement à la pleine conscience, mais pas après avoir répété la tâche sans intervention. En début d'étude, une interférence Stroop plus faible a été observée après un amorçage de basse fréquence spatiale, mais uniquement avec la condition Colère. Cependant, contrairement à Beffara et al. (2015), le temps de réaction à T1 n'était pas plus faible en BFS qu'en HFS pour des essais incongrus. Une diminution significative du temps de réaction global après un entraînement à la pleine conscience a été

constatée dans le groupe expérimental alors que celui-ci n'a pas diminué dans le groupe contrôle, mais le temps de réaction plus rapide n'a pas été modulé par la fréquence spatiale.

Comme cette étude a été réalisée au sein d'un sous-échantillon d'une étude plus vaste basée sur des questionnaires autoadministrés, nous n'avons pas utilisé les scores des questionnaires des participants dans la présente étude. Il semble toutefois utile de signaler que les participants inclus dans le programme FOVEA ont considérablement augmenté leurs compétences en matière de pleine conscience, telles que mesurées par le questionnaire Cinq Facettes de la Pleine Conscience (« Five Facet Mindfulness Questionnaire » ou FFMQ ; Baer et al., 2009 ; validation française Heeren et al., 2011) par rapport au groupe contrôle (pour plus d'informations, voir Shankland et al., 2020). Ce résultat précédent a permis de s'assurer que le programme FOVEA a agi sur les capacités de pleine conscience ciblées.

Dans la présente étude, nous avons utilisé une tâche de Stroop émotionnelle avec un amorçage par des expressions faciales émotionnelles filtrées en haute ou basse fréquence spatiale pour mesurer le codage prédictif descendant. Cette tâche a été élaborée conformément au modèle de Bar (2003) qui suggère que les basses fréquences spatiales (caractéristiques grossières des stimuli visuels) sont transmises rapidement de la rétine au cortex visuel primaire et, plus important encore, au cortex orbitofrontal pour le codage prédictif de la scène visuelle. Ces informations sont ensuite reconnues et classées par des processus neuronaux au niveau du cortex temporal. Selon ce modèle, le cortex orbitofrontal génère des prédictions sur l'objet en cours d'identification sur la base de connaissances antérieures de l'individu déclenchées par des informations générées à partir de basses fréquences spatiales. Comme il a été dit plus haut, formuler des prédictions et des attentes sur l'environnement peut être utile pour chercher à optimiser les réponses comportementales sur la base d'expériences antérieures. De cette perspective, les prévisions seront particulièrement utiles dans un environnement complexe et générant des incertitudes. Afin d'induire la complexité, l'incertitude et surtout la nécessité

d'inhiber les réponses cognitives et émotionnelles dans la tâche exécutée, la présentation du stimulus a été conçue sous la forme d'une tâche de Stroop émotionnelle modifiée, c'est-à-dire avec des informations incongrues avec une probabilité de 0,5 (Beffara et al., 2015).

L'entraînement utilisé dans la présente étude (FOVEA) a été conçu pour accroître la flexibilité grâce à un programme d'entraînement à la pleine conscience intégrée. Comme il vise à accroître l'attention et la conscience aux informations provenant des cinq sens et à développer une attitude ouverte, sans jugement critique et non réactive face aux stimuli, il était attendu que ce type d'entraînement réduise l'automatisme de l'influence descendante dans la perception des émotions (telle qu'évaluée dans la présente étude par la tâche de Stroop émotionnelle modifiée).

En ce qui concerne l'objectif de l'étude, nous avons observé que les participants étaient plus rapides après l'entraînement à la pleine conscience que ce qu'ils ne l'avaient été avant, par comparaison au groupe contrôle. Cependant, contrairement à l'hypothèse initiale, cet effet global n'a pas été modulé par le contenu en fréquence spatiale des stimuli. Il semblerait que les réponses plus rapides des participants après l'entraînement, que ce soit dans des situations congruentes ou incongrues, n'étaient pas spécifiques au traitement des stimuli BFS (supposés être implicites et automatiques) ou HFS (supposés être explicites et conscients). Ce résultat semble être conforme aux recherches passées qui ont montré que la pleine conscience augmente le contrôle de l'attention et réduit ainsi le temps de réaction lors de telles tâches (pour plus d'informations, voir Chiesa et al., 2011). Cela suggère que la modulation de ce traitement visuel pourrait ne pas être possible sur une seule fréquence spatiale spécifique mais induirait plutôt une amélioration générale de la reconnaissance des expressions faciales émotionnelles.

Ces résultats sont conformes aux modèles récents de reconnaissance consciente qui ont présenté une convergence de résultats suggérant que les perceptions conscientes de stimuli exogènes peuvent être réalisées dans la voie temporelle corticale (qui traite les informations à haute fréquence spatiale). Par exemple, Navajas et al. (2014) et Quiñero et al. (2008) ont

chacun fourni des données iEEG soulignant l'importance des lobes temporels (par exemple l'hippocampe et le cortex entorhinal) dans la reconnaissance consciente des stimuli visuels. D'autres études de neuroimagerie (c'est-à-dire des études IRMf, iEEG ou MEG pour une haute résolution temporelle) sont nécessaires pour tester les voies neurales supposées être impliquées dans l'expérience réalisée.

Mécanismes Suggérés

Quels mécanismes impliqués dans l'entraînement à la pleine conscience sont susceptibles d'influencer ce traitement visuel de bas niveau des stimuli émotionnels ? Des travaux récents explorant la manière dont la pleine conscience peut réduire l'utilisation de connaissances implicites dans le traitement cognitif des stimuli ont également révélé une diminution des réponses automatiques (Whitmarsh et al., 2013). La préférence et l'utilisation de connaissances implicites ont été évaluées par ces chercheurs après un apprentissage artificiel de la grammaire qui a montré que la pleine conscience (en tant que trait) était négativement associée à la sensibilité à la grammaire. Cela suggère que la dépendance de l'individu à l'égard des connaissances implicites était réduite grâce à une pleine conscience plus importante. Il est intéressant de noter que la réduction du poids de l'expérience passée et de la réponse automatique habituelle peut être adaptative et efficace dans la résolution de problèmes (Greenberg et al., 2010). La manière dont l'entraînement mental a un impact sur la dépendance aux connaissances antérieures est probablement une question d'attention et d'allocation de ressources. En effet, Slagter et autres (2007) ont montré que l'entraînement mental réduisait le clignement attentionnel : ils ont constaté que l'entraînement mental diminuait la dépendance à une première cible pertinente, permettant le traitement d'une deuxième cible pertinente - non pas par une réduction de l'épuisement des ressources, mais plutôt par une réduction de la réactivité attentionnelle. Cette conclusion est importante car elle suggère que l'entraînement

mental peut limiter l'effet d'un stimulus saillant afin de traiter d'autres stimuli pertinents à disposition.

Les résultats de notre étude, combinés à ceux des études mentionnées ci-dessus, ont confirmé l'idée que l'entraînement à la pleine conscience augmente la flexibilité et l'efficacité attentionnelle lors du traitement des stimuli de l'environnement (Hodgins & Adair, 2010 ; Holzel et al., 2011 ; Lutz et al., 2008 ; Moore & Malinowski, 2009). Il existe de plus en plus de preuves que l'entraînement à la pleine conscience augmente la flexibilité cognitive, physiologique (Burg & Wolf, 2012 ; Garland, 2011 ; Krygier et al., 2013) et psychologique, définie par Kashdan & Rottenberg (2010) comme la capacité à maintenir ou modifier un comportement, lorsque cela sert à atteindre un objectif visé, plutôt que d'adopter des comportements automatiques.

Un avantage important de la pleine conscience est la désautomatisation des comportements inadaptés et l'augmentation des comportements adaptatifs (Greenberg et al., 2010 ; Kang et al., 2013 ; Wenk-Sormaz, 2005 ; Whitmarsh et al., 2013). Par exemple, il a été démontré que la désautomatisation et la flexibilité se traduisent par une pro-socialité et une réduction de la discrimination (Flook et al., 2015 ; Kang et al., 2014 ; Lueke & Gibson, 2014). D'autres études sont nécessaires pour étayer le lien entre la pleine conscience, l'automaticité, les processus visuels et la perception de la menace mais des recherches récentes semblent confirmer cette hypothèse (Brown et al., 2012 ; Heppner et al., 2008 ; Kashdan et al., 2011 ; Niemiec et al., 2010).

Limitations et Recherches Futures

La principale limitation est que cette étude n'a pas testé si les changements observés ont été maintenus dans le temps. Une étude de suivi est donc nécessaire afin d'analyser les effets durables de ce programme. Deuxièmement, le programme FOVEA est un nouveau programme de pratiques intégrées de pleine conscience qui n'a pas encore été utilisé de manière intensive.

D'autres études pourraient tester les mêmes hypothèses en se basant sur des programmes classiques de pleine conscience tels que le MBSR ou comparer les deux programmes à une condition contrôle afin d'étudier la spécificité des pratiques quotidiennes informelles par rapport aux pratiques de méditation plus formelles. Par conséquent, les futures études devraient chercher à reproduire ces résultats afin de confirmer l'efficacité des pratiques informelles de pleine conscience sur le traitement de l'information visuelle. En outre, il serait utile de comparer à une condition de contrôle active plutôt qu'à une condition de contrôle sur liste d'attente.

Il serait également utile d'analyser l'effet du genre et l'effet instructeur afin d'établir si ces variables doivent être contrôlées lors de la réalisation d'analyses statistiques. L'échantillon de cette étude étant assez petit, avec seulement 4 à 8 participants par instructeur prenant part à cette expérience, il n'a pas permis de réaliser ces analyses spécifiques. De futures études sur des échantillons plus importants pourraient porter sur des modérateurs spécifiques, tels que l'âge ou les niveaux de dépression, sur des tâches de Stroop émotionnelles modifiées car il a été démontré que ces variables modèrent les bénéfices des programmes de pleine conscience (par exemple, Gallegos et al., 2013).

En résumé, bien que les résultats de cette étude suggèrent que le traitement visuel de bas niveau par défaut proposé par Bar (2003) n'est pas modulé par un entraînement à la pleine conscience, des recherches plus poussées sont encore nécessaires afin d'analyser cet effet plus en détail, par exemple avec des tâches expérimentales utilisant des illusions géométriques-optiques qui sont basées sur des prédictions cognitives descendantes (Kloosterman et al., 2015 ; Meng & Tong, 2004). En outre, comme des recherches antérieures sur la réduction des biais attentionnels grâce à des pratiques de pleine conscience ont suggéré que cet effet pourrait être dû à une réduction du stress social (Lueke & Gibson, 2014), les futures études utilisant ce modèle de recherche devraient mesurer les niveaux de stress avant et après l'intervention. Un autre axe de recherche pourrait également explorer les effets des interventions de pleine

conscience dans un domaine de recherche connexe qui étudie un type différent de traitement de l'information ascendant : la recherche sur l'embodiment (Niedenthal, 2007). Comme l'ont suggéré Michalak et al. (2012), les pratiques de pleine conscience peuvent conduire à des postures modifiées qui, à leur tour, affectent les pensées, ce qui pourrait être l'un des mécanismes de changement dans les programmes de pleine conscience basés sur le traitement ascendant de l'information.

Respect des normes éthiques

Conflit d'intérêt : aucun.

Recherche impliquant des participants humains : Cette étude a été approuvée par le comité d'éthique de l'Université Grenoble Alpes et a été réalisée conformément aux normes éthiques définies dans la Déclaration d'Helsinki de 1964.

Consentement éclairé : Le consentement éclairé a été obtenu de chaque participant inclus dans l'étude.

Contribution des auteurs :

RS : a conçu et réalisé l'étude, rédigé l'introduction et les sections « méthodes » et « discussion » de l'article. PF : a effectué les analyses statistiques et a rédigé les résultats ainsi qu'une partie des sections « méthodes » et « discussion ». IK : a contribué à la conception de l'étude et à la rédaction de l'article. MM : a conçu l'étude et contribué à l'analyse des données et à la rédaction de l'article. Tous les auteurs ont approuvé la version finale du manuscrit pour soumission.

References

Amodio, D. M., Jost, J. T., Master, S. L., & Yee, C. M. (2007). Neurocognitive correlates of liberalism and conservatism. *Nature Neuroscience*, 10(10), 1246–1247. doi:10.1038/nn1979

- Awasthi, B., Friedman, J., & Williams, M. A. (2011). Faster, stronger, lateralized: Low spatial frequency information supports face processing. *Neuropsychologia*, 49(13), 3583–3590. doi:10.1016/j.neuropsychologia.2011.08.027
- Baer, R. A., Smith, G. T., Lykins, E., et al. (2008). Construct validity of the five facet mindfulness questionnaire in meditating and nonmeditating samples. *Assessment*, 15, 329–342. doi:10.1177/1073191107313003
- Bar, M. (2003). A cortical mechanism for triggering top-down facilitation in visual object recognition. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 15, 600–609. doi:10.1162/089892903321662976
- Bar, M. (2009). The proactive brain: Memory for predictions. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series B, Biological Sciences*, 364, 1235–1243. doi:10.1098/rstb.2008.0310
- Barrett, L. F., & Bar, M. (2009). See it with feeling: Affective predictions during object perception. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series B, Biological Sciences*, 364, 1325–1334. doi:10.1098/rstb.2008.0312
- Bartholow, B. D., Fabiani, M., Gratton, G., & Bettencourt, B. a. (2001). A psychophysiological examination of cognitive processing of and affective responses to social expectancy violations. *Psychological Science*, 12(3), 197–204. doi:10.1111/1467-9280.00336
- Bates, D., Maechler, M., Bolker, B., & Walker, S. (2015). *lme4: Linear Mixed-Effects Models Using Eigen and S4. R package version 1.1-10*, URL <http://CRAN.R-project.org/package=lme4>.
- Beffara, B., Ouellet, M., Vermeulen, N., Basu, A., Morisseau, T., & Mermillod, M. (2012). Enhanced embodied response following ambiguous emotional processing. *Cognitive Processing*, 13 Suppl 1, S103–6. doi:10.1007/s10339-012-0468-6
- Beffara, B., Wicker, B., Vermeulen, N., Ouellet, M., Bret, A., Molina, M. J. F., & Mermillod, M. (2015). Reduction of interference effect by low spatial frequency information priming in an emotional Stroop task. *Journal of Vision*, 15, 16. doi:10.1167/15.6.16
- Brown, E. C., & Brüne, M. (2012). The role of prediction in social neuroscience. *Frontiers in Human Neuroscience*, 6(May), 147. doi:10.3389/fnhum.2012.00147

- Brown, K. W., Weinstein, N., & Creswell, J. D. (2012). Trait mindfulness modulates neuroendocrine and affective responses to social evaluative threat. *Psychoneuroendocrinology*, 37(12), 2037–2041. doi:10.1016/j.psyneuen.2012.04.003
- Burg, J. M., & Wolf, O. T. (2012). Mindfulness as self-regulated attention. *Swiss Journal of Psychology*, 71(3), 135–139. doi:10.1024/1421-0185/a000080
- Calvo, M. G., & Lundqvist, D. (2008). Facial expressions of emotion (KDEF): Identification under different display-duration conditions. *Behavior Research Methods*, 40(1), 109–115. doi:10.3758/BRM.40.1.109
- Casasanto, D. (2009). Embodiment of abstract concepts: good and bad in right- and left-handers. *Journal of Experimental Psychology*, 138, 351–367. doi:10.1037/a0015854
- Chaumon, M., Kveraga, K., Barrett, L. F., & Bar, M. (2013). Visual predictions in the orbitofrontal cortex rely on associative content. *Cerebral Cortex*, 1–9. doi:10.1093/cercor/bht146
- Chiesa, A., Calati, R., & Serretti, A. (2011). Does mindfulness training improve cognitive abilities? A systematic review of neuropsychological findings. *Clinical Psychology Review*, 31, 449–464. doi:10.1016/j.cpr.2010.11.003
- Clark, A. (2013). Whatever next? Predictive brains, situated agents, and the future of cognitive science. *Behavioral and Brain Sciences*, 36, 181–204. doi:10.1017/S0140525X12000477
- De la Vega, I., Dudschig, C., De Filippis, M., Lachmair, M., & Kaup, B. (2013). Keep your hands crossed: The valence-by-left/right interaction is related to hand, not side, in an incongruent hand-response key assignment. *Acta Psychologica*, 142, 273–277. doi:10.1016/j.actpsy.2012.12.011
- Deepeshwar, S., Vinchurkar, S. A., Visweswaraiah, N. K., & Nagendra, H. R. (2015). Hemodynamic responses on prefrontal cortex related to meditation and attentional task. *Frontiers in Systems Neuroscience*, 8, 1–13. doi:10.3389/fnsys.2014.00252
- Flook, L., Goldberg, S. B., Pinger, L., & Davidson, R. J. (2015). Promoting prosocial behavior and self-regulatory skills in preschool children through a mindfulness-based kindness curriculum. *Developmental Psychology*, 51(1), 44–51. doi: 10.1037/a0038256

- Gallegos, A. M., Hoerger, M., Talbot, N. L., Moynihan, J. A., & Duberstein, P. R. (2013). Emotional benefits of mindfulness-based stress reduction in older adults: the moderating roles of age and depressive symptom severity. *Aging and Mental Health*, 17(7), 823-829.
- Garland, E. L. (2011). Trait mindfulness predicts attentional and autonomic regulation of alcohol cue-reactivity. *Journal of Psychophysiology*, 25(4), 180–189. doi:10.1027/0269-8803/a000060
- Greenberg, J., Reiner, K., & Meiran, N. (2010). “Mind the trap”: mindfulness practice reduces cognitive rigidity. *PLoS ONE*, 5(1). doi:10.1371/journal.pone.0036206
- Hamilton, A. F. D. C. (2013). The mirror neuron system contributes to social responding. *Cortex*, 49(10), 2957–9. doi:10.1016/j.cortex.2013.08.012
- Heeren, A., Douilliez, C., Peschard, V., Debrauwere, L., & Philippot, P. (2011). Cross-cultural validity of the Five Facets Mindfulness Questionnaire: Adaptation and validation in a French-speaking sample. *European Review of Applied Psychology*, 61, 147-151.
- Heeren, A., Van Broeck, N., & Philippot, P. (2009). The effects of mindfulness on executive processes and autobiographical memory specificity. *Behavior Research Therapy*, 47(5), 403-409. doi:10.1016/j.brat.2009.01.017
- Heppner, W. L., Kernis, M. H., Lakey, C. E., Campbell, W. K., Goldman, B. M., Davis, P. J., & Cascio, E. V. (2008). Mindfulness as a means of reducing aggressive behavior: Dispositional and situational evidence. *Aggressive Behavior*, 34(5), 486–496. doi:10.1002/ab.20258
- Hinze, T., Doster, J., & Joe, V. C. (1997). The relationship of conservatism and cognitive-complexity. *Personality and Individual Differences*, 22(2), 297–298. doi:10.1016/S0191-8869(96)00171-7
- Hirsh, J. B., Mar, R. A., & Peterson, J. B. (2012). Psychological entropy: A framework for understanding uncertainty-related anxiety. *Psychological Review*, 119(2), 304–320. doi:10.1037/a0026767
- Hodgins, H. S., & Adair, K. C. (2010). Attentional processes and meditation. *Consciousness and Cognition*, 19(4), 872–878. doi:10.1016/j.concog.2010.04.002
- Holzel, B. K., Lazar, S. W., Gard, T., Schuman-Olivier, Z., Vago, D. R., & Ott, U. (2011). How does mindfulness meditation work? Proposing mechanisms of action from a conceptual and neural

- perspective. *Perspectives on Psychological Science*, 6, 537–559.
doi:10.1177/1745691611419671
- Horstmann, G. (2015). The surprise-attention link: A review. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1339(1), 106–115. doi:10.1111/nyas.12679
- Jack, R. E. (2013). Culture and facial expressions of emotion. *Visual Cognition*, 21(9-10), 1248–1286.
doi:10.1080/13506285.2013.835367
- Jack, R. E., & Schyns, P. G. (2015). The human face as a dynamic tool for social communication. *Current Biology*, 25(14), R621–R634. doi:10.1016/j.cub.2015.05.052
- Kabat-Zinn, J. (1990). *Full catastrophe living: Using the wisdom of your mind to face stress, pain and illness*. New York: Dell Publishing.
- Kabat-Zinn, J. (2003). Mindfulness-Based Interventions in context: Past, present, and future. *Clinical Psychology: Science and Practice*, 10(2), 144-156. doi:10.1093/clipsy/bpg016
- Kang, Y., Gruber, J., & Gray, J. R. (2013). Mindfulness and de-automatization. *Emotion Review*, 5(2), 192–201. doi:10.1177/1754073912451629
- Kashdan, T. B., Afram, A., Brown, K. W., Birnbeck, M., & Drvoshanov, M. (2011). Curiosity enhances the role of mindfulness in reducing defensive responses to existential threat. *Personality and Individual Differences*, 50(8), 1227–1232. doi:10.1016/j.paid.2011.02.015
- Kashdan, T., & Rottenberg, J. (2010). Psychological flexibility as a fundamental aspect of health. *Clinical Psychology Review*, 30(7), 865–878. doi: 10.1016/j.cpr.2010.03.001
- Kauffmann, L., Chauvin, A., Pichat, C., & Peyrin, C. (2015). Effective connectivity in the neural network underlying coarse-to-fine categorization of visual scenes. A dynamic causal modeling study. *Brain and Cognition*, 99, 46–56. doi:10.1016/j.bandc.2015.07.004
- Kauffmann, L., Ramanoël, S., & Peyrin, C. (2014). The neural bases of spatial frequency processing during scene perception. *Frontiers in Integrative Neuroscience*, 8, 37.
doi:10.3389/fnint.2014.00037

- Kloosterman, N. A., Meindertsma, T., Hillebrand, A., van Dijk, B. W., Lamme, V. A., & Donner, T. H. (2015). Top-down modulation in human visual cortex predicts the stability of a perceptual illusion. *Journal of Neurophysiology*, 113(4), 1063–1076. doi: 10.1152/jn.00338.2014
- Krygier, J. R., Heathers, J. A. J., Shahrestani, S., Abbott, M., Gross, J. J., & Kemp, A. H. (2013). Mindfulness meditation, well-being, and heart rate variability: A preliminary investigation into the impact of intensive Vipassana meditation. *International Journal of Psychophysiology*, 89(3), 305–313. doi:10.1016/j.ijpsycho.2013.06.017
- Kveraga, K., Ghuman, A. S., & Bar, M. (2007). Top-down predictions in the cognitive brain. *Brain and Cognition*, 65, 145–168. doi:10.1016/j.bandc.2007.06.007
- Lebrecht, S., Bar, M., Barrett, L. F., & Tarr, M. J. (2012). Micro-valences: Perceiving affective valence in everyday objects. *Frontiers in Psychology*, 3, 107. doi:10.3389/fpsyg.2012.00107
- Likowski, K. U., Mühlberger, A., Seibt, B., Pauli, P., & Weyers, P. (2008). Modulation of facial mimicry by attitudes. *Journal of Experimental Social Psychology*, 44(4), 1065–1072. doi:10.1016/j.jesp.2007.10.007
- Liu, C. H., Collin, C. a, Rainville, S. J. M., & Chaudhuri, A. (2000). The effects of spatial frequency overlap on face recognition. *Journal of Experimental Psychology*, 26(3), 956–979. doi:10.1037/0096-1523.26.3.956
- Lueke, A., & Gibson, B. (2014). Mindfulness meditation reduces implicit age and race bias: The role of reduced automaticity of responding. *Social Psychological and Personality Science*, 6(3), 1–8. doi:10.1177/1948550614559651
- Lutz, A., Slagter, H. a., Dunne, J. D., & Davidson, R. J. (2008). Attention regulation and monitoring in meditation. *Trends in Cognitive Sciences*, 12(4), 163–169. doi:10.1016/j.tics.2008.01.005
- Macrae, C. N., & Bodenhausen, G. V. (2000). Social cognition: Thinking categorically about others. *Annual Review of Psychology*, 51, 93–120. doi:10.1146/annurev.psych.51.1.93
- Malinowski, P. (2013). Neural mechanisms of attentional control in mindfulness meditation. *Frontiers in Neuroscience*, 7, 1–11. doi:10.3389/fnins.2013.00008
- Mendes, W. B., Blascovich, J., Hunter, S. B., Lickel, B., & Jost, J. T. (2007). Threatened by the unexpected: Physiological responses during social interactions with expectancy-violating

- partners. *Journal of Personality and Social Psychology*, 92(4), 698–716. doi:10.1037/0022-3514.92.4.698
- Meng, M., & Tong, F. (2004). Can attention selectively bias bistable perception? Differences between binocular rivalry and ambiguous figures. *Journal of Vision*, 4(7), 2–2. doi:10.1167/4.7.2
- Mermillod, M., Bonin, P., Mondillon, L., Alleysson, D., & Vermeulen, N. (2010a). Coarse scales are sufficient for efficient categorization of emotional facial expressions: Evidence from neural computation. *Neurocomputing*, 73(13-15), 2522–2531. doi:10.1016/j.neucom.2010.06.002
- Mermillod, M., Droit-Volet, S., Devaux, D., Schaefer, A., & Vermeulen, N. (2010b). Are coarse scales sufficient for fast detection of visual threat? *Psychological Science*, 21, 1429–1437. doi:10.1177/0956797610381503
- Michalak, J., Burg, J., & Heidenreich, T. (2012). Don't forget your body: Mindfulness, embodiment, and the treatment of depression. *Mindfulness*, 3(3), 190–199. doi:10.1007/s12671-012-0107-4
- Moore, A., Gruber, T., Deroose, J., & Malinowski, P. (2012). Regular, brief mindfulness meditation practice improves electrophysiological markers of attentional control. *Frontiers in Human Neuroscience*, 6, 1–15. doi:10.3389/fnhum.2012.00018
- Moore, A., & Malinowski, P. (2009). Meditation, mindfulness and cognitive flexibility. *Consciousness and Cognition*, 18(1), 176–186. doi:10.1016/j.concog.2008.12.008
- Navajas, J., Rey, H. G., & Quiñero, R. (2014). Perceptual and contextual awareness: Methodological considerations in the search for the neural correlates of consciousness. *Frontiers in Psychology*, 5, 959. doi: 10.3389/fpsyg.2014.00959
- Niedenthal, P. M. (2007). Embodying emotion. *Science*, 316, 1002–1005. doi:10.1126/science.1136930
- Niemiec, C. P., Brown, K. W., Kashdan, T. B., Cozzolino, P. J., Breen, W. E., Levesque-Bristol, C., & Ryan, R. M. (2010). Being present in the face of existential threat: The role of trait mindfulness in reducing defensive responses to mortality salience. *Journal of Personality and Social Psychology*, 99(2), 344–365. doi:10.1037/a0019388

- Nook, E. C., Lindquist, K. A., & Zaki, J. (2015). A new look at emotion perception: Concepts speed and shape facial emotion recognition.. *Emotion*, 15, 569-578. doi: 10.1037/a0039166
- Olson, M. A., & Fazio, R. H. (2006). Reducing automatically activated racial prejudice through implicit evaluative conditioning. *Personality and Social Psychology Bulletin*, 32(4), 421–433. doi:10.1177/0146167205284004
- Payzan-LeNestour, E., Dunne, S., Bossaerts, P., & O’Doherty, J. (2013). The neural representation of unexpected uncertainty during value-based decision-making. *Neuron*, 79(1), 191–201. doi:10.1016/j.neuron.2013.04.037
- Pearson, A. R., Dovidio, J. F., & Gaertner, S. L. (2009). The nature of contemporary prejudice: Insights from aversive racism. *Social and Personality Psychology Compass*, 3(3), 314–338. <https://doi.org/10.1111/j.1751-9004.2009.00183.x>
- Pezzulo, G. (2008). Coordinating with the future: The anticipatory nature of representation. *Minds and Machines*, 18, 179–225. doi:10.1007/s11023-008-9095-5
- Pezzulo, G., Candidi, M., Dindo, H., & Barca, L. (2013). Action simulation in the human brain: Twelve questions. *New Ideas in Psychology*, 31, 270–290. doi:10.1016/j.newideapsych.2013.01.004
- Philippot, P., & Douilliez, C. (2005). Social phobics do not misinterpret facial expression of emotion. *Behaviour Research and Therapy*, 43(5), 639–652. doi:10.1016/j.brat.2004.05.005
- Quian Quiroga, R., Mukamel, R., Isham, E. A., Malach, R., & Fried, I. (2008). Human single-neuron responses at the threshold of conscious recognition. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 105, 3599-3604. doi: 10.1073/pnas.0707043105
- Schoenbaum, G., Roesch, M. R., Stalnaker, T. A., & Takahashi, Y. K. (2009). A new perspective on the role of the orbitofrontal cortex in adaptive behaviour. *Nature Reviews*, 10, 885–892. doi:10.1038/nrn2753
- Schützwohl, A. (1998). Surprise and schema strength. *Journal of Experimental Psychology*, 24(5), 1182–1199. doi:10.1037/0278-7393.24.5.1182
- Segal, Z. V., Williams, J. M. G., & Teasdale, J. D. (2002). *Mindfulness-based cognitive therapy for depression: A new approach to preventing relapse*. New York, NY: Guilford.

- Shankland, R., Tessier, D., Strub, L., Gauchet, A., & Baeyens, C. (2020). Improving mental health and well-being through informal mindfulness practices: An intervention study. *Applied Psychology Health & Well-Being*. doi:10.1111/aphw.12216
- Shenhav, A., Barrett, L. F., & Bar, M. (2013). Affective value and associative processing share a cortical substrate. *Cognitive, Affective & Behavioral Neuroscience*, 13(1), 46–59. doi:10.3758/s13415-012-0128-4
- Slagter, H. a., Lutz, A., Greischar, L. L., Francis, A. D., Nieuwenhuis, S., Davis, J. M., & Davidson, R. J. (2007). Mental training affects distribution of limited brain resources. *PLoS Biology*, 5(6), 1228–1235. doi:10.1371/journal.pbio.0050138
- Vlamings, P. H. J. M., Goffaux, V., & Kemner, C. (2009). Is the early modulation of brain activity by fearful facial expressions primarily mediated by coarse low spatial frequency information. *Journal of Vision*, 9, 1-13. doi:10.1167/9.5.12
- Waller, B. M., & Micheletta, J. (2013). Facial expression in nonhuman animals. *Emotion Review*, 5(1), 54–59. doi:10.1177/1754073912451503
- Wang, Y., & Hamilton, A. F. D. C. (2012). Social top-down response modulation (STORM): A model of the control of mimicry in social interaction. *Frontiers in Human Neuroscience*, 6, 1–10. doi:10.3389/fnhum.2012.00153
- Wang, Y., Xin, T.-T., Liu, X.-H., Zhang, Y., Lu, H.-H., & Zhai, Y.-B. (2012). Mindfulness can reduce automatic responding: Evidences from Stroop task and prospective memory task. *Acta Psychologica Sinica*, 44(9), 1180-1188. doi:10.3724/SP.J.1041.2012.01180
- Wenk-Sormaz, H. (2005). Meditation can reduce habitual responding. *Alternative Therapies in Health and Medicine*, 11(2), 42–58. Retrieved from <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/15819448>
- Whitmarsh, S., Uddén, J., Barendregt, H., & Petersson, K. M. (2013). Mindfulness reduces habitual responding based on implicit knowledge: Evidence from artificial grammar learning. *Consciousness and Cognition*, 22(3), 833–845. doi:10.1016/j.concog.2013.05.007