

Licence : Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0)



MÉDITATION DE PLEINE CONSCIENCE IMMERSIVE ET NON IMMERSIVE

Efficacité comparative d'une séance de méditation en réalité virtuelle et en format audiovisuel sur l'affect positif,

la pleine conscience et l'activation sympathique chez des adultes sains

Karin Nicole Rauseo^{1,2},

¹ Unité de psychologie clinique et de la santé, Université de Fribourg, Suisse

***Auteur-e correspondant-e** : Karin Nicole Rauseo, karin.rauseo@unifr.ch

Citation : Rauseo, K.N., (2026). Méditation de pleine conscience immersive et non immersive. Efficacité comparative d'une séance de méditation en réalité virtuelle et en format audiovisuel sur l'affect positif, la pleine conscience et l'activation sympathique chez des adultes sains. *Cortica*, 5(2), 174–263. <https://doi.org/10.26034/cortica.2026.11661> (rédaction)

Résumé

Contexte : Les pratiques de méditation de pleine conscience (MPC) ont démontré des bénéfices consolidés sur le bien-être émotionnel et la régulation physiologique. Dans ce contexte, la réalité virtuelle (RV) émerge comme un outil innovant susceptible de renforcer ces effets grâce à ses propriétés immersives favorisant l'engagement attentionnel et la présence dans le moment présent. Toutefois, la supériorité de la MPC en RV par rapport aux modalités non immersives reste à confirmer, notamment en ce qui concerne la modulation de l'affect positif, de l'état de pleine conscience et de l'activation sympathique.

Méthodes : 94 adultes sains ont été assignés aléatoirement à deux conditions : méditation de pleine conscience audio-guidée en RV ($n = 45$) ou sur écran ($n = 49$). L'affect positif (PANAS), l'état de pleine conscience (SMS) et l'activation sympathique (EDA) ont été mesurés avant et après une séance de méditation de dix minutes. Une analyse de modération a examiné si la modalité de méditation modérait la relation entre l'activation sympathique initiale et l'état de pleine conscience post-méditation. Le rôle de la familiarité avec la RV a également été exploré.

Résultats : Une seule séance de méditation a entraîné une augmentation significative de l'état de pleine conscience dans les deux conditions, ainsi qu'une réduction de l'activation sympathique. La diminution observée de l'affect positif global reflète vraisemblablement un biais de mesure du PANAS : la sélection de ses items, centrée sur l'affect positif à haute activation, notamment des états tels que l'enthousiasme et l'excitation, introduit une déviation systématique

dans un contexte méditatif, où sont précisément induits des états à basse activation, tels que l'équanimité et le calme. L'analyse des items individuels révèle en effet une réduction de certains affects à haute activation et une augmentation des certains affects autoréférentiels positifs. Aucune supériorité de la RV n'a été observée pour l'une ou l'autre des variables. La réduction de l'activation sympathique s'est avérée plus marquée dans la condition sur écran. Ni la modalité de méditation ne modère la relation entre activation sympathique et pleine conscience, ni la familiarité avec la RV n'amplifie les effets de la pratique.

Conclusions : Ces résultats suggèrent que les bénéfices d'une séance de MPC sur la pleine conscience, l'affect positif et la régulation physiologique relèvent principalement de la pratique méditative elle-même, indépendamment du support technologique. La modalité sur écran s'avère aussi efficace que la RV, voire plus efficace pour la réduction de l'activation sympathique, ce qui constitue un avantage applicatif notable en termes d'accessibilité. Les recherches futures devraient clarifier les conditions dans lesquelles la RV peut offrir un avantage spécifique, en tenant compte des facteurs individuels, de la durée des interventions et des limites inhérentes aux dispositifs immersifs.

Mots-clés : Réalité virtuelle, méditation de pleine conscience, activation sympathique, affect positif, familiarité avec la RV

Abstract

Theoretical background: Mindfulness meditation practices have demonstrated well-established benefits for emotional well-being and physiological regulation. In this context, virtual reality (VR) has emerged as an innovative tool that may enhance these effects through its immersive properties, which promote attentional engagement and present-moment awareness. However, the superiority of VR-based mindfulness meditation over non-immersive modalities remains to be confirmed, particularly regarding the modulation of positive affect, mindfulness state, and sympathetic activation.

Methods: 94 healthy adults were randomly assigned to one of two conditions: audio-guided mindfulness meditation in VR ($n = 45$) or on screen ($n = 49$). Positive affect (PANAS), mindfulness state (SMS), and sympathetic activation (EDA) were measured before and after a ten-minute meditation session. A moderation analysis examined whether the meditation modality moderated

the relationship between initial sympathetic activation and post-meditation mindfulness state. The role of VR familiarity was also explored.

Results: A single meditation session led to a significant increase in mindfulness state in both conditions, as well as a reduction in sympathetic activation. The observed decrease in overall positive affect likely reflects a measurement bias inherent to the PANAS: the selection of its items, centered on highactivation positive affect, notably states such as enthusiasm and excitement, introduces a systematic deviation in a meditative context, where precisely low-activation affective states, such as equanimity and calm, are induced. Item-level analysis indeed revealed a reduction in certain high-activation affects alongside an increase in some positive self-referential affects. No superiority of VR was observed for any of the variables. The reduction in sympathetic activation was more pronounced in the on-screen condition. Neither the meditation modality moderated the relationship between sympathetic activation and mindfulness state, nor did familiarity with VR amplify the effects of the practice.

Conclusions: These findings suggest that the benefits of a mindfulness meditation session on presentmoment awareness, positive affect and physiological regulation are primarily attributable to the meditative practice itself, regardless of the technological medium. The screen-based modality proved as effective as VR, and may even be more effective in reducing sympathetic activation, representing a notable applicative advantage in terms of accessibility. Future research should clarify the conditions under which VR may offer specific benefits, taking into account individual factors, intervention duration, and the inherent limitations of immersive devices.

Keywords: Virtual reality, mindfulness meditation, sympathetic activation, positive affect, VR familiarity

Introduction

Au cours des dernières années, l'intérêt pour les interventions visant à promouvoir le bien-être et à prévenir la détresse psychologique a augmenté (Van Dam et al., 2018 ; Organisation mondiale de la Santé, 2022). Dans ce contexte, les pratiques de pleine conscience ont montré leur efficacité sur le bien-être psychologique et émotionnel (Barcaccia et al., 2024 ; Döllinger et al., 2021 ; Jamil

et al., 2023 ; Ngô, 2013). Leur introduction dans la pratique clinique occidentale a été menée par Jon Kabat-Zinn, qui a étudié les effets de la méditation dans différents contextes psychopathologiques (Döllinger et al., 2021 ; Hölzel et al., 2011 ; Van Dam et al., 2018). Subséquemment, l'intégration des principes de la pleine conscience dans la clinique a favorisé le développement d'interventions structurées basées sur la pleine conscience (*Mindfulness-Based Interventions* ; MBI) et a enrichi des approches comportementales et cognitives préexistantes, en plaçant la conscience au centre des processus thérapeutiques (Barcaccia et al., 2024 ; Calderone et al., 2024 ; McKeen et al., 2023 ; Wielgosz et al., 2019). De plus, la recherche sur les MBI s'est étendue suite à un intérêt croissant pour l'identification des mécanismes favorisant les changements et à l'adoption d'approches de plus en plus structurées (Dimidjian & Segal, 2015).

Dans ce contexte, la méditation de pleine conscience (MPC), fondement des MBI, représente une pratique accessible et universelle (Barcaccia et al., 2024 ; Komariah et al., 2023), qui s'est avérée efficace dans la réduction de l'anxiété, du stress et de la dépression (Barcaccia et al., 2024 ; Ngô, 2013 ; Shearer et al., 2016 ; Vancappel et al., 2023 ; Zollars et al., 2019), ainsi que dans l'amélioration de la régulation émotionnelle (Eisenbeck et al., 2018 ; Fredrickson et al., 2017 ; Wu et al., 2019) et des ressources attentionnelles (Wielgosz et al., 2019), même chez des individus sains (Barcaccia et al., 2024). En particulier, de nombreuses études documentent les bénéfices de la MPC dans l'augmentation de l'affect positif (Fredrickson et al., 2017 ; Jislin-Goldberg et al., 2012) et dans la promotion de réponses de relaxation, à travers l'équilibre du système sympathique-vagal (Calderone et al., 2024 ; De Zambotti et al., 2022 ; Hölzel et al., 2011 ; Khalsa et al., 2015). Ces effets mettent en évidence le potentiel de la MPC dans le contexte contemporain, marqué par une diminution généralisée du bien-être psychologique (Barcaccia et al., 2024 ; Komariah et al., 2023 ; Shearer et al., 2016). En particulier, la MPC constituerait une ressource pour le développement d'interventions thérapeutiques basées sur la régulation émotionnelle et la résilience psychologique, capables de favoriser des bénéfices à long terme sur la santé mentale (Fredrickson et al., 2017 ; Jislin-Goldberg et al., 2012).

Cependant, malgré les bénéfices reconnus, la MPC présente certaines limites, notamment l'effort cognitif requis, qui peut rendre la pratique fatigante et générer des sentiments de frustration ou d'ennui (Kosunen et al., 2016 ; Poetar et al., 2023 ; Seabrook et al., 2020). Dans ce contexte, la réalité virtuelle (RV) émerge comme un outil de soutien aux pratiques méditatives traditionnelles en promouvant l'adhésion et la motivation (Arpaia et al., 2022 ; Chandrasiri et al., 2020 ; Kosunen et al., 2016 ; Shankar et al., 2025). En particulier, grâce à ses propriétés immersives, la RV favorise l'absorption attentive et le maintien de la conscience dans le moment présent, en limitant

les interférences environnementales et la divagation mentale (Cinalioglu et al., 2023 ; Hanna et al., 2025 ; Kelly et al., 2022 ; Seabrook et al., 2020). À cet égard, les résultats mettent en évidence une association entre la MPC en RV et plusieurs effets bénéfiques, notamment un engagement et une profondeur méditative accrus (Arpaia et al., 2022), des niveaux élevés de pleine conscience (Modrego-Alarcón et al., 2025 ; Navarro-Haro et al., 2017 ; Xie et al., 2025) et d'affect positif (Ma et al., 2023 ; Miller et al., 2021), ainsi que des réponses de relaxation et une réduction du stress (Arpaia et al., 2022 ; Cawley & Tejeiro, 2024 ; Costa et al., 2020 ; De Zambotti et al., 2022 ; King et al., 2024). De plus, dans ce contexte, les environnements virtuels naturels semblent amplifier les effets de la pratique, en alimentant les expériences méditatives (Costa et al., 2019, 2020 ; Döllinger et al., 2021 ; Wang et al., 2022), la régulation émotionnelle et la récupération psychophysiologique (King et al., 2024 ; Knaust et al., 2022 ; Marocco et al., 2025). Ces résultats suggèrent que, grâce à une immersion accrue et à la reproduction de la nature, la MPC en RV pourrait s'avérer tout aussi efficace, voire plus, que les modalités moins immersives pour promouvoir les bénéfices de la pratique (Arpaia et al., 2022 ; Kosunen et al., 2016 ; Xie et al., 2025).

Toutefois, le potentiel de la MPC en RV nécessite d'autres confirmations (Arpaia et al., 2022 ; King et al., 2024 ; Wang et al., 2022). En particulier, bien que la littérature rapporte des perceptions généralement positives à l'égard de la RV (Meshkat et al., 2024), elle présente certaines limites pouvant atténuer les effets des pratiques méditatives (Costa et al., 2020 ; Gao et al., 2024 ; Salminen et al., 2024).

De plus, les recherches ont jusqu'à présent négligé le rôle des facteurs individuels et de la perception subjective des expériences en RV, éléments essentiels pour comprendre les bénéfices des interventions méditatives virtuelles (Kelly et al., 2022 ; Modrego-Alarcón et al., 2025 ; Seabrook et al., 2020). En particulier, la qualité de l'immersion perçue, l'acceptation de la technologie et la familiarité avec la RV se sont révélées être des dimensions fondamentales à étudier afin d'optimiser l'efficacité de la MPC dans des contextes immersifs (Gao et al., 2024 ; Hitos-Garcia et al., 2025 ; Kelly et al., 2022).

Compte tenu de ces observations, le présent travail de recherche vise à contribuer aux évidences de plus en plus nombreuses de l'efficacité des interventions digitales basées sur la pleine conscience (Barcaccia et al., 2024). Plus concrètement, l'objectif est d'évaluer si la MPC en RV offre un réel avantage par rapport aux pratiques digitales non immersives, en examinant l'impact de l'immersion sur la modulation des émotions positives et de la pleine conscience, ainsi que sur la régulation sympathique. De plus, l'étude tient compte de la familiarité avec la RV, une variable peu explorée (Gao et al., 2024 ; Seabrook et al., 2020), afin de comprendre son influence sur les

effets de la pratique méditative virtuelle. Dans cette perspective, le projet de recherche s'inscrit dans une approche proactive de la santé mentale, et propose une enquête d'une grande importance contemporaine (Barcaccia et al., 2024).

Cadre théorique

La pleine conscience : définition et perspectives contemporaines

La pleine conscience est un construit psychologique multidimensionnel qui, au cours des dernières décennies, a concerné la culture occidentale et la recherche scientifique contemporaine (Döllinger et al., 2021 ; Scavone et al., 2020 ; Walsh & Shapiro, 2006). Le terme *Mindfulness*, introduit en Occident au XIX^e siècle comme traduction du pâli *Sati*, renvoie à un concept issu de la tradition bouddhiste, rattaché à des fondements philosophiques, éthiques et moraux (Döllinger et al., 2021 ; Poetar et al., 2023 ; Van Dam et al., 2018 ; Walsh & Shapiro, 2006). Dans le contexte occidental, ce concept a été reformulé sur un plan psychologique et dépouillé de ses connotations philosophiques d'origine. L'attention consciente a été placée au centre de l'expérience, et l'intérêt principal s'est déplacé vers ses effets sur la santé mentale (Childs, 2007 ; Döllinger et al., 2021 ; Ngô, 2013). Dans ce cadre, une définition largement partagée est celle proposée par Jon Kabat-Zinn (2003, p. 145), qui décrit la pleine conscience comme “the awareness that emerges through paying attention on purpose, in the present moment, and nonjudgmentally to the unfolding of experience moment by moment”. Cette définition souligne les propriétés centrales du concept : l'intentionnalité, entendue comme l'orientation délibérée et consciente de l'attention, la présence, qui concerne le maintien de la focus dans l'ici et maintenant, et l'acceptation, qui fait référence à l'observation des pensées, des émotions et des sensations à travers une attitude sans jugement (Bishop et al., 2004 ; Hölzel et al., 2011 ; Kabat-Zinn, 2003 ; Walsh & Shapiro, 2006).

Méditation de pleine conscience et mécanismes de base

La pleine conscience peut être cultivée au moyen de différentes pratiques corps-esprit, visant à promouvoir la conscience du moment présent, l'acceptation et la flexibilité psychologique (Hölzel et al., 2011 ; Kabat-Zinn, 2003 ; Weder, 2022). La littérature distingue entre la pleine conscience dispositionnelle, à savoir la tendance stable à maintenir un état de conscience, et pleine conscience statique, soit le niveau de présence expérimenté pendant ou après la pratique (Bishop et al., 2004 ; Brown & Ryan, 2003 ; Döllinger et al., 2021 ; Tanay & Bernstein, 2013). La pratique régulière favorise le développement de la pleine conscience en tant que trait, tandis que des sessions méditatives isolées induisent des états de pleine conscience limités dans le temps

(Scavone et al., 2020 ; Sousa et al., 2021 ; Tanay & Bernstein, 2013). Plus précisément, l'état de pleine conscience émerge de l'activation des mécanismes fondamentaux de la pratique, tels que la régulation attentionnelle et le monitoring non jugeant de l'expérience (Baer, 2015 ; Hölzel et al., 2011), et médiate les effets positifs de la pratique sur les résultats psychologiques (Brown & Ryan, 2003 ; Döllinger et al., 2021 ; Sousa et al., 2021). L'état de pleine conscience constitue donc un mécanisme clé pour le développement de la pleine conscience de trait et des bienfaits plus stables sur la santé (Kiken et al., 2015 ; Modrego-Alarcón et al., 2025).

Les pratiques de pleine conscience se distinguent également en informelles et formelles (Duda et al., 2025 ; Hayes & Feldman, 2004 ; Hölzel et al., 2011 ; Kabat-Zinn, 2003). Les premières consistent à étendre la pleine conscience à la vie quotidienne, en appliquant une attention intentionnelle à des activités telles que manger ou marcher. Les pratiques formelles, en revanche, consistent en de véritables exercices structurés de méditation, mobilisant des capacités cognitives spécifiques (Dimidjian & Segal, 2015 ; Wielgosz et al., 2019). Parmi celles-ci, la méditation de pleine conscience a suscité un grand intérêt scientifique, démontrant son efficacité sur le bien-être physique et psychologique (Calderone et al., 2024 ; Hölzel et al., 2011 ; Ngô, 2013 ; Salminen et al., 2024 ; Zollars et al., 2019).

La méditation de pleine conscience (MPC) comprend un ensemble de techniques, parmi lesquelles le *body-scan*, les exercices de respiration et la méditation assise (Bamber & Kraenzle Schneider, 2016 ; Duda et al., 2025 ; Hölzel et al., 2011). Ces pratiques sont souvent accompagnées de pistes audioguidées, qui instruisent la personne méditant dans le développement de l'attention consciente (Cawley & Tejeiro, 2024 ; Kelly et al., 2022). À cet égard, certaines études soulignent leur efficacité dans les pratiques (Bear et al., 2022 ; Keng et al., 2022), tandis que d'autres les considèrent comme une source de distraction pour le maintien de l'engagement (Cawley & Tejeiro, 2024).

La MPC favorise la prise de conscience des émotions, des pensées et des sensations, ce qui entraîne une amélioration de l'attention et la flexibilité cognitive (Bamber & Kraenzle Schneider, 2016 ; Calderone et al., 2024 ; Hölzel et al., 2011 ; Ngô, 2013). Selon le modèle de Hölzel et al. (2011), ces effets seraient médiés par quatre mécanismes principaux : régulation de l'attention, régulation émotionnelle, conscience corporelle et décentrement. En particulier, la conscience corporelle favorise l'interocéptivité, définie comme la capacité à percevoir et à interpréter les signaux corporels (Farb et al., 2015 ; Hölzel et al., 2011 ; Ngô, 2013). Parallèlement, le décentrement permet d'observer ses contenus mentaux d'un point de vue métacognitif (Hölzel et al., 2011 ; Walsh & Shapiro, 2006), en promouvant la déréification, c'est-à-dire la disposition à percevoir pensées et émotions comme des phénomènes mentaux temporaires et distincts du soi

(Hölzel et al., 2011 ; Walsh & Shapiro, 2006 ; Wielgosz et al., 2019). Ces mécanismes promeuvent un concept de soi plus flexible et réduisant les phénomènes d'attachement et de rumination (Barcaccia et al., 2024 ; Hölzel et al., 2011 ; Lomas et al., 2015 ; Ngô, 2013). De manière analogue, Bishop et al. (2004) identifient deux principes clés de la MPC : l'acceptation expérientielle, et l'autorégulation de l'attention (Bishop et al., 2004 ; Calderone et al., 2024). Ces dimensions se traduisent par les deux approches méditatives les plus reconnues : la *open monitoring meditation*, qui favorise une attention ouverte et flexible sur le moment présent, et la *focus attention meditation*, dans laquelle l'attention est dirigée sur un objet d'ancrage (Salminen et al., 2024 ; Walsh & Shapiro, 2006 ; Weder, 2022). Dans cette dernière approche, la méditation sur la respiration est la plus répandue, constituant une référence dans la recherche (Eisenbeck et al., 2018 ; Kelly et al., 2022). Dans cette pratique, la respiration est utilisée comme point d'ancrage attentionnel ; lorsque l'attention est détournée par des pensées, des émotions ou des sensations, ces distractions viennent reconnues comme de simples contenus mentaux et mises de côté, tandis que l'attention est ramenée avec bienveillance vers la respiration. Cet exercice d'ancrage favorise la capacité à soutenir et à surveiller l'attention, renforçant la conscience du moment présent (Eisenbeck et al., 2018 ; Komariah et al., 2023 ; Wielgosz et al., 2019).

Les modèles proposés identifient la MPC comme un ensemble de processus complémentaires, capable de produire des effets positifs sur la régulation physiologique, cognitive et émotionnelle (Bishop et al., 2004 ; Hölzel et al., 2011 ; Ngô, 2013 ; Zollars et al., 2019). Cependant, l'impact spécifique des différents processus de la MPC sur le bien-être reste encore flou, tout comme l'efficacité différentielle de ses mécanismes (Puhlmann & Engert, 2025).

L'intégration de la pleine conscience dans le contexte clinique

Les mécanismes psychologiques à la base des pratiques de pleine conscience ont fourni le fondement théorique pour leur intégration dans la clinique occidentale (Dimidjian & Segal, 2015 ; Van Dam et al., 2018). Plus précisément, elles ont été opérationnalisées pour la première fois par Jon Kabat-Zinn, qui en a étudié les effets dans des contextes psychiatriques et psychopathologiques (Chandrasiri et al., 2020 ; Döllinger et al., 2021 ; Hölzel et al., 2011). Cette intégration a enrichi plusieurs approches préexistantes, notamment l'*Acceptance Commitment Therapy* (Hayes et al., 2006) et la *Dialectical Behavior Therapy* (Linehan, 1993), offrant de nouvelles perspectives sur les processus cognitifs et émotionnels impliqués dans la transformation subjective de l'expérience (Walsh & Shapiro, 2006 ; Wielgosz et al., 2019). De plus, cette évolution a favorisé le développement des *Mindfulness-Based Interventions* (MBI ; Dimidjian & Segal, 2015 ; Wielgosz et al., 2019), à savoir des programmes thérapeutiques laïques, structurés et basés sur les pratiques de MPC. Parmi eux, la *Mindfulness-Based Stress*

Reduction (MBSR ; Kabat-Zinn, 1982) et la *Mindfulness-Based Cognitive Therapy* (MBCT ; Segal et al., 2002) sont les programmes les plus répandus et validés empiriquement (Dimidjian & Segal, 2015 ; Maher et al., 2014 ; McKeen et al., 2023), montrant leur efficacité sur la régulation émotionnelle et comportementale et le contrôle attentionnel, avec des effets positifs sur la satisfaction de vie (Bamber & Kraenzle Schneider, 2016 ; Eisenbeck et al., 2018 ; Wielgosz et al., 2019 ; Zollars et al., 2019).

Dans l'ensemble, les preuves suggèrent que l'efficacité des MBI peut découler, au moins en partie, de l'activation des processus psychologiques de la MPC (Barcaccia et al., 2024 ; Calderone et al., 2024 ; Crescentini et al., 2016 ; McKeen et al., 2023 ; Ngô, 2013), qui favorisent le développement de la résilience (Wielgosz et al., 2019) et de l'adaptation (Barcaccia et al., 2024). Dans ce sens, la MPC est associée à une réduction de l'évitement comportemental, des pensées négatives, de l'affect dysphorique, du stress et de la douleur (Bamber & Kraenzle Schneider, 2016 ; Cawley & Tejeiro, 2024 ; Komariah et al., 2023 ; Ngô, 2013 ; Shearer et al., 2016 ; Wu et al., 2019), et s'avère efficace dans le traitement de troubles tels que le burnout, la dépression, la toxicomanie et l'anxiété (Duda, Clarke, & Barry, 2025 ; Komariah et al., 2023 ; Ngô, 2013 ; Zeidan et al., 2014). Globalement, ces résultats soulignent le rôle central de la pleine conscience dans la promotion du bien-être et la prévention de la psychopathologie.

Les mécanismes neurologiques de la méditation

Compte tenu des bénéfices documentés, les recherches neuroscientifiques ont exploré les bases neurales de la méditation, soulignant des associations entre la MPC et des altérations du cerveau (Calderone et al., 2024 ; Tang et al., 2015 ; Teng et al., 2022 ; Wielgosz et al., 2019). Plus précisément, des études de neuro-imagerie indiquent que la MPC module certains circuits cognitifs et émotionnels, produisant des modifications dans le cortex cingulaire antérieur et postérieur, l'insula antérieure, la jonction temporopariétale et l'amygdale (Calderone et al., 2024 ; Hölzel et al., 2011 ; Jamil et al., 2023). Les effets positifs de la pratique seraient donc liés à la modulation intégrée de ces régions, impliquées dans la régulation attentionnelle et émotionnelle, et la conscience intéroceptive (Calderone et al., 2024 ; De Zambotti et al., 2022 ; Duda, Clarke, & Barry, 2025 ; Hölzel et al., 2011).

La pratique méditative a également été associée à une réduction de la densité et de la réactivité de l'amygdale, indicative d'une plus grande régulation émotionnelle (Ngô, 2013 ; Tang et al., 2015), ainsi qu'à la désactivation du *Default Mode Network* (DMN), un réseau impliqué dans le vagabondage mentale (Taylor et al., 2011 ; Teng et al., 2022 ; Weder, 2022 ; Wielgosz et al.,

2019). Étant donné qu'une activation excessive du DMN est associée à des symptômes d'anxiété, de dépression et à des processus ruminatifs (Ngô, 2013 ; Tang et al., 2015 ; Taylor et al., 2011), la réduction de son activité entraînerait une diminution des pensées automatiques, ainsi qu'une amélioration de processus d'attention et de décentrement (Ngô, 2013 ; Taylor et al., 2011 ; Weder, 2022).

Dans l'ensemble, ces résultats suggèrent que les MBI induisent des changements cérébraux adaptatifs, responsables des nombreux bénéfices observés (McKeen et al., 2023 ; Taylor et al., 2011 ; Wielgosz et al., 2019). À partir de ces résultats, la recherche s'est intéressée aux effets à court terme des séances de méditation individuelles, afin de mieux comprendre les bénéfices immédiats de la MPC (Eisenbeck et al., 2018 ; Kosunen et al., 2016 ; Shearer et al., 2016). Ces études, menées principalement sur des méditant·es débutant·es et basées sur la méditation respiratoire (Eisenbeck et al., 2018), ont fourni des résultats prometteurs, bien que la variabilité des protocoles limite la généralisation et la compréhension des mécanismes sous-jacents (Duda, Clarke, & Barry, 2025 ; Tang et al., 2015).

La réalité virtuelle

Au cours des dernières années, le développement technologique a favorisé l'émergence de la réalité virtuelle (RV) en tant qu'outil à fort potentiel thérapeutique, efficace dans le domaine clinique et sanitaire (King et al., 2024 ; Meshkat et al., 2024 ; Moon et al., 2025). La recherche sur la RV s'est ainsi concentrée sur les effets psychologiques de la technologie, en analysant son impact sur les processus perceptifs, émotionnels et cognitifs des individus (Kelly et al., 2022 ; Pawełczyk et al., 2025).

La RV est définie comme un environnement tridimensionnel simulé intégrant des éléments physiques et digitales afin de générer des objets virtuels, des avatars et des représentations virtuelles de soi (Ma et al., 2023 ; Robbemon et al., 2025 ; Wang et al., 2022). Elle repose sur des composants hardware et software (Riva et al., 2019 ; Ünal et al., 2022), distingués en *Content*, correspondant aux contenus virtuels proposés à l'utilisateur·rice·s, et *Interaction*, renvoyant aux modalités d'interaction et au degré de contrôle exercé sur les environnements virtuels (Kelly et al., 2022). Au moyen de dispositifs immersifs, de la vision stéréoscopique et de systèmes de head-tracking, la RV génère les trois dimensions fondamentales des expériences virtuelles : le sentiment de présence, l'immersion et l'engagement (King et al., 2024 ; Kuhne et al., 2023 ; Moon et al., 2025). Le sentiment de présence se réfère à la perception subjective d'« être là » dans l'environnement virtuel (Moon et al., 2025 ; Riva et al., 2007 ; Shankar et al., 2025), et résulte d'une illusion perceptive de non-médiation, à savoir l'impression de l'utilisateur·rice de

percevoir directement l'environnement virtuel sans la médiation de dispositifs technologiques (Witmer & Singer, 1998). L'immersion désigne la capacité du système à favoriser une expérience d'incarnation dans l'environnement virtuel (Arpaia et al., 2022 ; King et al., 2024 ; Ünal et al., 2022), tandis que l'engagement se réfère au degré d'interaction avec l'environnement, qui peut varier de formes passives d'observation à des modalités actives de contrôle (Chandrasiri et al., 2020 ; Estupiñán et al., 2014 ; King et al., 2024 ; Kuhne et al., 2023). L'intensité de ces dimensions dépend des caractéristiques technologiques, du nombre de sens stimulés, de la qualité graphique et du degré de réalisme (Pawelczyk et al., 2025 ; Ünal et al., 2022 ; Wang et al., 2022 ; Yen et al., 2024). Grâce à ces propriétés, la RV induit des réponses physiologiques et émotionnelles proches aux expériences réelles (Chen & Li, 2022 ; Higuera-Trujillo et al., 2017 ; Klein & Borelle, 2019), ce qui suggère son potentiel comme outil pour la modulation des processus cognitifs, comportementaux et émotionnels (King et al., 2024 ; Meshkat et al., 2024 ; Min et al., 2020 ; Olasz et al., 2024).

Application clinique de la réalité virtuelle

En raison de ses propriétés immersives et interactives, la RV a été implémentée dans des contextes cliniques via de protocoles standardisés (Failla et al., 2022 ; Klein & Borelle, 2019 ; Meshkat et al., 2024), se révélant efficace pour réduire les symptômes physiques et psychologiques, renforcer les programmes de réhabilitation et gérer l'inconfort des procédures médicales (Meshkat et al., 2024 ; Modrego-Alarcón et al., 2025 ; Pawelczyk et al., 2025). Par ailleurs, la RV a été appliquée dans le domaine psychothérapeutique, avec une efficacité dans le traitement de troubles tels que les phobies, l'anxiété, le TSPT, les troubles alimentaires, la démence et les addictions (Failla et al., 2022 ; King et al., 2024 ; Ma et al., 2023). Son efficacité opérationnelle repose sur l'hypothèse que les processus émotionnels, cognitifs et comportementaux activés dans l'environnement virtuel reflètent ceux du monde réel, permettant l'acquisition de stratégies transférables au contexte réel (Klein & Borelle, 2019 ; Kuhne et al., 2023 ; Virole, 2007). Dans cette perspective, Jordan (2009) a souligné l'importance des espaces hybrides, où réalité virtuelle et réelle s'intègrent, générant les contextes spécifiques dans lesquels les processus d'apprentissage se déroulent.

L'efficacité thérapeutique de la RV repose également sur des avantages technologiques spécifiques, tels que l'accessibilité, la simplicité d'administration et la possibilité de manipuler l'environnement dans des conditions contrôlées (Failla et al., 2022 ; Ma et al., 2023 ; Min et al., 2020). À cet égard, la RV génère des expériences plus écologiquement valides que les stimuli expérimentaux de laboratoire ou les techniques imaginatives (Failla et al., 2022), tout en permettant l'exploration des environnements autrement limités par des contraintes spatiales et

temporelles (Min et al., 2020 ; Wang et al., 2022). En outre, le degré accru de personnalisation des contenus par rapport à l'expérience du sujet favorise l'engagement et la motivation pendant la thérapie (Min et al., 2020 ; Riva et al., 2019), renforçant ainsi l'adhésion et l'efficacité des traitements (Chen & Li, 2022 ; Olasz et al., 2024 ; Wang et al., 2022).

Dans l'ensemble, l'application de la RV en psychothérapie apparaît prometteuse pour le bien-être psychologique et l'efficacité des traitements (Meshkat et al., 2024 ; Min et al., 2020 ; Olasz et al., 2024), enrichissant ainsi la pratique thérapeutique (Klein & Borelle, 2019). Cependant, la recherche dans les populations en bonne santé reste encore limitée, ce qui empêche de comprendre clairement le potentiel de la RV dans des contextes plus larges, ainsi que les mécanismes à la base de son efficacité (Poetar et al., 2023).

La réalité virtuelle dans la pratique méditative

Compte tenu de ces données, la recherche a exploré le potentiel applicatif de la RV dans les pratiques de MPC, en démontrant son efficacité en tant qu'approche alternative ou complémentaire à la pratique traditionnelle, tant chez de populations cliniques que en bonne santé (Chandrasiri et al., 2020 ; King et al., 2024 ; Salminen et al., 2024 ; Xie et al., 2025). Dans ces contextes, la MPC en RV a montré des effets bénéfiques sur l'anxiété, l'humeur, le stress et l'attention (Arpaia et al., 2022 ; Failla et al., 2022 ; Wang et al., 2022), effets également observés à la suite d'interventions de courte durée ou de séances individuelles (Chandrasiri et al., 2020 ; Modrego-Alarcón et al., 2025 ; Navarro-Haro et al., 2017).

Ces résultats ont stimulé le développement d'applications digitales de MPC, visant à faire face aux difficultés de la pratique traditionnelle, telles que les limites spatiales, temporelles et expérientielles (Costa et al., 2019, 2020 ; Kelly et al., 2022 ; Shankar et al., 2025). Dans ce cadre, de nombreuses applications de RV ont été conçues pour soutenir la pratique méditative, en améliorant son accessibilité et sa standardisation (Arpaia et al., 2022 ; Kelly et al., 2022 ; Salminen et al., 2024), et en contrastant la faible adhésion liée à sa complexité, laquelle requiert un engagement cognitif élevé (Kelly et al., 2022 ; Kosunen et al., 2016 ; Xie et al., 2025). La gestion des distractions *off-task* et le développement d'un monitoring attentif constituent en effet des exigences centrales de la MPC (Kelly et al., 2022 ; Reina & Kudesia, 2020), qui peuvent rendre son apprentissage difficile et générer de la frustration (Kelly et al., 2022 ; Modrego-Alarcón et al., 2025 ; Xie et al., 2025). Dans ce contexte, l'environnement virtuel offre un espace immersif permettant l'entraînement aux pratiques méditatives (Kosunen et al., 2016 ; Modrego-Alarcón et al., 2025 ; Navarro-Haro et al., 2017), dont le potentiel repose principalement sur deux mécanismes : la simulation incarnée, favorisant le sentiment de présence (Arpaia et al., 2022 ; Riva et al., 2019 ; Yeo et al., 2020), et l'immersion, soutenant la continuité et la profondeur de

l'expérience (Chandrasiri et al., 2020 ; Kelly et al., 2022 ; Salminen et al., 2024 ; Wang et al., 2022).

Simulation incarnée et sentiment de présence virtuelle

Selon la théorie du codage prédictif, l'individu construit des simulations incarnées du corps dans le monde afin d'interagir efficacement avec l'environnement (Riva et al., 2019). Ces modèles sont organisées au sein de la matrice corporelle, une représentation multisensorielle du corps dans l'espace intégrant des informations viscérales, sensorielles et proprioceptives (Arpaia et al., 2022 ; Riva et al., 2019). Cette matrice corporelle se structure à travers des processus prédictifs *top-down* : le cerveau génère des attentes concernant les inputs sensoriels à venir sur la base des expériences passées, qui réactivent des réseaux neuronaux multimodaux impliqués dans la génération de schémas perceptifs, moteurs et affectifs similaires à ceux anticipés (Arpaia et al., 2022 ; Riva et al., 2019). Les éventuelles divergences entre les prédictions et les inputs réels sont corrigées par des processus *bottom-up*, qui mettent à jour les simulations afin de les rendre cohérentes avec l'environnement (Arpaia et al., 2022 ; Riva et al., 2019). Ce processus continu de prédiction et de mise à jour permet la construction d'un sens cohérent de l'expérience, et constitue le fondement du sentiment de présence, résultant de l'intégration des simulations incarnées (Riva et al., 2019).

De même, l'expérience en RV crée un modèle du corps dans l'espace virtuel, qui fonctionne comme une représentation simulée du monde réel (Riva et al., 2019). Dans ce cadre, la RV anticipe les conséquences sensorielles des actions et des mouvements de l'individu, en fournissant des stimuli cohérents avec les prédictions basées sur les expériences réelles (Arpaia et al., 2022 ; Riva et al., 2019 ; Yeo et al., 2020). Dans cette perspective, le cerveau se perçoit comme étant situé dans le corps virtuel lorsque ses prédictions sont confirmées par l'environnement virtuel. Au sein de cette « technologie incarnée », le sentiment de présence virtuelle émerge lorsque la simulation est suffisamment cohérente avec la matrice corporelle de l'individu (Arpaia et al., 2022 ; Riva et al., 2007). Le niveau de présence virtuelle perçu dépend ainsi du degré de fidélité de la simulation virtuelle par rapport à l'expérience corporelle réelle (Arpaia et al., 2022 ; Riva et al., 2019).

Grâce à ce mécanisme, la RV ne se limite pas à un simple scénario visuel ou auditif, mais construit un contexte expérientiel susceptible d'intensifier l'expérience méditative (Arpaia et al., 2021 ; Chandrasiri et al., 2019), dans lequel le sentiment de présence virtuelle est étroitement lié à la « présence du moment » qui se développe lors de la pratique méditative. En particulier, l'expérience « d'être là » dans le monde virtuel peut faciliter le focus attentionnel sur les sensations corporelles et l'expérience présente (Kelly et al., 2022). Ainsi, la capacité de la RV à

générer un sentiment de présence crée un environnement propice à la MPC, favorisant la conscience corporelle et augmentant la profondeur de l'expérience méditative (Chandrasiri et al., 2020 ; Costa et al., 2019 ; Kelly et al., 2022 ; Kosunen et al., 2016 ; Navarro-Haro et al., 2017).

Immersion

Parallèlement, l'immersion constitue un élément fondamental pour comprendre l'efficacité de la MPC en RV. Définie par Slater et Wilbur (1977, p. 605) comme “an inclusive, extensive, surrounding, and vivid illusion of reality”, l'immersion en RV se traduit par un système capable d'isoler le sujet des distractions extérieures et de créer un espace sensoriel enveloppant (Arpaia et al., 2022 ; Higuera-Trujillo et al., 2017 ; Kuhne et al., 2023). Cette condition favorise l'absorption attentionnelle et le maintien de la conscience dans le moment présent, limitant les interférences environnementales et le vagabondage mental (Arpaia et al., 2022 ; Hanna et al., 2025 ; Poetar et al., 2023 ; Seabrook et al., 2020).

Grâce à ces propriétés, l'immersion semble amplifier certains des mécanismes centraux de la MPC : décentrement, conscience corporelle et focalisation de l'attention (Arpaia et al., 2022 ; Chandrasiri et al., 2020 ; Seabrook et al., 2020). D'une part, l'isolement sensoriel de l'environnement virtuel peut favoriser le processus intéroceptif, en réduisant les interférences extérieures et en soutenant le focus attentionnel sur les sensations (Arpaia et al., 2022 ; Doren et al., 2024 ; Seabrook et al., 2020). D'autre part, l'expérience immersive paraît promouvoir le décentrement, encourageant une identification plus forte avec l'expérience du moment présent (Arpaia et al., 2022 ; Riva et al., 2019 ; Salminen et al., 2024). Conformément à cette perspective, Chandrasiri et al. (2020) ont observé des niveaux de décentrement plus élevés après une session de MPC en RV par rapport à une pratique méditative non immersive. Ces résultats suggèrent que l'immersion pourrait moduler certains des mécanismes fondamentaux de la MPC, promouvant le développement de la pleine conscience (Arpaia et al., 2022 ; Costa et al., 2019, 2020 ; Modrego-Alarcón et al., 2025 ; Seabrook et al., 2020), bien que des recherches supplémentaires soient nécessaires pour en clarifier les processus sous-jacents (Ma et al., 2023 ; Olasz et al., 2024).

L'efficacité comparative de la méditation virtuelle

Sur la base des mécanismes décrits, la recherche a exploré l'impact de la MPC en RV par rapport aux modalités traditionnelles, révélant des avantages potentiels en termes d'attention, d'engagement et de régulation émotionnelle (Failla et al., 2022 ; Kosunen et al., 2016 ; Ma et al., 2023). En fait, ces dimensions ne constituent pas uniquement des caractéristiques techniques de la RV, mais les principaux vecteurs renforçant les effets des pratiques méditatives par rapport

aux modalités conventionnelles (Arpaia et al., 2022 ; Döllinger et al., 2021 ; Failla et al., 2022 ; Wang et al., 2022).

Conformément à ces observations, de nombreuses études montrent que la MPC en RV est associée à des niveaux élevés d'immersion, de sentiment de présence et de pleine conscience (Crescentini et al., 2016 ; Hanna et al., 2025 ; Modrego-Alarcón et al., 2025 ; Xie et al., 2025). Cette technologie favorise également un engagement cognitif et émotionnel accru (Doren et al., 2024 ; Knaust et al., 2022), et peut induire des changements expérientiels significatifs après de courtes séances (Navarro-Haro et al., 2017 ; Seabrook et al., 2020 ; Yildirim & O'Grady, 2020). Parallèlement, l'intégration entre les mécanismes traditionnels de la pleine conscience et les propriétés immersives de la RV semble favoriser l'apprentissage et soutenir l'adhésion à la pratique (Arpaia et al., 2022 ; Döllinger et al., 2021 ; Kosunen et al., 2016), notamment dans les phases initiales, où la RV facilite à la fois l'acquisition des compétences *mindful* et leur généralisation au quotidien (Kelly et al., 2022 ; Modrego-Alarcón et al., 2025 ; NavarroHaro et al., 2017).

D'un point de vue comparatif, certaines études suggèrent des avantages de la MPC en RV par rapport à la pratique non-immersive, tels qu'un décentrement accru (Chandrasiri et al., 2020), des niveaux plus élevés d'affect positif (Miller et al., 2021) et de pleine conscience (Yildirim & O'Grady, 2020), et des réductions plus marquées du stress et de l'anxiété (Cawley & Tejeiro, 2024 ; Kaplan-Rakowski et al., 2021 ; Ma et al., 2023). Cependant, d'autres études ne confirment pas sa supériorité (Failla et al., 2022 ; King et al., 2024 ; Olasz et al., 2024), soulignant la présence de limites méthodologiques, telles que des échantillons réduits et des séances trop courtes. Ainsi, des études supplémentaires sont nécessaires pour confirmer la supériorité potentielle de la RV dans la MPC (Döllinger et al., 2021 ; Wang et al., 2022).

Méditation de pleine conscience et affect positif

Méditation et régulation émotionnelle

Nombreuses études ont examiné l'effet de la MPC sur l'humeur, soulignant son rôle dans le rééquilibrage émotionnel par la réduction de l'affect négatif et la promotion des émotions positives (Barcaccia et al., 2024 ; Eisenbeck et al., 2018 ; Fredrickson et al., 2017 ; Wu et al., 2019). Ces différents effets se retrouvent également dans d'interventions de courte durée et de séances individuelles (Jislin-Goldberg et al., 2012 ; Sousa et al., 2021), ainsi que dans la méditation sur la respiration (Taylor et al., 2011 ; Wu et al., 2019). Cependant, dans les recherches actuelles, l'attention s'est concentrée sur l'atténuation des émotions négatives, laissant encore peu explorés

les effets de la MPC sur les émotions positives, notamment chez les échantillons non cliniques (Fredrickson et al., 2017 ; Wu et al., 2019).

Selon les traditions méditatives, le rééquilibrage émotionnel serait médié par le principe d'équanimité, un concept décrivant la suspension d'un jugement évaluatif vis-à-vis des expériences émergentes (Walsh & Shapiro, 2006). À cet égard, la régulation émotionnelle est à l'origine de nombreux bienfaits de la MPC sur le fonctionnement psychologique, et se développe par l'accroissement de la conscience émotionnelle (Hölzel et al., 2011 ; Jones et al., 2018 ; Malinowski & Lim, 2015 ; Tang et al., 2015). En particulier, les processus de déréalisation, de conscience non jugeante et d'acceptation du moment présent facilitent la réévaluation cognitive des stimuli émotionnellement chargés (Hölzel et al., 2011 ; Wielgosz et al., 2019 ; Zeidan et al., 2014), réduisant ainsi la réactivité émotionnelle et physiologique (Ngô, 2013 ; Taylor et al., 2011 ; Wu et al., 2019). Ces mécanismes sont associés à de nombreux effets positifs, notamment l'augmentation de l'affect positif (Hölzel et al., 2011 ; Ngô, 2013 ; Wu et al., 2019), et l'accroissement de la profondeur de l'expérience affective (Jamil et al., 2023).

L'affect positif (*Positive Affect*, PA) désigne l'ensemble des émotions positives ressenties dans l'instant présent (Jislin-Goldberg et al., 2012). Il est associé au bien-être psychologique et physique, à la réduction des symptômes anxieux et dépressifs (Fredrickson et al., 2017 ; Hanna et al., 2025 ; Jislin-Goldberg et al., 2012), à une meilleure qualité de vie (Pavic et al., 2023) et à une plus grande longévité (Dockray & Steptoe, 2010). Selon la *Broaden-and-Build Theory* (BBT ; Fredrickson, 2004), les émotions positives élargissent temporairement la conscience, étendant les répertoires cognitifs et comportementaux qui favorisent la construction de ressources pour la résilience et le bien-être psychologique (Fredrickson et al., 2017 ; Malinowski & Lim, 2015). Dans ce contexte, la pleine conscience des émotions dans l'instant présent amplifie leur effet sur les pensées, les comportements et les ressources personnelles, aidant à développer des schémas mentaux flexibles et adaptatifs (Fredrickson et al., 2017). Ainsi, le PA constitue un facteur protecteur indépendant, au-delà de l'absence d'affect négatif (Dockray & Steptoe, 2010), et souligne l'importance de renforcer les ressources personnelles, conformément aux principes de la psychologie positive (Fredrickson et al., 2017).

Relation entre l'état de pleine conscience et l'affect positif

Compte tenu de ces observations, de nombreuses études ont mis en évidence une relation positive entre l'état de pleine conscience et le bien-être émotionnel (Jislin-Goldberg et al., 2012 ; Sousa et al., 2021 ; Tschacher & Lienhard, 2021). En particulier, une plus grande conscience du moment présent a été associée à une augmentation des émotions positives (Gotink et al., 2016 ; Jislin-Goldberg et al., 2012), tandis que son absence semble entraîner des difficultés affectives

(Eisenbeck et al., 2018 ; Vancappel et al., 2023). À cet égard, Jislin-Goldberg et al. (2012) ont observé une association positive entre l'état de pleine conscience et le PA, lequel est également corrélée positivement aux dimensions de pleine conscience et d'acceptation du moment présent (Tschacher & Lienhard, 2021).

Conformément à ces observations, certaines recherches suggèrent une relation bidirectionnelle entre la pleine conscience et l'affect positif, en cohérence avec la BBT (Jislin-Goldberg et al., 2012). Plus précisément, l'expérience d'émotions positives élargirait la conscience du moment présent, ce qui favoriserait à son tour la génération d'autres émotions positives, créant ainsi un cercle vertueux qui renforce à la fois la conscience et le bien-être émotionnel (Fredrickson et al., 2017 ; Jislin-Goldberg et al., 2012). L'état de pleine conscience pourrait donc exercer un effet médiateur sur l'augmentation de l'affect positif (Baer, 2015 ; Modrego-Alarcón et al., 2025), en agissant aussi à travers des processus de restructuration cognitive (Sousa et al., 2021). Cependant, les conditions contextuelles dans lesquelles ces effets peuvent être observés restent encore incertaines, et montrent des résultats contradictoires (Jislin-Goldberg et al., 2012 ; Wu et al., 2019). À cet égard, l'intégration de la MPC dans des environnements virtuels pourrait renforcer l'efficacité de la pratique en favorisant le PA, grâce à un contexte immersif et isolé qui soutient l'attention et la conscience du moment présent (Kosunen et al., 2016 ; Seabrook et al., 2020).

Méditation virtuelle et augmentation de l'affect positif

Dans le domaine des technologies positives, la RV s'est révélée efficace pour moduler les états affectifs et favoriser les émotions positives via des stimuli immersifs (Marocco et al., 2025 ; Pavic et al., 2023 ; Pawełczyk et al., 2025), même après des brèves expositions (Modrego-Alarcón et al., 2025 ; Riva et al., 2007). Dans ce contexte, le sentiment de présence et l'immersion constituent des facteurs clés, car des niveaux plus élevés de ces propriétés sont associés à une amélioration de l'humeur (King et al., 2024 ; Marocco et al., 2025 ; Seabrook et al., 2020) et à une intensité accrue des réponses émotionnelles (Riva et al., 2007 ; Xie et al., 2025 ; Yeo et al., 2020). Les études expérimentales montrent également que les expériences immersives en RV produisent des augmentations plus importantes des émotions positives que les contextes en 2D (Pavic et al., 2023 ; Tian et al., 2021).

Sur la base de ces résultats, de nombreuses études ont montré que la MPC en RV améliore l'état affectif général et favorise l'augmentation des émotions positives (Gao et al., 2024 ; Ma et al., 2023 ; Poetar et al., 2023 ; Xie et al., 2025). Des études comparatives ont également montré sa plus grande efficacité dans l'amélioration de l'humeur par rapport aux pratiques non immersives (Ma et al., 2023), avec d'autres résultats montrant des niveaux d'affect positif plus élevés en

condition RV (Miller et al., 2021). Par exemple, Poetar et al. (2023) ont comparé des pratiques de MPC en RV et sur écran, observant une augmentation du PA majeure dans la RV, bien que non significative. Ces données suggèrent que l'utilisation de la RV pourrait amplifier les bénéfices des pratiques traditionnelles sur l'augmentation des émotions positives, grâce à ses propriétés immersives. L'expérience immersive est en effet associée à la fois à une augmentation des émotions positives et à un engagement émotionnel accru (Moon et al., 2025

; Pavic et al., 2023 ; Pawełczyk et al., 2025 ; Yeo et al., 2020), et, simultanément, à une augmentation de la pleine conscience (Modrego-Alarcón et al., 2025 ; Navarro-Haro et al., 2017 ; Seabrook et al., 2020). Ces effets combinés pourraient accroître l'impact de la MPC sur l'affect positif et générer des émotions plus intenses que dans des modalités non immersives. En particulier, les niveaux élevés de pleine conscience expérimentés pendant la MPC en RV pourraient favoriser des réponses émotionnelles plus profondes et conscientes, conformément à ce qui a été précédemment rapporté (Fredrickson et al., 2017 ; Jislin-Goldberg et al., 2012). Cet effet pourrait à son tour se combiner à la capacité intrinsèque de la RV à intensifier les émotions positives, produisant une augmentation additive de l'affect positif. Par ailleurs, l'utilisation d'environnements virtuels inspirés de la nature semble amplifier davantage la réponse émotionnelle positive, via des connexions émotionnelles plus profondes générées par les éléments naturels (Kelly et al., 2022 ; Xie et al., 2025 ; Yeo et al., 2020).

Malgré ces résultats, les mécanismes par lesquels la MPC en RV améliore l'humeur restent peu compris, de même que les conditions qui optimisent son efficacité par rapport aux pratiques traditionnelles. Pour cette raison, des études supplémentaires sont nécessaires afin de clarifier le rôle spécifique de la MPC en RV dans l'augmentation du PA, et confirmer son avantage potentiel (Ma et al., 2023).

Méditation de pleine conscience et activation sympathique

Outre ces résultats, les pratiques de MPC sont de plus en plus utilisées pour favoriser les réponses de relaxation et moduler l'activation sympathique, avec des résultats cohérents (Barcaccia et al., 2024 ; Crescentini et al., 2016 ; Hölzel et al., 2011 ; Shearer et al., 2016). En particulier, elle agit à la fois au niveau psychologique et en influençant les paramètres biologiques, réduisant l'activation sympathique et alimentant les réponses parasympathiques (Hölzel et al., 2011 ; Khalsa et al., 2015 ; Morais et al., 2021), indiquant un effet systémique dans la régulation de l'arousal (De Zambotti et al., 2022 ; Khalsa et al., 2015 ; Scavone et al., 2020). Cela suggère que la régulation du système

sympathique pourrait constituer l'un des principaux médiateurs des bienfaits de la pratique (Duda, Clarke, & Barry, 2025).

Arousal, activation sympathique et activité électrodermale (EDA)

L'arousal est un état d'activation physiologique qui prépare l'organisme à réagir aux stimuli en modulant vigilance, réactivité émotionnelle et fonctions autonomes (Jones, 2003 ; Satpute et al., 2019). Il est contrôlé par des systèmes cérébraux spécifiques qui coordonnent l'activité corticale et périphérique et influencent les réponses sensorielles et motrices (Critchley, 2002 ; Jones, 2003 ; Satpute et al., 2019).

Cet état d'activation se décline en arousal vigilant, autonome et affectif, des dimensions qui partagent des réseaux neuronaux superposés, incluant le cortex cingulaire, l'insula, l'amygdale et le *Default Mode Network* (DMN), et dont la connectivité module la qualité et l'intensité de l'arousal (Satpute et al., 2019). Dans ce contexte, la MPC apparaît important, car elle est associée à des modifications structurelles et fonctionnelles dans les régions cérébrales impliquées dans la régulation de l'arousal (Hölzel et al., 2011 ; Ngô, 2013 ; Taylor et al., 2011 ; Wielgosz et al., 2019). Ces données suggèrent l'hypothèse selon laquelle la MPC pourrait moduler l'arousal, notamment l'activation sympathique, composante de l'arousal autonome reflétant l'excitation physiologique de l'organisme via les réponses sympathiques périphériques (Duda, Clarke, Barry, et al., 2025 ; Satpute et al., 2019).

Parmi les différentes mesures physiologiques utilisées pour opérationnaliser l'activation sympathique, l'activité électrodermale (EDA) est l'un des marqueurs les plus courants (Crescentini et al., 2016 ; Morais et al., 2021 ; Olsz et al., 2024). L'EDA reflète l'activité des glandes sudoripares, contrôlées par le système nerveux sympathique (SNS), responsable de la régulation des différentes fonctions neurovégétatives (Gaekwad et al., 2023 ; Morais et al., 2021 ; Satpute et al., 2019). En particulier, l'activation du SNS augmente la sécrétion de sueur, ce qui accroît la conductance cutanée et par conséquent, les valeurs mesurées (Crescentini et al., 2016 ; Morais et al., 2021). Le contrôle exclusif du SNS sur l'activité des glandes sudoripares, associé à l'absence de régulation consciente par l'individu, fait de l'EDA un marqueur fiable de l'excitation psychophysiologique (Crescentini et al., 2016 ; Gaekwad et al., 2023), bien qu'il s'agisse d'une mesure dérivée (Morais et al., 2021).

Dans la littérature, l'EDA est associée à des états d'excitation, de stress et à des processus émotionnels et cognitifs (Critchley, 2002 ; Higuera-Trujillo et al., 2017 ; King et al., 2024). Des valeurs élevées indiquent une activation sympathique accrue, tandis que des valeurs faibles reflètent un état de relaxation physiologique (Costa et al., 2020 ; Morais et al., 2021). L'activation

sympathique s'accompagne également d'une augmentation de l'activité motrice, de la sensibilité sensorielle et de la réactivité émotionnelle (Calderon et al., 2016), et peut aussi survenir à la suite de tâches cognitives, phénomène appelé « fatigue mentale » (Duda, Clarke, & Barry, 2025 ; Satpute et al., 2019 ; Ulrich et al., 1991). Ces observations sont pertinentes pour la présente étude, dans laquelle le niveau d'activation sympathique pré-méditation a été mesuré simultanément à l'administration du FRT ; ce choix méthodologique vise à examiner comment la MPC peut moduler l'activation sympathique initiale et contribuer à la régulation des processus physiologiques liés à l'arousal.

Méditation et modulation sympathique

L'utilisation de l'EDA comme indice d'activation sympathique a permis d'approfondir les mécanismes physiologiques sous-jacents aux effets régulateurs de la MPC (Calderone et al., 2024 ; Duda, Clarke, & Barry, 2025 ; Scavone et al., 2020 ; Sousa et al., 2021), bien que ces processus restent en partie encore inexplorés (Bailey et al., 2023 ; Scavone et al., 2020). Dans la littérature, la MPC est associée à une réduction de l'excitation physiologique et à une augmentation des réponses de relaxation (Bamber & Kraenzle Schneider, 2016 ; Barcaccia et al., 2024 ; Maher et al., 2014 ; Shearer et al., 2016). Les données montrent que la pratique favorise l'équilibre du système sympathique-vagal (Crescentini et al., 2016 ; De Zambotti et al., 2022 ; Khalsa et al., 2015), en réduisant la réactivité du système nerveux sympathique et en augmentant le tonus parasympathique (Calderone et al., 2024 ; Hölzel et al., 2011 ; Morais et al., 2021 ; Wu et al., 2019). Cette modulation se traduit par des diminutions de la pression artérielle, de la fréquence cardiaque et respiratoire, de la conductance cutanée, ainsi que par une augmentation de l'activité cérébrale alpha (Banquet, 1973 ; Gaekwad et al., 2023 ; Khalsa et al., 2015 ; Lomas et al., 2015 ; Scavone et al., 2020), observables même à la suite d'activations aiguës (Taren et al., 2015).

Ces schémas ont été interprétés comme une « réponse de relaxation intégrée » (Khalsa et al., 2015), observée tant chez des populations cliniques que en bonne santé (Crescentini et al., 2016 ; Komariah et al., 2023). Au cœur de ces processus, la respiration lente et contrôlée joue un rôle central, en stimulant le nerf vague et en augmentant l'activité parasympathique, contribuant ainsi à réduire l'activation physiologique induite par les stressors (De Zambotti et al., 2022 ; Duda, Clarke, & Barry, 2025 ; Scott et al., 2021). Dans ce contexte, bien que la méditation ne requière pas une modification intentionnelle du rythme respiratoire, elle induit un ralentissement spontané de la respiration ainsi qu'un passage à une respiration diaphragmatique, produisant des effets comparables (De Zambotti et al., 2022 ; Wielgosz et al., 2019). Ces mécanismes permettent

d'expliquer le rôle de la MPC dans la modulation psychophysiologique, surtout en cas d'excitation élevée (Duda, Clarke, & Barry, 2025).

Par ailleurs, des études montrent que le maintien d'une conscience stable au moment présent est associé à une réduction de l'activation sympathique pendant ou après l'exposition à des stimuli stressants (Crescentini et al., 2016 ; Scavone et al., 2020). Les exercices de respiration consciente et diaphragmatique atténuent également cette activation, avec des diminutions de l'EDA plus marquées chez les sujets avec des niveaux plus élevés de pleine conscience (Scavone et al., 2020). Ces résultats suggèrent que l'état de pleine conscience joue un rôle clé dans la modulation des réponses d'activation, en réduisant la réactivité sympathique grâce à l'activation d'effets psychophysiologiques immédiats liés aux réponses de relaxation (Crescentini et al., 2016 ; Scavone et al., 2020). De plus, comme la MPC favorise une observation non réactive des expériences affectives (Eisenbeck et al., 2018 ; Hölzel et al., 2011 ; Walsh & Shapiro, 2006), ces effets peuvent refléter un renforcement des mécanismes de régulation émotionnelle, réduisant la réactivité émotionnelle et physiologique et contribuant ainsi à la baisse de l'activation sympathique globale (Lomas et al., 2015 ; Wu et al., 2019).

Dans cette perspective, la réduction de l'activation sympathique ne constitue pas seulement un résultat de la pratique, mais représente une condition fonctionnelle à son efficacité, favorisant l'accès à des processus méditatifs plus stables et au maintien des ressources attentionnelles (Britton et al., 2014 ; Kaplan, 2001 ; Khalsa et al., 2015). Ainsi, un état de relaxation physiologique constitue une condition optimale pour l'émergence d'états de conscience plus stables et profonds, facilitant l'augmentation de la pleine conscience (Duda, Clarke, & Barry, 2025 ; Tang et al., 2015). À l'inverse, des états d'activation excessive peuvent entraver l'orientation et le maintien des ressources attentionnelles sur l'objet méditatif, réduisant ainsi l'efficacité de l'expérience (Costa et al., 2020 ; Kaplan, 2001). Dans ce contexte, la fatigue cognitive induite par des tâches précédentes constitue une source d'activation (Duda, Clarke, Barry, et al., 2025 ; Ulrich et al., 1991), particulièrement problématique chez les débutants, dont la régulation attentionnelle est encore en développement (Kosunen et al., 2016 ; Modrego-Alarcón et al., 2025 ; Sousa et al., 2021). Il en découle que des niveaux initiaux d'excitation plus élevés pourraient entraver l'atteinte d'un état de pleine conscience, soulignant l'importance de considérer l'activation pré-pratique dans l'analyse de l'efficacité de la MPC (Khalsa et al., 2015).

Compte tenu de ces observations, la RV s'avère capable de renforcer l'absorption attentionnelle et le maintien de la pleine conscience (Arpaia et al., 2022 ; Hanna et al., 2025 ; Modrego-Alarcón et al., 2025), tout en favorisant des réponses de relaxation (Chen & Li, 2022 ; Robbemon et al., 2025). En ce contexte, elle pourrait s'avérer particulièrement efficace pour moduler l'activation

sympathique initiale, consentant d'optimiser davantage l'état de pleine conscience post-méditation.

Méditation virtuelle et modulation sympathique

Compte tenu de son efficacité dans les contextes cliniques et thérapeutiques (Ma et al., 2023 ; Meshkat et al., 2024 ; Min et al., 2020 ; Wang et al., 2022), la RV est actuellement utilisée dans différents domaines pour réduire l'activation psychophysiologique (Chen & Li, 2022 ; Knaust et al., 2022 ; Robbemonnd et al., 2025). À ce titre, grâce à ses propriétés interactives et immersives, elle induit des réponses physiologiques comparables à celles observées dans des contextes réels (Arpaia et al., 2022 ; Failla et al., 2022 ; Higuera-Trujillo et al., 2017), constituant ainsi un modèle expérimental valide pour identifier et explorer les variations de l'activité sympathique (Marín-Morales et al., 2021). Les résultats montrent en effet que l'exposition à des environnements virtuels, en particulier naturels, favorise un état de relaxation, tant sur le plan physiologique que subjectif, grâce aux propriétés immersives de la technologie (Chen & Li, 2022 ; Ünal et al., 2022). Cet effet semble plus prononcé en RV qu'avec des écrans traditionnels, en particulier sur le plan subjectif (Knaust et al., 2022), probablement en raison d'une perception accrue de présence et d'engagement (Yeo et al., 2020). De plus, la présence de contenus émotionnellement positifs au sein de l'expérience immersive pourrait renforcer également l'atteinte de relaxation, favorisant une récupération physiologique plus efficaces (Chen & Li, 2022).

Dans ce contexte, l'intégration de la MPC dans la RV s'avère prometteuse, notamment pour explorer comment l'immersion et l'exposition à la nature virtuelle pourraient amplifier la réponse de relaxation induite par les pratiques (Arpaia et al., 2021 ; Costa et al., 2020 ; King et al., 2024 ; Olsaz et al., 2024). À cette fin, des mesures physiologiques telles que l'activité électrodermale, cardiaque et cérébrale ont été utilisées pour étudier les réponses du système nerveux autonome associées aux pratiques méditatives en RV (Costa et al., 2020 ; Crescentini et al., 2016 ; De Zambotti et al., 2022 ; Olsaz et al., 2024). Parmi celles-ci, l'EDA, couramment employée dans les études sur la MPC, a également été implémentée dans des contextes virtuels (Duda, Clarke, Barry, et al., 2025 ; Morais et al., 2021). Toutefois, les corrélats physiologiques de la MPC en RV demeurent encore peu explorés (Failla et al., 2022).

Dans l'ensemble, la littérature suggère que la MPC en RV pourrait être efficace pour réduire le stress, moduler l'activation physiologique et favoriser des réponses de relaxation (Arpaia et al., 2022 ; Cawley & Tejeiro, 2024 ; Costa et al., 2020 ; De Zambotti et al., 2022 ; King et al., 2024), avec certaines études comparatives qui montrent un effet équivalent et parfois supérieur à celui des modalités de méditation conventionnelles (Cawley & Tejeiro, 2024 ; Failla et al., 2022). Cependant, les comparaisons directes avec des modalités audioguidées sur écran montrent des

résultats hétérogènes, mettent parfois en évidence l'absence de différences significatives dans la réduction de l'activité électrodermale ainsi que dans la diminution des niveaux de stress (King et al., 2024 ; Olasz et al., 2024). Ces résultats pourraient refléter, d'une part, une plus grande familiarité avec les modalités de méditation audioguidée sur écran, plus largement diffusées (King et al., 2024), et, d'autre part, la nécessité potentielle d'une période d'adaptation à la RV, indispensable à l'acclimatation à l'environnement immersif et à l'émergence des réponses physiologiques associées à la pratique (Kelly et al., 2022 ; Seabrook et al., 2020).

Malgré des résultats contrastés et le nombre limité d'études disponibles, les caractéristiques immersives de la RV, combinées aux difficultés expérientielles de la méditation traditionnelle (Arpaia et al., 2022 ; Kosunen et al., 2016 ; Salminen et al., 2024), suggèrent que l'intégration d'environnements virtuels immersifs pourrait amplifier la réponse de relaxation et intensifier la pleine conscience par rapport à des modalités moins immersives. En particulier, en isolant le sujet des distractions externes et en créant un environnement sensoriellement engageant (Arpaia et al., 2022 ; Hanna et al., 2025 ; Kuhne et al., 2023), la RV pourrait favoriser la réduction de l'activation sympathique ainsi qu'une meilleure restauration des ressources attentionnelles, en générant des conditions psychophysiologiques idéaux à l'émergence de la pleine conscience. En outre, l'immersion alimente également la pleine conscience (Modrego-Alarcón et al., 2025 ; Navarro-Haro et al., 2017 ; Seabrook et al., 2020 ; Xie et al., 2025), ce qui active des processus psychophysiologiques immédiats qui, à leur tour, renforcent davantage les réponses de relaxation (Crescentini et al., 2016 ; Scavone et al., 2020). Il en résulte un cercle vertueux, où la réduction sympathique et l'augmentation de la pleine conscience s'amplifient mutuellement pendant la pratique virtuelle. Cependant, même si plausible, ce modèle requiert des confirmations supplémentaires.

Dans ce contexte, les environnements virtuels naturels semblent soutenir et renforcer les mécanismes de relaxation ainsi que la restauration des ressources attentionnelles (Annerstedt et al., 2013 ; Chen & Li, 2022 ; Costa et al., 2019 ; Marocco et al., 2025 ; Robbemonnd et al., 2025 ; Ünal et al., 2022), suggérant qu'ils pourraient contribuer davantage à renforcer les effets des pratiques virtuelles.

Méditation de pleine conscience et les restorative environnements

Conformément aux observations précédentes, les environnements naturels ont suscité un intérêt croissant dans la recherche sur la méditation, démontrant leur potentiel pour favoriser et renforcer les effets de la pratique (Costa et al., 2019, 2020 ; Djernis et al., 2023 ; Kaplan, 2001 ; Lymeus et al., 2018 ; Xie et al., 2025). En particulier, ils sont associés à une augmentation des émotions

positives (Ma et al., 2023 ; Marocco et al., 2025 ; Pavic et al., 2023 ; Ulrich et al., 1991), à un état de relaxation accru (Scott et al., 2021 ; Ulrich et al., 1991 ; Ünal et al., 2022), et à la promotion de la profondeur méditative (Costa et al., 2019 ; Kaplan, 2001 ; Lymeus et al., 2018). Ces données suggèrent que l'environnement, qu'il soit virtuel ou réel, peut moduler les effets de la méditation, soulignant l'importance d'explorer la relation entre l'environnement naturel et la pratique méditative.

Environnements naturels et méditation

L'étude de la relation entre l'être humain et la nature s'est développée à partir des années 1960, donnant lieu à de nombreux modèles visant à comprendre ses bienfaits sur le bien-être (Gaekwad et al., 2023 ; Lymeus et al., 2018 ; Marocco et al., 2025 ; Yeo et al., 2020). Certaines entre eux suggèrent que l'exposition à la nature favorise la restauration psychophysiologique grâce à sa simplicité sensorielle (Ulrich et al., 1991 ; Ünal et al., 2022). Parallèlement, d'autres théories proposent que les stimuli naturels sont enregistrés et traités plus facilement par l'être humain, grâce à une prédisposition innée à réagir positivement à la nature (Ulrich et al., 1991 ; Yeo et al., 2020). Cela serait notamment dû à la présence d'éléments *softly fascinating*, capables d'orienter spontanément l'attention et de favoriser sa restauration (Kaplan, 1995, 2001 ; Scott et al., 2021 ; Ulrich et al., 1991 ; Yeo et al., 2020).

Ces interprétations sont supportées par de nombreuses données, qui soulignent les bénéfices de l'interaction avec la nature sur la santé physiologique, cognitive et émotionnelle des individus (Gaekwad et al., 2023 ; Kaplan, 1995 ; Marocco et al., 2025 ; Scott et al., 2021 ; Ulrich et al., 1991). Plus précisément, l'exposition à des environnements naturels est associée à une augmentation de l'affect positif (Scott et al., 2021 ; Ulrich et al., 1991 ; Yeo et al., 2020), à une réduction de l'activation physiologique (Gaekwad et al., 2023 ; Scott et al., 2021 ; Ulrich et al., 1991), ainsi qu'à la restauration des ressources attentionnelles (Kaplan, 1995, 2001 ; Lymeus et al., 2018). Ces effets, observables à court terme et plus marqués en conditions d'activation élevée (Gaekwad et al., 2023 ; Ulrich et al., 1991), semblent dépendre de caractéristiques spécifiques des environnements naturels : *fascination*, qui oriente spontanément l'attention, et *being away*, qui favorise un sentiment de détachement par rapport aux distractions et au stress quotidien (Costa et al., 2019, 2020 ; Kaplan, 1995, 2001 ; Lymeus et al., 2018). Ces qualités rendent ces environnements appropriés aux pratiques méditatives, car ils créent des conditions favorables à une attention stable et au maintien de la pleine conscience dans le moment présent (Costa et al., 2019, 2020 ; Kaplan, 2001 ; Lymeus et al., 2018), soutenant et renforçant les processus méditatifs (Kelly et al., 2022 ; Wang et al., 2022). La simple contemplation des éléments naturels peut en outre induire un état de veille détendue, comparable à celui observé lors de la méditation, médié

par une activation parasympathique accrue (Ulrich et al., 1991), qui peut promouvoir davantage le développement de la pleine conscience. Enfin, la MPC en contextes naturels est associée à une augmentation des émotions positives, ce qui souligne le rôle amplificateur de la nature également dans les bénéfices émotionnels de la pratique (Djernis et al., 2023 ; Lymeus et al., 2018).

Environnements naturels virtuels et méditation

Dans ce contexte de recherche, les environnements naturels virtuels se sont avérés produire des bienfaits similaires à ceux des environnements réels, notamment en termes de réduction de l'activation sympathique et d'amélioration de l'humeur (Knaust et al., 2022 ; Marocco et al., 2025 ; Ünal et al., 2022 ; Yen et al., 2024). À cet égard, les technologies immersives sembleraient capables de reproduire certaines qualités propres à la nature, générant des réponses physiologiques et psychologiques comparables à celles des environnements réels (Higuera-Trujillo et al., 2017 ; Klein & Borelle, 2019 ; Ma et al., 2023). De nombreuses études mettent en effet en évidence des effets semblables entre la nature réelle et virtuelle, tant sur le plan psychophysiologique que sur le plan émotionnel (Browning et al., 2020 ; Chirico & Gaggioli, 2019 ; King et al., 2024 ; Ünal et al., 2022). Toutefois, certaines évidences indiquent que les environnements virtuels ne parviennent pas à reproduire pleinement les qualités restauratrices de la nature, suggérant que les bénéfices qu'ils génèrent demeurent inférieurs à ceux induits par l'exposition à des contextes naturels réels (Calogiuri et al., 2018 ; Yeo et al., 2020).

En particulier, des études ont examiné les effets des environnements virtuels naturels sur le bien-être émotionnel et physiologique, soulignant une augmentation des émotions positives (Marocco et al., 2025 ; Yeo et al., 2020) ainsi qu'une réduction d'activation sympathique et subjective (Annerstedt et al., 2013 ; Marocco et al., 2025 ; Robbemon et al., 2025). Des études comparatives montrent également que ces effets sont plus marqués lors d'une exposition à la RV plutôt que sur écran, tant en ce qui concerne l'augmentation des émotions positives (Chirico et al., 2017 ; Yeo et al., 2020), que la promotion des états de relaxation, également sur le plan subjectif (Chen & Li, 2022 ; Knaust et al., 2022), probablement en raison d'une présence perçue avec la nature plus élevée (Yeo et al., 2020).

Dans ce contexte, bien qu'elle ne reproduise pas pleinement certaines qualités multisensorielles des environnements réels (Marocco et al., 2025 ; Ünal et al., 2022), la nature virtuelle présente un potentiel régénératif significatif et résulte efficace pour la promotion de la pleine conscience (Costa et al., 2019 ; Döllinger et al., 2021 ; Ma et al., 2023 ; Xie et al., 2025). La recherche sur la MPC en RV utilise en effet fréquemment des scénarios naturels (Döllinger et al., 2021 ; King et al., 2024 ; Salminen et al., 2024), dans lesquels la perception d'« être dans la nature » et ses

propriétés restauratrices sont associées à des expériences méditatives plus profondes (Costa et al., 2019 ; Kelly et al., 2022 ; Ma et al., 2023). Plus spécifiquement, les dimensions *being away* et *fascination*, également reproduites dans les environnements virtuels, favoriseraient le détachement des distracteurs et une régulation attentionnelle plus efficace, soutenant la pleine conscience du moment présent et renforçant les bienfaits émotionnels et physiologiques de la pratique (Costa et al., 2019, 2020 ; Kelly et al., 2022). Compte tenu de ces caractéristiques, les environnements virtuels naturels pourraient s'approcher des expériences réelles, au contraire des modalités sur écran, favorisant ainsi des effets plus marqués sur l'attention, la régulation émotionnelle et la modulation physiologique (Seabrook et al., 2020).

Le rôle de la familiarité technologique dans la méditation virtuelle

L'intégration de la RV dans les pratiques méditatives a donc montré des résultats prometteurs, grâce à ses propriétés immersives qui renforcent les mécanismes cognitifs, expérientiels et émotionnels à la base de la méditation traditionnelle (Arpaia et al., 2022 ; Döllinger et al., 2021 ; Ma et al., 2023). Dans ce contexte, des études récentes mettent en évidence les bienfaits de la RV sur la pleine conscience (Hanna et al., 2025 ; Modrego-Alarcón et al., 2025 ; Navarro-Haro et al., 2017 ; Seabrook et al., 2020) ainsi que sur le bien-être général dans les populations cliniques et sains (Arpaia et al., 2022 ; Failla et al., 2022 ; Ma et al., 2023 ; Wang et al., 2022). Cependant, des questions restent sur l'efficacité supplémentaire de la RV par rapport aux pratiques non-immersives (Gao et al., 2024 ; King et al., 2024), ainsi que sur les limites liées à l'acceptation technologique, l'inconfort, la qualité de l'immersion et le manque de familiarité avec la RV (Gao et al., 2024 ; Hitos-Garcia et al., 2025 ; Kelly et al., 2022).

Dans ce contexte, la recherche sur les pratiques méditatives en RV s'est jusqu'à présent principalement focalisé sur l'efficacité des interventions, négligeant l'analyse des caractéristiques, des perceptions et des expériences subjectives des utilisateur·rice·s (Seabrook et al., 2020 ; Shankar et al., 2025), qui peuvent influencer l'engagement et les bénéfices de la pratique (Kelly et al., 2022 ; Modrego-Alarcón et al., 2025 ; Shankar et al., 2025). L'exploration de ces éléments pourrait optimiser les expériences immersives, en améliorant à la fois l'efficacité et l'adhésion aux interventions (Kelly et al., 2022 ; Shankar et al., 2025). En particulier, la familiarité avec la RV pourrait moduler les effets de la MPC virtuelle, en influençant le sentiment de présence, l'engagement et la gestion des distractions, facilitant ainsi l'interaction avec les dispositifs. Cependant, peu d'études se sont jusqu'à présent exploré cette variable, mettant en évidence une lacune que le présent travail entend examiner.

La Perceived Ease of Use

Malgré la diffusion croissante de la RV dans de nombreux domaines, peu d'études ont examiné les facteurs influençant la facilité d'utilisation des interventions immersives (Robbemon et al., 2025 ; Sagnier et al., 2020). Dans ce contexte, le *Technology Acceptance Model* (TAM) identifie la *Perceived Ease of Use* (PEOU) comme un élément central dans l'interaction avec les technologies virtuelles, capable de soutenir l'engagement, de simplifier la gestion du système et d'en renforcer l'efficacité (HitosGarcia et al., 2025 ; Sagnier et al., 2020). Dans le contexte de la MPC en RV, la PEOU a été déclinée par Hitos-Garcia et al. (2025) en quatre dimensions : la facilité d'utilisation, c'est-à-dire la simplicité opérationnelle, l'interactivité, correspondant à la fluidité du système, l'intuitivité, qui indique l'utilisation sans expérience préalable, et le confort d'utilisation, qui définit les aspects ergonomiques et physiques (Hitos-Garcia et al., 2025). Ces composantes réduisent la charge cognitive associée à la nouveauté technologique, favorisent l'engagement et facilitent l'interaction avec le système, promouvant ainsi l'expérience méditative (Hitos-Garcia et al., 2025). Dans cette perspective, la familiarité avec la RV pourrait accroître la PEOU, en simplifiant l'interaction et la gestion de la technologie. Ces facteurs favoriseraient, en dernier ressort, l'engagement des utilisateur·rice·s, maximisant ainsi les effets et les bénéfices de la MPC virtuelle.

Familiarité, engagement et enjeux de la RV

D'autres facteurs liés à l'optimisation de la MPC en RV concernent le niveau d'engagement et la capacité à gérer les distractions (Kelly et al., 2022 ; Seabrook et al., 2020). Plus spécifiquement, les problèmes techniques ou les difficultés d'interaction avec le système peuvent générer des distractions et interrompre la continuité de la pratique (Arpaia et al., 2022 ; Gao et al., 2024 ; Riva et al., 2019 ; Salminen et al., 2024). De même, des environnements virtuels hyperstimulants peuvent entraîner une surcharge sensorielle, en distrayant l'utilisateur·rice·s de la méditation (Kelly et al., 2022 ; Seabrook et al., 2020).

Ainsi, l'efficacité de la MPC en RV dépend de la qualité technique du système et de l'engagement qu'il favorise, éléments directement liés à la conception de l'environnement virtuel (Kelly et al., 2022).

Dans cette perspective, Kelly et al. (2022) ont suggéré que le degré de familiarité avec le scénario virtuel semble moduler l'engagement dans la pratique à travers le monitoring attentionnel. En particulier, les environnements perçus comme peu familiers tendraient à accroître les distractions et à diminuer l'attention, tandis que ceux plus familiers favoriseraient le focus et l'engagement (Kelly et al., 2022).

Sur la base de ces observations, il paraît plausible d'hypothéquer une action modulatrice analogue de la familiarité en RV sur l'efficacité de la MPC, indépendamment du contenu administré. Plus précisément, la familiarité avec les dispositifs virtuels pourrait réduire la charge générée par la nouveauté technologique, favorisant un plus grand sentiment de présence et d'engagement, tout en limitant les distractions et en augmentant l'efficacité de la pratique. À l'inverse, le manque de familiarité avec la RV pourrait amplifier les distractions, réduisant par conséquent l'engagement et le focus sur la MPC.

Dans ce même contexte, de nombreuses criticités techniques et expérientielles ont été associées à une potentielle diminution de l'efficacité de la MPC en RV (Gao et al., 2024 ; Kelly et al., 2022 ; Seabrook et al., 2020 ; Xie et al., 2025). En particulier, ces limitations peuvent compromettre l'expérience immersive, provoquer des fluctuations dans le sentiment de présence et interrompre la continuité de la pratique, entravant l'état de pleine conscience (Kelly et al., 2022 ; Seabrook et al., 2020 ; Wang et al., 2022). Parmi ces principaux enjeux figurent la capacité limitée des environnements virtuels à détourner le sujet du monde physique (*being away*) et à réduire efficacement les distractions externes (Costa et al., 2020 ; Yeo et al., 2020), les problèmes de stabilité des dispositifs ou la faible résolution, qui peuvent perturber l'attention et l'immersion (Cawley & Tejeiro, 2024 ; Salminen et al., 2024 ; Seabrook et al., 2020 ; Xie et al., 2025), ainsi que le confort de l'équipement, dont le poids ou les interférences lumineuses peuvent interrompre l'expérience méditative (Kelly et al., 2022 ; Robbmond et al., 2025 ; Seabrook et al., 2020 ; Xie et al., 2025). D'autres facteurs incluent le *cybersickness*, qui peut provoquer des nausées, des vertiges, des maux de tête et fatigue visuelle (Gao et al., 2024 ; Lavoie et al., 2021 ; Olasz et al., 2024 ; Pawełczyk et al., 2025), réduisant la présence, l'immersion et l'efficacité de la pratique (Gao et al., 2024 ; Robbmond et al., 2025), ainsi que l'anxiété technique liée au manque de familiarité avec la technologie, qui peut compromettre la satisfaction et la continuité de la séance (Gao et al., 2024 ; Modrego-Alarcón et al., 2025). À cet égard, une session de pré-exposition à la RV pourrait être nécessaire pour l'adaptation à la RV, contribuant ainsi à renforcer l'efficacité de la pratique virtuelle (Seabrook et al., 2020).

Compte tenu de ces limites, la familiarité avec la RV pourrait être un facteur susceptible de moduler la perception des difficultés techniques et expérientielles de la pratique virtuelle, influençant ainsi son efficacité (Gao et al., 2024 ; Modrego-Alarcón et al., 2025). En fait, lorsque le sujet ne se sent pas pleinement à l'aise ou familière avec l'expérience virtuelle, les mécanismes immersifs et expérientiels de celui-ci peuvent être compromis, limitant ainsi la profondeur de la séance méditative (Costa et al., 2019). À l'inverse, une expérience préalable avec la technologie facilite la gestion du système, réduit les inconforts et les interférences, et permet de se focaliser

sur la pratique plutôt que sur les aspects techniques. Par ailleurs, la familiarité avec la RV contribuerait à réduire l'anxiété technologique (Gao et al., 2024) et à accroître la PEOU, favorisant l'efficacité des interventions immersives (Hitos-Garcia et al., 2025). Par conséquent, les personnes familières avec la RV présentent une plus grande tolérance et conscience des contraintes techniques, lesquelles deviennent moins distractives et susceptibles de compromettre la continuité de la pratique. Ces observations résultent cohérents avec des résultats récents, qui indiquent que la familiarité avec le contexte virtuel peut moduler l'efficacité de la MPC en RV, en influençant in fine le développement de la pleine conscience (Modrego-Alarcón et al., 2025).

Synthèse de la recherche

Le cadre présenté a permis d'exposer les principaux apports de la littérature sur les pratiques de pleine conscience, en soulignant leur efficacité dans la promotion du bien-être (Jamil et al., 2023 ; Ngô, 2013 ; Wielgosz et al., 2019 ; Wu et al., 2019). Ces effets semblent être médiés principalement par l'état de pleine conscience, considérée un mécanisme clé des résultats positifs (Hölzel et al., 2011 ; JislinGoldberg et al., 2012 ; Scavone et al., 2020). À cet égard, les études documentent des bénéfices en termes de réduction de l'activation sympathique (Khalsa et al., 2015 ; Lomas et al., 2015 ; Morais et al., 2021) et d'augmentation de l'affect positif (Fredrickson et al., 2017 ; Jislin-Goldberg et al., 2012). Cependant, une grande partie de la recherche s'est consacrée sur la réduction des émotions négatives, négligeant l'analyse de l'augmentation de l'affect positif comme résultat direct des pratiques (JislinGoldberg et al., 2012 ; Wu et al., 2019).

Parallèlement, la RV représente un soutien aux pratiques méditatives, grâce aux propriétés immersives qui favorisent l'engagement et la profondeur de l'expérience (Arpaia et al., 2022 ; Kosunen et al., 2016 ; Xie et al., 2025). En particulier, des études montrent des liens entre la MPC en RV, l'augmentation de la pleine conscience (Modrego-Alarcón et al., 2025 ; Navarro-Haro et al., 2017 ; Seabrook et al., 2020) et l'amélioration des résultats émotionnels et psychophysiologiques (Arpaia et al., 2022 ; Costa et al., 2019, 2020 ; De Zambotti et al., 2022 ; Poetar et al., 2023), suggérant un rôle de renforcement des environnements virtuels naturels dans ces effets (Costa et al., 2019 ; Ma et al., 2023 ; Xie et al., 2025).

Cependant, la supériorité de la MPC en RV n'est pas encore claire (Döllinger et al., 2021 ; Wang et al., 2022), soulignant l'importance de considérer les variables individuelles, comme la

familiarité avec la RV, encore peu étudiées (Kelly et al., 2022 ; Hitos-Garcia et al., 2025 ; Shankar et al., 2025).

Questions de recherche et hypothèses

Sur la base de ces résultats, la présente étude vise à examiner l'impact de la modalité d'administration d'une séance de MPC digitale, afin d'évaluer les avantages potentiels offerts par la RV dans ce domaine, ainsi que le rôle de facteurs individuels spécifiques, en intégrant des mesures physiologiques et d'autoévaluation afin d'adopter une approche multidimensionnelle. À cette fin, la recherche s'articule autour des questions suivantes :

RQ1 : Dans une population d'adultes sains, la méditation de pleine conscience en RV est-elle plus efficace que la méditation de pleine conscience audio-guidée sur écran pour favoriser l'affect positif et la pleine conscience immédiatement après la séance ?

RQ2 : Dans une population d'adultes sains, la méditation de pleine conscience en RV est-elle plus efficace que la méditation de pleine conscience audio-guidée sur écran pour moduler l'activation sympathique initiale et favoriser une augmentation plus marquée de la pleine conscience immédiatement après la séance ?

RQ3 : Dans une population d'adultes sains soumis à une séance de méditation de pleine conscience en RV, la familiarité avec la RV amplifie-t-elle les effets de la méditation en termes d'augmentation de la pleine conscience immédiatement après la séance ?

Pour y répondre, deux hypothèses confirmatoires (H1-H2) et une exploratoire (H3) ont été formulées :

H1a – Hypothèse confirmatoire : Chez une population de sujets sains, une séance de méditation de pleine conscience audio-guidée en RV entraîne une augmentation plus marquée de l'affect positif immédiatement après la session, par rapport à la méditation audio-guidée sur écran.

H1b – Hypothèse confirmatoire : Chez une population de sujets sains, une séance de méditation de pleine conscience audio-guidée en RV entraîne une augmentation plus marquée de la pleine conscience immédiatement après la session, par rapport à la méditation audio-guidée sur écran.

H2 – Hypothèse confirmatoire : Chez une population de sujets sains, une séance de méditation de pleine conscience audio-guidée en RV entraîne une modulation plus efficace de l'activation

sympathique initiale, permettant une augmentation plus marquée de la pleine conscience immédiatement après la session, par rapport à la méditation audio-guidée sur écran.

H3 – Hypothèse exploratoire : Chez une population de sujets sains soumis à une séance de méditation de pleine conscience audio-guidée en RV, la familiarité avec la RV amplifie les effets de la méditation, entraînant une augmentation plus marquée de l'état de pleine conscience immédiatement après la session.

Les hypothèses suivantes ont été opérationnalisées comme suit :

H1a : Dans un échantillon de sujets sains, la modalité de méditation (VI : RV vs. Vidéo) influence la variation de l'affect positif (VD). Il est attendu que les participant·es exposé·es à la méditation en RV présentent un score total d'affect positif significativement plus élevé à la fin de la séance (T2), mesurée par le *Positive and Negative Affect Schedule* (PANAS ; Watson et al., 1988), par rapport aux participant·es exposé·es à la méditation audio-guidée sur écran.

H1b : Dans un échantillon de sujets sains, la modalité de méditation (VI : RV vs. Vidéo) influence la variation de la pleine conscience (VD). Il est attendu que les participant·es exposé·es à la méditation en RV présentent un score total de pleine conscience significativement plus élevé à la fin de la séance (T2), mesurée par la *State Mindfulness Scale* (SMS ; Tanay & Bernstein, 2013), par rapport aux participant·es exposé·es à la méditation audio-guidée sur écran.

H2 : Dans un échantillon de sujets sains, la modalité de méditation (modérateur : RV vs. Vidéo) modère la relation entre l'activation sympathique initiale (prédicteur), mesurée par un indice d'activation sympathique dérivé de l'EDA à T1, et le score total de pleine conscience (critère) mesuré par la *State Mindfulness Scale* (SMS ; Tanay & Bernstein, 2013) à T2. Il est attendu que les participant·es exposé·es à la méditation en RV présentent une modulation plus efficace de l'activation sympathique initiale (T1), conduisant à des scores totaux de pleine conscience significativement plus élevés après la séance (T2), par rapport aux participant·es exposé·es à la méditation audio-guidée sur écran.

H3 : Dans un échantillon de sujets sains soumis à une séance de méditation en RV, la familiarité avec la RV (VI), évaluée par la réponse "oui" ou "non" à la question « *Avez-vous déjà utilisé des dispositifs de Réalité Virtuelle ?* », influence la variation de pleine conscience (VD). Il est attendu que les participant·es familier·ère·s avec la RV présentent un score total de pleine conscience significativement plus élevé à la fin de la séance (T2), mesurée par la *State Mindfulness Scale* (SMS ; Tanay & Bernstein, 2013), par rapport aux participant·es non familier·ère·s avec la RV.

Méthode

Le présent projet de recherche a été mis en place par le Département de psychologie de l'Université de Fribourg. En particulier, l'étude vise à examiner l'effet de la méditation de pleine conscience en réalité virtuelle sur les réponses physiologiques et le bien-être émotionnel chez des individus en bonne santé.

L'investigation intègre la collecte de données diversifiées, en combinant des mesures psychophysiologiques et des instruments d'auto-évaluation, afin d'approfondir les mécanismes par lesquels la méditation en RV peut influencer le bien-être des individus.

Participant·e·s

Le projet de recherche prévoyait un échantillon initial de 100 participant·es, recruté·es volontairement à l'Université de Fribourg. À l'issue du recrutement, 110 personnes ont pris part à l'étude, dont 16 ont été exclu·es à la suite d'une analyse préliminaire en raison de problèmes techniques, de l'inexploitabilité des données ou de l'absence de données. L'échantillon final était composé de 94 participant·es, âgé·es de 19 à 49 ans ($M = 24.40$, $SD = 4.77$). La répartition par sexe comprenait 70 femmes (75 %), 23 hommes (24 %) et une personne non binaire (1 %). La plupart des participant·es étaient des étudiant·es universitaires du Département de Psychologie de Fribourg (93 %). Cinquante-trois sujets (56 %) ont déclaré être familiarisés avec la réalité virtuelle, tandis que 68 (72 %) ont déclaré avoir déjà pratiqué la méditation ; parmi ceux-ci, 9 (13 %) pratiquaient régulièrement. En ce qui concerne la répartition des conditions expérimentales, 49 participant·es (52 %) ont été inclus·es dans la condition de méditation de pleine conscience audio-guidée via écran et 45 (48 %) ont pris part à la condition de méditation de pleine conscience audio-guidée en réalité virtuelle.

L'analyse des données démographiques a révélé des hétérogénéités au sein de l'échantillon, notamment en ce qui concerne le genre (femmes = 70, hommes = 23), le niveau de formation (étudiant·es = 87, autre = 7) et la familiarité avec la méditation (familiers·ères = 68, non familiers·ères = 26). Une analyse approfondie a également permis d'identifier six valeurs extrêmes relatives à l'âge, avec des âges compris entre 31 et 49 ans. Cependant, ces valeurs n'ont pas été considérées comme des facteurs fortement influents dans les analyses principales, notamment en raison de leur nombre limité par rapport à l'échantillon total. Par conséquent, il a été décidé de les conserver afin de préserver la représentativité et la puissance statistique de l'étude.

Dans le but de vérifier l'homogénéité des conditions, une analyse des sous-groupes a été réalisée à l'aide de tests t pour échantillons indépendants et de tests du chi carré. Les résultats ont confirmé l'homogénéité des groupes des variables démographiques d'intérêt, mettant en évidence un équilibre entre les conditions expérimentales au moment du recrutement. La même procédure a été appliquée aux scores des questionnaires en phase pré-intervention, confirmant l'équivalence des groupes. Les caractéristiques démographiques des participant·es et les scores des questionnaires sont résumés dans le **Tableau 1**, ainsi que les résultats des tests d'homogénéité (voir *Annexe A* pour les analyses détaillées).

Tableau 1

Caractéristiques des participant·es selon les conditions expérimentales

Variable	RV (n = 45)		Vidéo (n = 49)		Test de différence (RV – Vidéo)
	n	%	n	%	
Étudiants	40	88.89	47	95.92	$\chi^2(1) = 1.68, p = .195$
Familiarité avec RV	25	55.56	28	57.14	$\chi^2(1) = .02, p = .877$
Familiarité avec méditation	33	73.33	35	71.43	$\chi^2(1) = .04, p = .837$
Femmes	30	66.67	40	81.63	$\chi^2(2) = 4.40, p = .111$
	m	sd	m	sd	
Âge (années)	24.47	4.60	24.35	4.96	$t(92) = -.12, p = .904$
Score SMS total avant méditation	57.67	15.66	59.22	14.99	$t(92) = .49, p = .623$
Score SMS total après méditation	72.87	13.77	77.98	11.58	-
Score PANAS (PA) total avant méditation	29.93	7.41	28.63	5.85	$t(84) = -.94, p = .350$
Score PANAS (PA) total après méditation	28.18	8.28	27.39	6.94	-
EDA Sympathetic (LOG) avant méditation (phase FRT pré-méditation)	3.25	0.93	3.00	1.25	$t(88) = -1.10, p = .276$
EDA Sympathetic (LOG) phase méditation	3.09	1.18	2.40	1.45	-

Note. SMS = *State Mindfulness Scale* ; PANAS = *Positive and Negative Affect Schedule* ; PA = *Positive Affect* ;

FRT = *Fribourg Reward Task* ; EDA Sympathetic = mesure dérivé de l'activité électrodermale (EDA) ; *m* = moyenne ; *sd* = écart-type ; *n* = nombre d'observations ; % = pourcentage. Les comparaisons entre les groupes ont été effectuées à l'aide de tests-t pour les variables continues et de tests du χ^2 pour les variables catégorielles. Les statistiques sont reportées dans la colonne correspondante.

Recrutement

Le recrutement a été réalisé sur une base volontaire à l'Université de Fribourg, impliquant principalement des étudiant·es en psychologie. En date du 04.05.2025, le recrutement a été étendu au-delà du contexte universitaire, afin d'augmenter l'hétérogénéité de l'échantillon. Les informations relatives à l'étude ont été divulguées via les réseaux sociaux et universitaires, par l'affichage de flyers (*Annexe B*) et par le bouche-à-oreille entre étudiant·es. Les critères d'inclusion comprenaient un âge compris entre 18 et 65 ans, ainsi qu'une maîtrise de la langue française, nécessaire à la complétion des échelles d'auto-évaluation. Les demandes de participation ont été reçues principalement par courrier électronique. À la suite des demandes de participation, un document d'information a été envoyé à chaque participant·e, contenant des informations relatives à la session expérimentale, la date et l'horaire prévus, ainsi que certaines recommandations préliminaires, notamment l'interdiction de consommer des substances psychoactives ou de l'alcool dans les heures précédant la participation.

La proposition de recherche a été approuvée par la Commission d'éthique du Département de Psychologie (protocole nr. 2024–973). Avant la participation, chaque participant·e a signé un formulaire de consentement éclairé (*Annexe C*), contenant des informations détaillées sur le droit de rétractation, les modalités de traitement des données personnelles et les objectifs généraux de l'étude. Toutes les données ont été enregistrées en forme anonyme et traitées de manière confidentielle, et seront conservées par l'équipe de recherche pendant sept ans, conformément aux dispositions éthiques en vigueur. Les participant·es ont également été informé·es des risques et des bénéfices associés à la procédure expérimentale. Afin de garantir la bonne compréhension des informations, les expérimentateur·rices restaient à disposition pour répondre aux questions. Le formulaire de consentement a été signé par chaque sujet pour confirmer sa participation volontaire à l'étude. Par ailleurs, aucune compensation financière n'était prévue pour la participation à l'étude ; toutefois, les étudiant·es en psychologie de l'Université de Fribourg

pouvaient obtenir 1.5 points d'expérience. Le projet de recherche n'a bénéficié d'aucun financement externe.

Matériel et procédure

L'étude a été menée au Laboratoire de Psychologie Clinique de l'Université de Fribourg. La phase d'accueil durait approximativement 10 minutes. Les participant·es ont été reçu·es au laboratoire de psychologie clinique (S-01.101) par les expérimentateur·rices et assigné·es de manière randomisée à l'une des deux conditions : contrôle (méditation de pleine conscience audio-guidée en format audiovisuel) ou expérimentale (méditation de pleine conscience audio-guidée en RV). Après avoir signé le formulaire de consentement, les participant·es ont rempli un questionnaire contenant des informations démographiques, notamment le genre, l'âge, la familiarité avec la RV, la familiarité avec la méditation ainsi que les antécédents cliniques et autres informations (*Annexe D*).

Les participant·es ont ensuite rempli une batterie de questionnaires auto-rapportés de pré-intervention pour l'évaluation de certaines variables comportementales. La batterie comprenait la *State Mindfulness Scale* (SMS ; Tanay & Bernstein, 2013 ; $\alpha = .87 - .92$), la *Positive and Negative Affect Schedule* (PANAS ; Watson et al., 1988 ; *Positive Affect* [PA] : $\alpha = .89$, IC95 % = $.88 - .90$; *Negative Affect* [NA] : $\alpha = .85$, IC95 % = $.84 - .87$), et la *State-Trait Anxiety Inventory – Form Y* (STAI–Y ; Spielberger et al., 1983 ; $\alpha = .91$). La complétion des questionnaires (*Annexe E*) nécessitait entre 5 et 10 minutes.

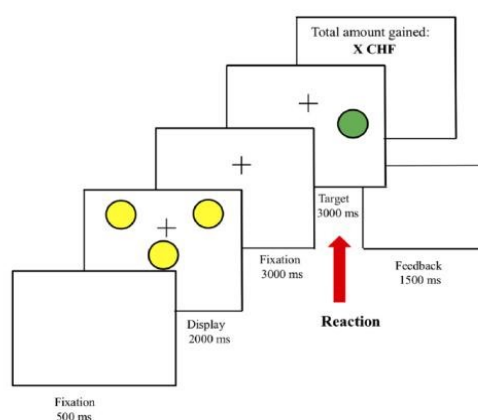
Lors de la phase suivante, des capteurs wireless *Movisens* ont été installés pour enregistrer l'activité cutanée, cardiaque et cérébrale, enregistrées via le logiciel *Sensor Manager* (Movisens GmbH). L'activité électrodermale (EDA) a été mesurée à l'aide du capteur EDAMove4, placé sur la paume de la main non dominante. Cette mesure reflète l'activité du système nerveux autonome sympathique et est associée à l'activation physiologique, cognitive et émotionnelle (Crescentini et al., 2016 ; Morais et al., 2021). L'activité cardiaque a été enregistrée au moyen du capteur ECGMove4, placé sur le sternum à l'aide d'une ceinture. Cet appareil a permis l'enregistrement de la fréquence et de la variabilité cardiaque, deux indicateurs importants du stress et de la régulation émotionnelle (Gaekwad et al., 2023 ; Shearer et al., 2016). L'activité cérébrale a été monitorée à l'aide du casque *Emotiv Flex 2.0* à 14 électrodes, avec application d'une solution saline pour optimiser la conductivité électrique. Le signal acquis a permis d'analyser la puissance des différentes bandes de fréquences cérébrales (alpha, bêta, gamma, thêta ; Banquet, 1973), associées à différents processus cognitifs et émotionnels (Banquet, 1973 ; Salminen et al., 2024) ainsi qu'aux états méditatifs (Calderone et al., 2024 ; Lomas et al., 2015 ; Tang et al., 2015).

L'installation des équipements nécessitait environ 10 minutes. Par ailleurs, au début et à la fin de chaque tâche, chaque participant·e appuyait deux fois sur les capteurs, ce qui permettait l'insertion de marqueurs temporels pour faciliter l'analyse des données. Ensuite, l'enregistrement de la *baseline* des états psychophysiologiques a été réalisée, au cours de lequel les sujets étaient invités à rester immobiles, en maintenant le regard fixé sur la cible affichée à l'écran de l'ordinateur pour un minute.

Par la suite, une version en ligne adaptée du *Fribourg Reward Task* (FRT ; Martin-Soelch et al., 2009) a été administrée via le serveur JATOS afin d'évaluer les réponses motivationnelles et émotionnelles du système de récompense (Tandon et al., 2022). Le FRT comprend trois conditions expérimentales : récompense monétaire, récompense sociale et aucune récompense, chacune composée de 12 essais. Lors de chaque essai, les participant·es observent une croix de fixation (500 ms) suivie de trois cercles jaunes (2000 ms) et d'une autre croix de fixation (3000 ms), avant l'apparition de la cible visuelle (3000 ms), positionnée aléatoirement sur l'écran. L'objectif est d'indiquer si la position de la cible chevauche l'un des cercles précédents. Ensuite, un feedback (1500 ms) renseigne sur la justesse de la réponse et sur les récompenses obtenues, différenciées selon la condition. Les indicateurs de performance incluent la justesse des réponses, le temps de réaction, ainsi que les erreurs d'omission et de commission. La réalisation de la tâche nécessite environ 20 minutes (voir la **Figure 1** pour la procédure expérimentale).

Figure 1

Procédure du protocole expérimental du Fribourg Reward Task



Note. Reproduit par “*Relationship between behavioral and mood responses to monetary rewards in a sample of Indian students with and without reported pain*”, de T. Tandon, K. Ledermann, R. Gupta, N. Morina, D. L. Wadji, M. Piccolo et C. Martin-Sölch, 2022, *Humanities and Social Sciences Communications*, 9(1), p. 30. Copyright 2022 par Springer Nature.

À la fin du FRT, les participant·es ont effectué l'intervention correspondant à la condition assignée. Dans la condition expérimentale, une séance de méditation audio-guidée en RV d'une durée de dix minutes a été administrée à l'aide d'un casque Oculus Quest 2 (*Meta Quest 2: visore VR all-in-one immersivo* | *Meta Store*, s.d.), mesurant 191,5 x 102 x 142,5 mm, affichant une résolution de 1832 x 1920 pixels et offrant une stimulation visuelle à 360° avec audio spatial. La séance a été implémentée avec l'application *Guided Meditation VR*, acquise sur la plateforme *Meta*. La piste choisie, intitulée *Lac Azur*, présentait un paysage naturel avec un lac et un pont. Les instructions étaient données par une voix féminine en anglais et suivaient le protocole des pratiques méditatives de pleine conscience focalisée, invitant les participant·es à se concentrer sur la respiration et les sensations corporelles. De plus, il leur était demandé de garder les yeux ouverts pendant toute la durée de la session.

Dans la condition contrôle, une méditation audio-guidée d'une durée de 8 minutes et 41 secondes a été administrée en format audiovisuel sur l'écran de l'ordinateur. Le choix de la piste audio, disponible sur *Insight Timer*³ (*8 Minutes Of Mindfulness* | *Take Care Coaching*, s.d.), s'est basé sur l'étude de Poetar et al., (2023). Pour garantir la comparabilité des conditions, la piste utilisait également une voix féminine en anglais, et les participant·es devaient maintenir les yeux ouverts pendant toute la durée de la session.

À l'issue de la séance de méditation, la batterie de questionnaires auto-rapportés administrée lors de la phase pré-intervention a été de nouveau complétée. Par ailleurs, les participant·es assigné·es à la condition RV ont rempli l'*User Satisfaction Evaluation Questionnaire* (USEQ ; Gil-Gomez et al., 2017 ; $\alpha = .72$), visant à évaluer leur degré de satisfaction à l'égard du système RV. Enfin, la réalisation du

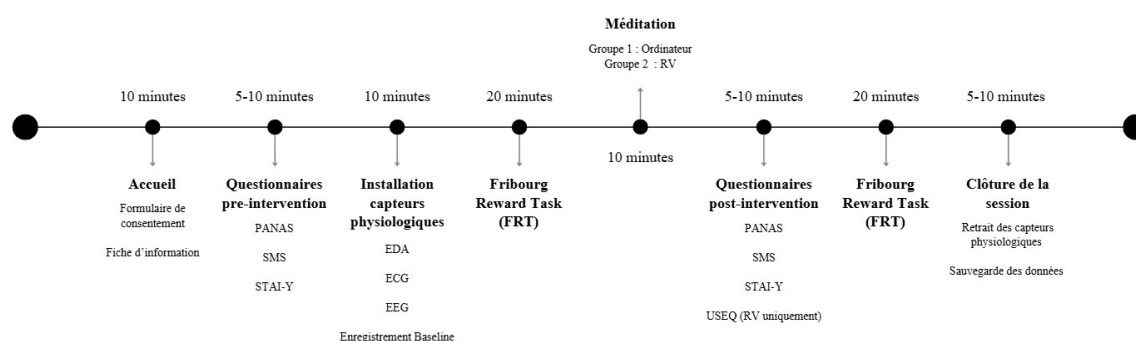
FRT a conclu la procédure expérimentale. La durée prévue pour cette phase était d'environ 20 minutes.

Au terme de la session expérimentale, tous les capteurs physiologiques ont été retirés et les données ont été enregistrées au format CSV. Enfin, les points d'expérience prévus ont été attribués aux étudiant·es universitaires inclus·es dans le projet de recherche. La durée totale du

protocole expérimental était d'environ 90 minutes, et son déroulement est illustré dans la **Figure 2**.

Figure 2

Procédure du protocole expérimental



Note. PANAS = *Positive and Negative Affect Schedule* ; SMS = *State Mindfulness Scale* ; STAI-Y = *State-Trait Anxiety Inventory – Form Y* ; USEQ = *User Satisfaction Evaluation Questionnaire* ; RV = *Réalité virtuelle* ; EDA = *activité électrodermale* ; ECG = *électrocardiogramme* ; EEG = *électroencéphalogramme*. Chaque bloc représente une phase de la procédure expérimentale, avec le temps d'administration correspondant.

L'ensemble de la procédure expérimentale a été réalisé à l'aide d'un ordinateur Dell OptiPlex équipé du système Windows 11, utilisé pour la présentation des stimuli et l'enregistrement des données. Le traitement des signaux a été effectué à la fin de la phase expérimentale par Michael Papinutto à l'aide de Python (v3.13.7), un langage de programmation utilisé pour le traitement et l'analyse des données physiologiques, avec l'aide de la bibliothèque NeuroKit2 (*Welcome to Python.Org*, 2025). Avant l'analyse, un contrôle préliminaire de la qualité des signaux enregistrés a été effectué. Les signaux physiologiques valides ont été soumis à des procédures de filtrage et de traitement (*eda_process* ; *eda_analyse* ; *ecg_process* ; *ecg_analyse*), permettant l'extraction des indicateurs tels que la fréquence cardiaque, la variabilité du rythme cardiaque et les réactions électrodermales. Les données manquantes ou non interprétables ont été exclues.

Matériel

Le protocole expérimental comprenait deux principales catégories de mesures : comportementales, constituées de questionnaires auto-rapportés et de la tâche de récompense, et physiologiques, incluant l'activité électrodermale, cérébrale et cardiaque, enregistrées pendant toute la durée du protocole. Conformément aux objectifs de recherche, l'analyse de la présente étude a porté sur les questionnaires *State Mindfulness Scale* (SMS ; Tanay & Bernstein, 2013) et *Positive and Negative Affect Schedule* (PANAS ; Watson et al., 1988), ainsi que sur les données physiologiques relatives à la conductance cutanée (EDA). Plus spécifiquement, un score total d'affect positif a été calculé par sommation des items composant la sous-échelle d'affect positif (PA) du PANAS. Par ailleurs, un score total de pleine conscience a été obtenu en additionnant l'ensemble des items individuels de la SMS. Les coefficients de cohérence interne des questionnaires utilisés sont présentés en annexe (*Annexe F*).

State Mindfulness Scale (SMS)

Pour la mesure de l'état de pleine conscience a été utilisée la version française de la *State Mindfulness Scale* (SMS ; Tanay & Bernstein, 2013), un questionnaire auto-rapporté de 21 items évaluant la conscience des états mentaux, des émotions et des sensations corporelles dans le moment présent. Les items sont cotés sur une échelle de type Likert à 5 points, allant de 1 = *pas du tout* à 5 = *très bien*. Le score total est obtenu en sommant les valeurs de chaque item et varie de 21 (niveau le plus faible de pleine conscience) à 105 (niveau le plus élevé de pleine conscience). La SMS se compose de deux sous-échelles : la pleine conscience de l'état corporel (*Body*) et la pleine conscience de l'état mental (*Mind*), qui convergent vers un facteur supérieur représentant la pleine conscience globale. Dans l'étude de validation originale, la SMS a montré une consistance interne élevée pour le score total ($\alpha = .87 - .92$) et pour les sous-échelles *Mind* ($\alpha = .91 - .96$) et *Body* ($\alpha = .85 - .89$; Tanay & Bernstein, 2013). Dans la présente étude, l'échelle a conservé une excellente fiabilité tant avant ($\alpha = .92$) qu'après ($\alpha = .91$) la session méditative.

La SMS s'appuie sur la définition de la pleine conscience proposée par Bishop et al. (2004), en intégrant des perspectives issues à la fois des traditions bouddhistes et de la psychologie contemporaine. L'échelle a été développée pour mesurer la pleine conscience dans sa dimension étatique, en tant qu'état mental transitoire et contextuel, ce qui la rend particulièrement adaptée aux contextes expérimentaux et cliniques (Bishop et al., 2004). Dans ce cadre, la SMS est principalement utilisée pour évaluer la pleine conscience pendant ou à l'issue des pratiques méditatives, permettant de détecter des variations contextuelles et spécifiques. À cet égard, les études de validation soutiennent la validité de l'outil, confirmant son efficacité pour investiguer les

mécanismes de la pleine conscience dans les protocoles expérimentaux (Tanay & Bernstein, 2013).

Positive and Negative Affect Schedule (PANAS)

Pour la mesure de l'affect positif (*Positive Affect* ; PA) a été utilisée la version française de la *Positive and Negative Affect Schedule* (PANAS ; Watson et al., 1988), un questionnaire auto-rapporté conçu pour mesurer les affects positifs et négatifs ressentis au moment de l'administration. Le PANAS comprend deux sous-échelles, la *Negative Affect Scale* (NA) et la *Positive Affect Scale* (PA), qui présentent une corrélation avec des valeurs comprises entre $r = -.12$ et $r = -.23$ (Watson et al., 1988). Chaque sous-échelle est composée de 10 items, cotés sur une échelle de type Likert à 5 points, allant de 1 = *très peu ou pas du tout* à 5 = *extrêmement*, avec des scores totaux variant entre 10 et 50. La sous-échelle PA évalue des dimensions émotionnelles positives telles que l'attention, l'intérêt, l'enthousiasme et la détermination, tandis que la sous-échelle NA mesure des états émotionnels négatifs tels que l'anxiété, le bouleversement, la culpabilité et la tension (Watson et al., 1988). Dans la présente étude, seule la sous-échelle PA a été utilisée afin d'évaluer le niveau d'affect positif des participant·es et ses variations pré-post intervention dans les deux conditions expérimentales.

Le PANAS présente une consistance interne élevée tant pour la sous-échelle PA ($\alpha = .89$; IC95 % = .88 – .90) que pour celle NA ($\alpha = .85$; IC95 % = .84 – .87 ; Crawford & Henry, 2004). Dans la présente étude, l'échelle a conservé une consistance interne élevée avant (PA : $\alpha = .85$; NA : $\alpha = .84$) et après (PA : $\alpha = .88$; NA : $\alpha = .80$) l'intervention. En outre, l'échelle montre une validité convergente et discriminante élevée (Crawford & Henry, 2004 ; Eisenbeck et al., 2018). Enfin, dans les échantillons de référence Watson et al. (1988) rapportent des scores moyens de PA égaux à $M = 33.3$ ($SD = 7.2$) et des scores moyens de NA égaux à $M = 17.4$ ($SD = 6.2$), résultats reproduits par Crawford & Henry (2004 ; PA : $M = 31.3$, $SD = 7.7$; NA : $M = 16.0$, $SD = 5.9$). Dans la présente étude, les scores moyens de PA avant la méditation étaient légèrement inférieurs ($M = 29.26$; $SD = 6.64$), restant toutefois cohérents avec la distribution de référence.

Activité électrodermale (EDA)

L'activité électrodermale (EDA) mesure la conductance cutanée, étroitement liée à l'activité des glandes sudoripares et sensible aux variations de l'activité du système nerveux sympathique (Crescentini et al., 2016 ; Morais et al., 2021 ; Olasz et al., 2024). Elle constitue un indice fiable de l'activation psychophysiologique et est largement utilisée comme indicateur des états émotionnels et des réponses au stress : une augmentation de l'EDA est associée à une activation plus élevée, tandis qu'une diminution indique un état de relaxation (Crescentini et al., 2016 ;

Morais et al., 2021). De plus, l'EDA comprend une composante tonique (*Skin Conductance Level*), représentant l'activation basale, et une composante phasique (*Skin Conductance Response*), qui reflète les réponses d'activation à des stimuli spécifiques (Costa et al., 2020 ; Morais et al., 2021).

Dans le cadre du présent protocole, l'EDA a été enregistrée à l'aide du capteur EDAMove4, placé sur la paume de la main non dominante. L'introduction de marqueurs temporels par double toucher a permis l'identification des principales phases du protocole : (1) baseline, (2) FRT pré-méditation, (3) méditation, (4) questionnaires post-méditation et (5) FRT post-méditation. À partir du même processus de filtrage, cinq mesures dérivées ont été extraites à l'aide des fonctions *eda_process* et *eda_analyse* de la bibliothèque NeuroKit2 : (1) *SCR_Peaks_N*, (2) *SCR_Peaks_Amplitude_Mean*, (3) *EDA_Tonic_SD*, (4) *EDA_Sympathetic*, (5) *EDA_Autocorrelation* (pour plus de détails sur les mesures, voir *Annexe G*). Aux fins du présent travail, l'activation physiologique sympathique pré-méditation a été opérationnalisée à l'aide de l'indice *EDA_Sympathetic*, analysé pendant la phase *FRT pré-méditation*, sélectionnée pour sa proximité temporelle avec la méditation et pour l'activation élevée prévue résultant de l'administration de la tâche. Une analyse préliminaire de la variable a mis en évidence la présence de certaines valeurs extrêmes et d'une asymétrie positive marquée. Afin de corriger cette distorsion, les données ont été soumises à une transformation logarithmique, préservant l'ordre des valeurs et améliorant les propriétés statistiques de la mesure sans en altérer l'interprétation théorique. Les graphiques de la variable avant et après transformation logarithmique sont présentés en *Annexe H*.

Résultats

Design expérimental

Dans le but d'explorer les hypothèses (H1-H3), les termes d'interaction ont été analysés. Plus précisément, une ANOVA mixte 2 x 2 a été réalisé pour H1 et H3, tandis que H2 a été examinée par une analyse de modération incluant des variables de contrôle afin de tenir en compte de facteurs de confusion. Avant de tester les hypothèses, des analyses préliminaires ont été menées pour vérifier les conditions d'applications (analyses détaillées disponibles en *Annexe I*). Par ailleurs, une analyse de sensibilité a été effectuée suite à l'identification de certaines valeurs extrêmes, à l'issue de laquelle il a été décidé de conserver l'échantillon complet afin de préserver la puissance statistique (voir *Annexe J* pour les détails). Toutes les analyses statistiques ont été réalisées à l'aide du logiciel RStudio (version 2024.04.2) sur un ordinateur standard. Les données

ont été traitées et transférées à l'aide du logiciel Microsoft Excel (version 16.96.1). L'ensemble des analyses réalisées avec R est présenté en *Annexe K*.

Conditions d'application

Pour les hypothèses H1 et H3, les conditions de normalité univariée (test de Kolmogorov-Smirnov, histogrammes et boîtes à moustaches), d'homogénéité des variances (test de Levene) et de la matrice des variances-covariances (test de Box), ainsi que la taille de l'échantillon ont été vérifiées. Pour l'hypothèse H2, les hypothèses de normalité univariée et bivariée, la distribution des résidus, la taille de l'échantillon et la multicolinéarité ont été vérifiées. Toutes les observations ont été recueillies en toute indépendance.

Synthèse des conditions d'application – Hypothèses H1a et H1b : la normalité univariée a été globalement satisfaite, avec des tests de Kolmogorov-Smirnov non significatifs et de légères asymétries observées à l'inspection graphique. La présence de valeurs extrêmes ($n = 6$) n'a pas été jugée problématique pour la robustesse des analyses, compte tenu de la nature des scores et de leur impact limité sur la taille de l'échantillon. L'homogénéité des variances a été respectée pour la majorité des variables ($PANAS_positive_après : F(1,92) = 1.94, p > .05$; $SMS_total_avant : F(1,92) = .09, p > .05$; $SMS_total_après : F(1,92) = 1.57, p > .05$), avec une violation observée pour la variable $PANAS_positive_avant : F(1,92) = 4.48, p = .037$, sans que celle-ci ne soit considérée comme compromettant la validité de l'ANOVA mixte. Enfin, l'homogénéité de la matrice des variances-covariances a été confirmée par le test de Box ($\chi^2(3) = 7.00, p > .05$; $\chi^2(3) = 2.13, p > .05$), et la taille de l'échantillon, évaluée selon le critère $n_1 < 2 \cdot n_2$, s'est avérée conforme. Sur la base de ces éléments, il a été jugé approprié de procéder à une ANOVA mixte pour étudier l'hypothèse H1.

Synthèse des conditions d'applications – Hypothèse H2 : les tests de Kolmogorov-Smirnov et l'inspection graphique ont indiqué une conformité raisonnable à la normalité univariée, malgré de légères asymétries, la présence de quelque valeur extrême, ainsi qu'une déviation significative de la normalité pour $EDA_Sympathetic_LOG$ dans le groupe Vidéo ($D(49) = .15, p = .005$). La normalité bivariée a été globalement satisfaite, avec la présence des asymétries et des valeurs extrêmes cohérentes avec les patterns observés en normalité univariée. L'analyse des résidus a révélé le respect des hypothèses de linéarité et de normalité, avec une violation de l'homoscédasticité confirmée par la significativité du test de Breusch-Pagan, révélé légèrement inférieur au seuil ($\chi^2(1) = 4.14, p = .042$). La matrice de corrélations n'a pas montré la présence d'une corrélation significative entre le critère et le prédicteur principal, ni de phénomènes de multicolinéarité entre les prédicteurs, suggérant un respect seulement partiel de la condition.

Enfin, la taille de l'échantillon s'est avérée adéquate selon le critère établi (Tabachnick & Fidell, 2014), confirmant la pleine satisfaction de l'hypothèse. Dans l'ensemble, les preuves soutiennent la pertinence de l'analyse de modération pour l'exploration de l'hypothèse H2.

Synthèse des conditions d'applications – Hypothèse H3 : la normalité univariée des variables a été globalement respectée, avec des tests de Kolmogorov-Smirnov non significatifs et de légères asymétries. Compte tenu de la taille réduite de l'échantillon dans les deux groupes expérimentaux, une plus grande importance a été accordée aux évaluations basées sur les boîtes à moustache et les test K-S, qui ont indiqué des distributions approximativement normales et l'absence de valeurs extrêmes. Les tests de Levene et de Box n'ont révélé aucune violation de l'homogénéité des variances ni des matrices de variances-covariances (*SMS_total_avant* : $F(1,43) = .01, p > .05$; *SMS_total_après* : $F(1,43) = 2.65, p > .05$; $\chi^2(3) = 4.97, p > .05$). Enfin, la taille de l'échantillon s'est avérée adéquate selon le critère $n_1 < 2 \cdot n_2$. Sur la base de ces éléments, une ANOVA mixte a été jugée appropriée pour l'hypothèse H3.

Analyses principales

ANOVA mixte sur l'affect positif : H1a

Pour l'exploration de l'hypothèse H1a, une ANOVA mixte 2 x 2 a été réalisée afin d'évaluer l'effet de la modalité de la pratique méditative sur le changement du score d'affect positif. Le modèle incluait la modalité de méditation comme facteur inter-sujets à deux modalités (RV vs. Vidéo) et le temps comme facteur intra-sujet à deux niveaux (pré-méditation vs. post-méditation), ainsi que leur interaction.

Les résultats de l'analyse ont identifié un effet principal significatif du temps sur le score d'affect positif, $F(1, 92) = 8.68, p = .004, \eta^2 = .01$. En particulier, le score au début de la pratique ($M = 29.26, SD = 6.64$) était significativement plus élevé qu'à la fin de la pratique ($M = 27.77, SD = 7.58$), indiquant une diminution de l'affect positif dans les deux groupes. Aucun effet principal significatif de la modalité de méditation sur le score d'affect positif n'a été observé, $F(1, 92) = .57, p = .452, \eta^2 < .01$; plus précisément, les scores d'affect positif ne différaient pas de manière significative entre la condition Vidéo ($M = 28.01, SD = 6.08$) et celle en RV ($M = 29.06, SD = 7.32$). De manière analogue, l'interaction entre le temps et la modalité de méditation ne s'est pas avérée significative, $F(1, 92) = .25, p = .617, \eta^2 < .01$, indiquant que l'évolution du score d'affect positif du début à la fin de la pratique était similaire dans les deux groupes. Les résultats complets sont présentés dans le **Tableau 2**.

Tableau 2

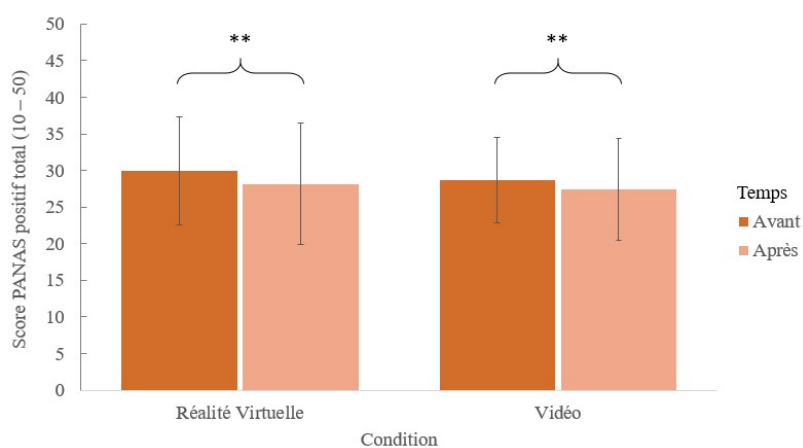
ANOVA mixte : effets du temps et de la modalité de méditation sur les scores d'affect positif

Prédicteur	df_{Num}	df_{Den}	SS_{Num}	SS_{Den}	F	p	η^2g
(Intercepte)	1	92	152778.39	8266.71	1700.27	< .001	.94
Condition	1	92	51.27	8266.71	0.57	.452	< .01
Temps	1	92	105.59	1119.69	8.68	.004**	.01
Condition x Temps	1	92	3.06	1119.69	0.25	.617	< .01

Note. ** $p < .01$; Temps = avant vs. après méditation ; Condition = RV vs. Vidéo ; F = statistique F ; df = degrés de liberté ; p = valeur p ; SS_{Num} = somme des carrés du numérateur ; SS_{den} = somme des carrés du dénominateur ; η^2g = taille d'effet général. L'ensemble des variables et l'effet d'interaction explique 2 % de la variance dans la population, $R^{adj2} < .01$.

Figure 3

Moyenne des scores totaux d'affect positif avant et après la méditation en fonction de la modalité de méditation



Note. ** $p < .01$. Temps = avant vs. après méditation.

Le score d'affect positif est calculé comme la somme des 10 items de la sous-dimension d'affect positif (PA) de l'échelle PANAS (échelle 1 – 5), avec un intervalle possible de 10 à 50. Le graphique montre une diminution du score total d'affect positif dans les deux conditions expérimentales.

En raison d'une violation potentielle de l'hypothèse d'homogénéité des variances, une analyse non paramétrique avec la méthode *Aligned Rand Transform* (ART) a été réalisée. Les résultats ont montré un schéma cohérent avec l'analyse principale, confirmant la robustesse du modèle. En particulier, un effet principal significatif du temps sur le score d'affect positif a été observé ($F(1, 92) = 4.33, p = .040$), tandis qu'aucun effet significatif de la modalité de méditation ($F(1, 92) = .53, p = .469$) ni d'interaction ($F(1, 92) = .20, p = .657$) n'a été détecté (résultats complets présentés en *Annexe K*).

ANOVA mixte sur la pleine conscience : H1b

Pour approfondir l'hypothèse H1, une autre ANOVA mixte 2 x 2 a été réalisée, afin d'étudier l'effet de la modalité de méditation sur l'évolution du score de pleine conscience. Le modèle incluait la modalité de méditation comme facteur inter-sujets à deux modalités (RV vs. Vidéo) et le temps comme facteur intra-sujet à deux niveaux (pré-méditation vs. post-méditation), ainsi que leur interaction.

Les résultats ont montré un effet principal significatif du temps sur le score de pleine conscience, $F(1, 92) = 110.87, p < .001, \eta^2 = .27$, avec une augmentation substantielle de la phase pré-méditation ($M = 58.48, SD = 15.25$) à la phase post-méditation ($M = 75.53, SD = 12.87$). Aucun effet principal significatif de la modalité de méditation sur le score de pleine conscience n'a été observé, $F(1, 92) = 1.91, p = .170, \eta^2 = .01$, reflétant des scores comparables entre la condition Vidéo ($M = 68.60, SD = 11.29$) et la condition RV ($M = 65.27, SD = 12.11$). De même, l'interaction entre le temps et la modalité de méditation ne s'est pas avérée significative, $F(1, 92) = 1.22, p = .273, \eta^2 < .01$, indiquant que le changement du score de pleine conscience entre le début et la fin de la pratique était similaire dans les deux conditions expérimentales. Les résultats complets sont présentés dans le **Tableau 3**, tandis que les statistiques descriptives associées aux ANOVA mixtes de l'hypothèse H1 sont présentées dans le **Tableau 4**.

Tableau 3

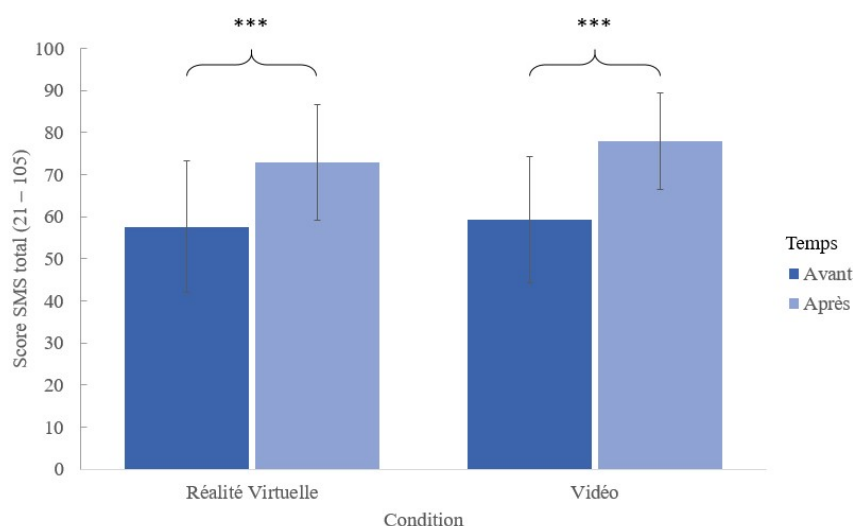
ANOVA mixte : effets du temps et de la modalité de méditation sur les scores de pleine conscience

Prédicteur	df_{Num}	df_{Den}	SS_{Num}	SS_{Den}	F	p	η^2_g
(Intercepte)	1	92	840753.87	25133.58	3077.53	< .001	.96
Condition	1	92	521.92	25133.58	1.91	.170	.01
Temps	1	92	13522.62	11221.13	110.87	< .001***	.27
Condition x Temps	1	92	148.24	11221.13	1.22	.273	< .01

Note. *** $p < .001$; Temps = avant vs. après méditation ; Condition = RV vs. Vidéo ; F = statistique F ; df = degrés de liberté ; p = valeur p ; SS_{Num} = somme des carrés du numérateur ; SS_{den} = somme des carrés du dénominateur ; η^2_g = taille d'effet général. L'ensemble des variables et l'effet d'interaction explique 28 % de la variance dans la population, $R^{adj2} < .27$.

Figure 4

Moyenne des scores totaux de pleine conscience avant et après la méditation en fonction de la modalité de méditation



Note. *** $p < .001$. Temps = avant vs. après méditation.

Le score de pleine conscience (SMS) est calculé comme la somme des 21 items (échelle 1 – 5), avec un intervalle possible de 21 à 105. Le graphique montre une augmentation du score total de pleine conscience dans les deux conditions expérimentales.

Tableau 4

Statistiques descriptives des ANOVA mixtes utilisant le temps et la modalité de méditation comme variables indépendantes sur le SMS et le PANAS positif, respectivement

	SMS			PANAS positif		
	State Mindfulness Scale			Positive and (Negatif) Affect Schedule		
Condition	RV <i>n</i> = 45	Vidéo <i>n</i> = 49	Total <i>n</i> = 94	RV <i>n</i> = 45	Vidéo <i>n</i> = 49	Total <i>n</i> = 94
Temps	<i>m (sd)</i>					
Avant	57.67 (15.66)	59.22 (14.99)	58.48 (15.25)	29.93 (7.41)	28.63 (5.85)	29.26 (6.64)
Après	72.87 (13.77)	77.98 (11.58)	75.53 (12.87)	28.18 (8.28)	27.39 (6.94)	27.77 (7.58)
Total	65.27 (12.11)	68.60 (11.29)		29.06 (7.32)	28.01 (6.08)	

Note. *m* et *sd* représente les moyennes et écart-types, respectivement. *n* représente le nombre de participant·es par condition expérimentale. RV représente la condition Réalité Virtuelle. Vidéo représente la condition de vidéo Audio-Guidée.

Modération de la modalité de méditation dans la relation entre l'activation sympathique et la pleine conscience : H2

Pour explorer l'hypothèse H2, une analyse de modération a été menée afin d'examiner si la relation entre le niveau d'activation sympathique pré-méditation (concomitant à l'administration du FRT ; prédicteur) et le score de pleine conscience post-méditation (critère) était modérée par la modalité de méditation (RV vs Vidéo). Le score de pleine conscience pré-méditation a été inclus dans le modèle en tant que covariable, afin de tenir en compte de l'effet des scores initiaux de pleine conscience.

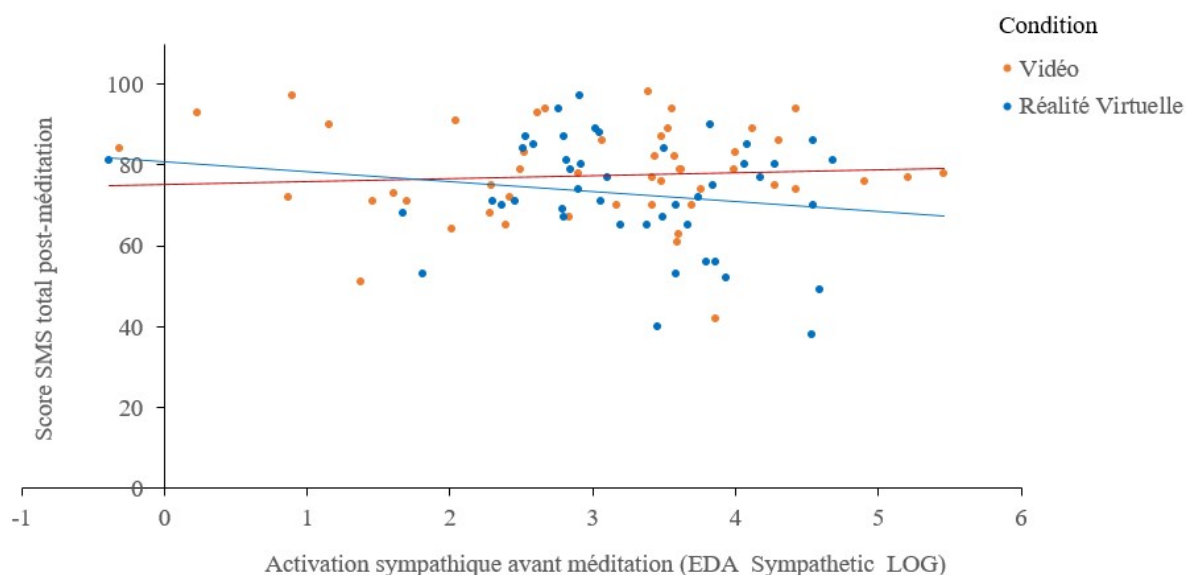
Avant d'illustrer les résultats, il convient d'explicitier la chaîne inférentielle sous-tendant H2, dont la plausibilité repose sur l'articulation de plusieurs mécanismes intermédiaires distincts. Premièrement, la pratique de la MPC est associée à une réduction de l'activation sympathique,

via le ralentissement spontané de la respiration et l'augmentation du tonus parasympathique, produisant un état de relaxation physiologique propice à l'émergence et au maintien de la pleine conscience (Khalsa et al., 2015 ; Scavone et al., 2020). Deuxièmement, des niveaux initiaux élevés d'activation sympathique sont susceptibles d'entraver ce processus, en mobilisant les ressources attentionnelles vers la gestion de l'arousal, réduisant ainsi la capacité à maintenir une attention soutenue sur l'objet méditatif, condition nécessaire au développement de l'état de pleine conscience (Kaplan, 2001 ; Khalsa et al., 2015). Troisièmement, les propriétés immersives de la RV, en particulier l'isolement sensoriel de l'environnement extérieur et la reproduction d'un environnement naturel virtuel, sont supposées favoriser la restauration attentionnelle et réduire plus efficacement l'activation sympathique initiale que les modalités moins immersives, créant ainsi des conditions physiologiques et attentionnelles optimales pour l'émergence d'un état de pleine conscience plus élevé (Costa et al., 2019, 2020 ; Modrego-Alarcón et al., 2025). La relation entre activation sympathique initiale et état de pleine conscience postméditation serait donc modulée par la modalité d'administration, la RV étant supposée atténuer davantage l'impact négatif d'une activation initiale élevée sur le développement de la pleine conscience. Toutefois, cette chaîne causale, bien que théoriquement cohérente, reste complexe et en partie spéculative, ce qui confère à H2 un caractère confirmatoire mais exploratoire dans ses implications, nécessitant une interprétation prudente des résultats.

Les résultats ont montré que le score de pleine conscience pré-méditation prédisait de manière significative le score post-méditation, $b = .32$, $t = 3.97$, $p < .001$, IC95 % [.16, .49], indiquant que des niveaux plus élevés de pleine conscience initiale sont associés à des scores plus élevés à la fin de la pratique. La modalité de méditation (référence : Vidéo) a montré un effet tendanciel sur le score de pleine conscience post-méditation, $b = -4.38$, $t = -1.79$, $p = .076$, IC95 % [-9.23, 0.47], indiquant des scores de pleine conscience post-méditation légèrement supérieurs dans la condition Vidéo par rapport à la condition RV, bien que cet effet ne soit pas significatif au seuil conventionnel. Ni le niveau d'activation sympathique pré-méditation ($b = .77$, $t = .55$, $p = .581$, IC95% [-1.99, 3.53]), ni l'interaction entre l'activation sympathique pré-méditation et la modalité de méditation ($b = -3.25$, $t = -1.39$, $p = .169$, IC95 % [-7.90, 1.41]), n'ont prédit de manière significative le score de pleine conscience post-méditation, indiquant l'absence d'effet modérateur de la condition expérimentale. Les résultats complets sont présentés dans le **Tableau 5**.

Figure 5

Effet de la modalité de méditation sur la relation entre l'activation sympathique avant méditation et le score de pleine conscience après méditation



Note. Le score de pleine conscience (SMS) est calculé comme la somme des 21 items (échelle 1 – 5), avec un intervalle possible de 21 à 105. L'activation sympathique initiale a été calculée à partir de la transformation logarithmique de la variable *EDA_Sympathetic*, issue du traitement des données électrodermales réalisé via la fonction *eda_process* (Neurokit2).

Tableau 5

Analyse de modération : effet de la modalité de méditation sur la relation entre l'activation sympathique initiale et le score de pleine conscience après méditation

Variable	<i>b</i>	<i>SE</i>	95% CI		β	<i>p</i>
			<i>LL</i>	<i>UL</i>		
Intercepte	77.83	1.68	74.48	81.14	NA	< .001
Score SMS avant méditation	0.32	0.08	0.16	0.49	0.38	< .001***
Activation sympathique avant méditation (phase FRT pré-méditation)	0.77	1.39	-1.99	3.53	0.07	.581
Condition (réf. Vidéo)	-4.38	2.44	-9.23	0.47	-0.17	.076
Activation sympathique avant méditation x Condition (réf. Vidéo)	-3.25	2.34	-7.90	1.41	-0.16	.169

Note. *b* = coefficient non standardisé ; *SE* = erreur standard ; *LL* = limite inférieure de l'intervalle de confiance ; *UL* = limite supérieure de l'intervalle de confiance ; β = coefficient standardisé ; *p* = valeur de probabilité ; SMS = *State Mindfulness Scale*. Les effets principaux et l'effet de modération sont rapportés. Le modèle global s'est révélé significatif, $F(4, 89) = 5.69$, $p < .001$, expliquant 20 % de la variance du score de pleine conscience post-méditation ($R^2 = .20$, $R^2_{adj} = .17$).

ANOVA mixte sur la pleine conscience en RV : H3

Pour tester l'hypothèse H3, une ANOVA mixte 2 x 2 a été réalisée afin d'évaluer l'influence de la familiarité avec la RV sur l'évolution du score de pleine conscience. Le modèle incluait la familiarité avec la RV comme facteur inter-sujets à deux niveaux (présence et absence) et le temps comme facteur intra-sujet à deux niveaux (pré-méditation et post-méditation), ainsi que leur interaction. À cette fin, l'analyse a été restreinte aux participant·es assigné·es à la condition RV ($n = 45$).

Les résultats ont mis en évidence un effet principal significatif du temps sur le score de pleine conscience, $F(1, 43) = 35.02$, $p < .001$, $\eta^2 = .21$. Plus précisément, le score pré-méditation ($M =$

57.67, $SD = 15.66$) était significativement inférieur au score post-méditation ($M = 72.87$, $SD = 13.77$), indiquant une augmentation significative de l'état de pleine conscience dans les deux conditions. Aucun effet principal significatif de la familiarité avec la RV sur le score de pleine conscience n'a été observé, $F(1, 43) = .16$, $p = .691$, $\eta^2_g < .01$, reflétant des scores similaires entre les participant·es familiar·es avec la RV ($M = 65.92$, $SD = 10.77$) et celles et ceux ne l'étant pas ($M = 64.45$, $SD = 13.84$). De même, aucune interaction significative entre le temps et la familiarité avec la RV n'a été observée sur le score de pleine conscience, $F(1, 43) = 1.48$, $p = .230$, $\eta^2_g = .01$, indiquant que l'augmentation du score entre le début et la fin de la pratique était comparable entre les deux groupes. Les résultats détaillés sont présentés dans le **Tableau 6**, tandis que les statistiques descriptives associées à l'ANOVA mixte pour l'hypothèse H3 sont illustrées dans le **Tableau 7**.

Tableau 6

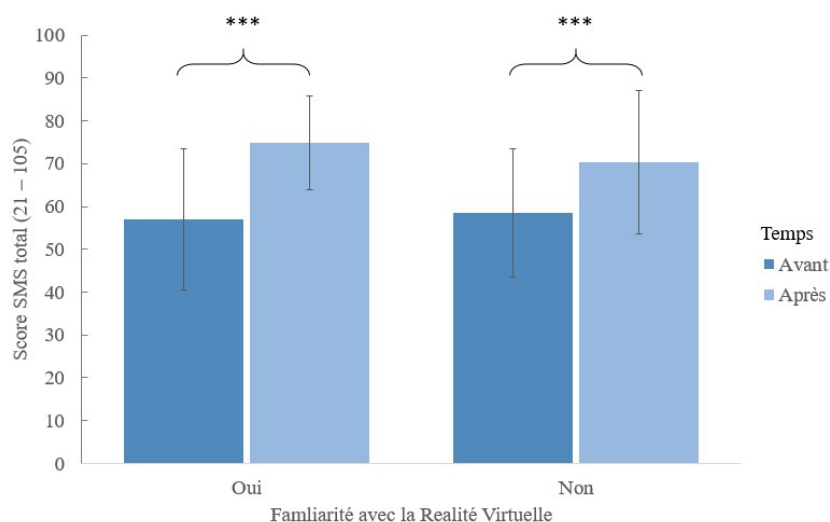
ANOVA mixte : effets du temps et de la familiarité avec la RV sur les scores de pleine conscience

Prédicteur	df_{Num}	df_{Den}	SS_{Num}	SS_{Den}	F	p	η^2_g
(Intercepte)	1	43	377696.38	12851.58	1263.73	< .001	.95
Familiarité RV	1	43	48.02	12851.58	0.16	.691	< .01
Temps	1	43	4907.10	6025.52	35.02	< .001***	.21
Familiarité RV x Temps	1	43	208.08	6025.52	1.48	.230	.01

Note. *** $p < .001$; Temps = avant vs. après méditation ; Familiarité RV = oui vs. non ; F = statistique F ; df = degrés de liberté ; p = valeur p ; SS_{Num} = somme des carrés du numérateur ; SS_{den} = somme des carrés du dénominateur ; η^2_g = taille d'effet général. L'ensemble des variables et l'effet d'interaction explique 22 % de la variance dans la population, $R^{adj2} = .20$.

Figure 6

Moyenne des scores totaux de pleine conscience avant et après la méditation en fonction de la familiarité en RV



Note. *** $p < .001$. Temps = avant vs. après méditation.

Le score de pleine conscience (SMS) est calculé comme la somme des 21 items (échelle 1 – 5), avec un intervalle possible de 21 à 105. Le graphique montre une augmentation du score total de pleine conscience dans les deux conditions expérimentales.

Tableau 7

Statistiques descriptives de l'ANOVA mixte utilisant le type de méditation et la familiarité avec la réalité virtuelle comme variables indépendantes sur le score de pleine conscience

Familiarité	Oui $n = 25$	Non $n = 20$	Total $n = 45$
Temps	$m (sd)$		
Avant	56.96 (16.47)	58.55 (14.96)	57.67 (15.66)
Après	74.88 (10.91)	70.35 (16.64)	72.87 (13.77)
Total	65.92 (10.77)	64.45 (13.84)	

Note. *m* et *sd* représente les moyennes et l'écart-types, respectivement. *n* représente le nombre de participant·es par condition de familiarité.

Analyses exploratoires

Analyse exploratoire relative à H1a

Afin d'approfondir l'hypothèse H1a, une analyse exploratoire a été menée à l'aide de tests *t* appariés sur les items individuels de l'échelle PANAS, en comparant les scores avant et après méditation. Avant cette analyse, les conditions d'application sur les scores de différence ont été examinées, conformément aux exigences du *t*-test. Étant donné le caractère exploratoire de cette analyse et la violation importante des conditions d'application, les résultats ont été interprétés avec prudence, et complétés par des tests des rangs signés de Wilcoxon à titre de vérification.

Les résultats des tests *t* appariés ont montré une réduction significative des scores relatifs aux affects anxieux, excité, effrayé, irritable, honteux, nerveux, attentif, agité et actif, ainsi qu'une augmentation significative des items fier et inspiré. Les tests des rangs signés de Wilcoxon ont confirmé ces résultats, indiquant une réduction significative des scores *anxieux*, $V = 860.5$, $p < .001$; *excité*, $V = 1696$, $p < .001$; *effrayé*, $V = 163.5$, $p < .001$; *irritable*, $V = 409.5$, $p < .001$; *honteux*, $V = 108$, $p = .005$; *nerveux*, $V = 987.5$, $p < .001$; *attentif*, $V = 870.5$, $p = .006$; *agité*, $V = 872$, $p < .001$; et *actif*, $V = 1509$, $p < .001$, et une augmentation significative des scores *fier*, $V = 360$, $p = .037$ et *inspiré*, $V = 586$, $p = .018$. Les conditions d'application et les tests *t* appariés sont présentées en annexe (*Annexe L*), tandis que les résultats et le graphique sont présentés ci-dessous.

Tableau 8

Comparaison pré-post méditation des items individuels du PANAS

Item PANAS	Avant		Après		<i>t</i> (93)	<i>p</i>	Cohen's <i>d</i>
	<i>m</i>	<i>sd</i>	<i>m</i>	<i>sd</i>			
Anxieux	1.76	.96	1.34	.60	4.48	< .001	-.46
Excité	2.55	1.07	2.04	1.11	4.30	< .001	-.44
Effrayé	1.30	.65	1.06	.29	3.71	< .001	-.38

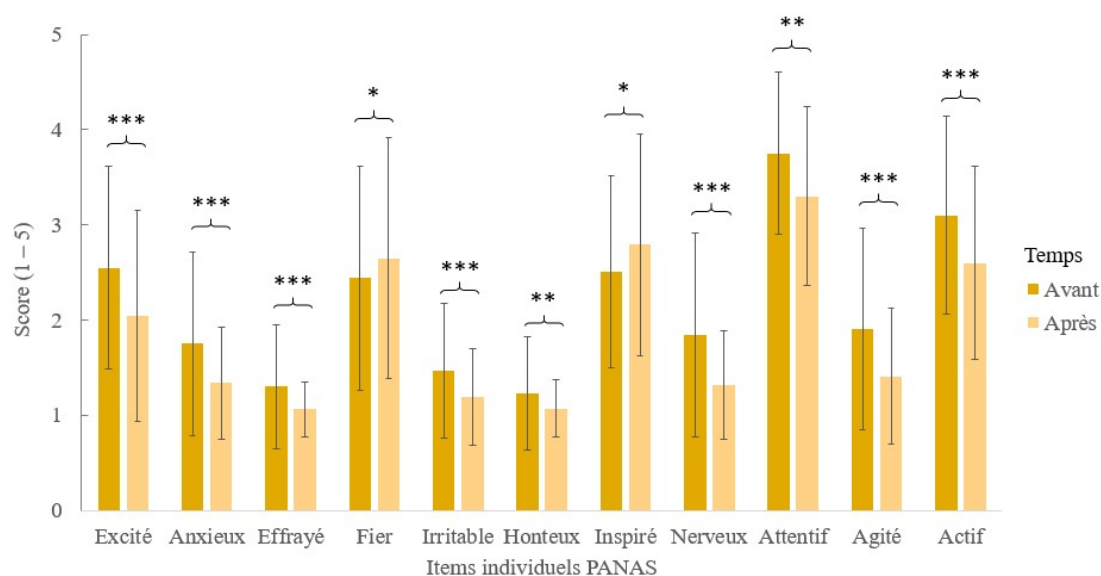
Fier	2.44	1.18	2.65	1.27	-2.23	.028	.23
Irritable	1.47	.71	1.19	.51	4.38	< .001	-.45
Honteux	1.23	.59	1.07	.30	3.01	.003	-.31
Inspiré	2.51	1.01	2.79	1.17	-2.50	.014	.26
Nerveux	1.84	1.07	1.32	.57	5.34	< .001	-.55
Attentif	3.57	.85	3.30	.94	2.91	.004	-.30
Agité	1.91	1.06	1.41	.71	4.60	< .001	-.47
Actif	3.10	1.04	2.60	1.02	4.69	< .001	-.48

Note. *** $p < .001$; ** $p < .01$; * $p < .05$.

PANAS = *Positive and Negative Affect Schedule* ; m = moyen ; sd = écart-type ; $n = 94$; p = valeur p ; t = statistique t de Student ; *Cohen's d* = taille d'effet.

Figure 7

Scores des items individuels du PANAS avant et après la méditation



Note. *** $p < .001$; ** $p < .01$; * $p < .05$. Temps = avant vs. après méditation. Les items du PANAS sont évalués sur une échelle Likert allant de 1 à 5.

Analyse exploratoire relative à H2

De plus, pour approfondir l'hypothèse H2, une analyse exploratoire a été menée à l'aide d'une ANOVA mixte 2 x 2 visant à examiner l'effet de la modalité de méditation sur la modulation de

l'activation sympathique, évaluée à partir de la variable *EDA_Sympathetic* mesurée avant la méditation (concomitamment à l'administration du FRT) et pendant la phase de méditation, et soumise à une transformation logarithmique. Le modèle incluait la modalité de méditation comme facteur inter-sujets à deux niveaux (RV vs. Vidéo) et le temps comme facteur intra-sujet à deux niveaux (phase FRT préméditation vs. phase méditation), ainsi que leurs interactions. Avant cette analyse, les conditions d'application ont été examinées, lesquelles ont montré de légères violations, en particulier pour le test de Levene. Cependant, étant donné le caractère exploratoire de cette analyse et la robustesse de l'ANOVA mixte, il n'a pas été jugé de procéder à une analyse non paramétrique, et les résultats ont été interprétés avec prudence. Les conditions d'application, l'analyse exploratoire et les statistiques descriptives sont présentes en annexe (*Annexe M*), tandis que le graphique et les résultats de l'analyse sont présentés dans la **Figure 8** et le **Tableau 9**, respectivement.

Les résultats ont montré un effet principal significatif du temps, $F(1, 92) = 14.67, p < .001, \eta^2 = .02$, avec une diminution de l'activation sympathique de la phase FRT pré-méditation ($M = 3.12, SD = 1.11$) à la phase méditation ($M = 2.73, SD = 1.37$). Un effet principal de la condition a également été observé, $F(1, 92) = 4.08, p = .046, \eta^2 = .04$, reflétant un niveau globalement plus faible d'activation sympathique dans la condition Vidéo ($M = 2.70, SD = 1.25$) par rapport à la condition RV ($M = 3.17, SD = .97$). De manière analogue, l'interaction entre le temps et la condition s'est avérée significative, $F(1, 92) = 5.13, p = .026, \eta^2 = .01$, suggérant que la réduction de l'activation sympathique entre les deux phases était plus marquée dans la condition Vidéo.

Tableau 9

ANOVA mixte : effets du temps et de la modalité de méditation sur l'activation sympathique

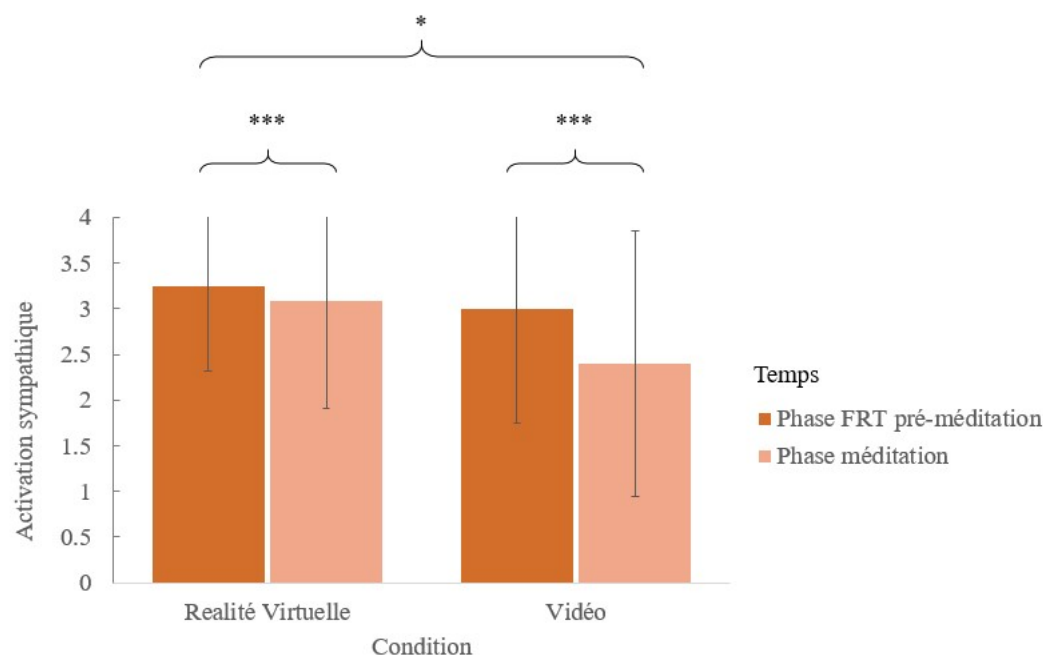
Prédicteur	<i>df</i> _{Num}	<i>df</i> _{Den}	<i>SS</i> _{Num}	<i>SS</i> _{Den}	<i>F</i>	<i>p</i>	η^2_g
(Intercepte)	1	92	1614.47	233.53	636.03	< .001	.85
Condition	1	92	10.37	233.53	4.08	.046*	.04
Temps	1	92	6.66	41.75	14.67	< .001***	.02
Condition x Temps	1	92	2.33	41.75	5.13	.026*	.01

Note. *** $p < .001$; ** $p < .01$; * $p < .05$. Temps = phase FRT pré-méditation vs. phase méditation ; Condition = RV vs. Vidéo ; *F* = statistique *F* ; *df* = degrés de liberté ; *p* = valeur *p* ; *SS*_{Num} = somme des carrés du numérateur ; *SS*_{den} = somme des carrés du dénominateur ; η^2_g = taille d'effet général. L'activation

sympathique a été calculée à partir de la transformation logarithmique de la variable *EDA_Sympathetic*, issue du traitement des données électrodermales réalisé via la fonction *eda_process* (Neurokit2).

Figure 8

Niveau d'activation sympathique entre la phase FRT pré-méditation et la phase méditation selon la condition expérimentale



Note. *** $p < .001$; * $p < .05$. Temps = phase FRT pré-méditation vs. phase méditation.

L'activation sympathique a été calculée à partir de la transformation logarithmique de la variable *EDA_Sympathetic*, issue du traitement des données électrodermales réalisé via la fonction *eda_process* (Neurokit2). Le graphique montre une diminution de l'activation sympathique entre la phase FRT pré-méditation et la phase méditation dans les deux conditions expérimentales, plus marquée dans la condition Vidéo.

L'ensemble des résultats principaux issus des analyses réalisés dans le cadre des hypothèses H1 à H3 est illustré de manière synthétique dans le **Tableau 10**, offrant une vue d'ensemble des effets observés pour les différentes variables examinées dans la présente étude.

Tableau 10

Synthèse des résultats principaux

	Résultats	Statistiques	Interprétation
H1a	Réduction du score global d'affect positif (PA)	$F(1, 92) = 8.68, p = .004, \eta^2 = .01$	La diminution du score global masque une modulation différenciée des affects positifs. Certains affects à haute activation diminuent, tandis que
H1e	Réduction des affects à haute activation : excité, agité, attentif, actif Augmentation des affects autoréférentiels : fier, inspiré	$Excité : t(93) = 4.30, p < .001$ $Agité : t(93) = 4.60, p < .001$ $Actif : t(93) = 4.69, p < .001$ $Attentif : t(93) = 2.91, p = .004$ $Fier : t(93) = -2.23, p = .028$ $Inspiré : t(93) = -2.50, p = .014$	certaines affects autoréférentiels augmentent. Ce pattern est cohérent avec les effets attendus de la méditation, et suggère l'existence d'un biais potentiel du PANAS dans un contexte méditatif pour l'évaluation de l'affect positif.
H1b	Augmentation des scores de pleine conscience (SMS)	$F(1,92) = 110.87, p < .001, \eta^2 = .27$	Une seule séance de méditation augmente significativement la pleine conscience indépendamment du support utilisé.
H2	Prédiction du score initial de pleine conscience sur le score final	$b = .32, t = 3.97, p < .001$	La méditation semble amplifier un état déjà existant, plutôt que de la créer ex nihilo, avec des implications pour la sélection de la population et la conception des interventions.
H2e	Réduction de l'activation sympathique marquée dans la condition Vidéo Niveau d'activation sympathique global plus faible dans la condition Vidéo	$F(1,92) = 5.13, p = .026, \eta^2 = .01$ $F(1, 92) = 4.08, p = .046, \eta^2 = .04$	La condition Vidéo réduit davantage l'activation sympathique que la RV, qui semble maintenir un niveau d'activation plus élevé, probablement en raison de sa nouveauté ou de la charge sensorielle accrue.

Note. Seuls les résultats principaux sont présentés. F = statistique F ; t = statistique t de Student ; p = valeur p ; η^2g = taille d'effet général ; b = coefficient non standardisé.

Discussion

L'objectif de la présente étude était d'évaluer l'efficacité d'une séance de MPC en RV, comparée à la modalité sur écran, chez de sujets sains. En particulier, il a été examiné si la modalité en RV constituait un avantage par rapport à la modalité non immersive, susceptible de renforcer les effets immédiats de la MPC sur l'affect positif, la pleine conscience et l'activation sympathique. Le rôle de la familiarité avec la RV a également été examiné comme facteur susceptible de moduler l'efficacité de la MPC virtuelle.

Hypothèse H1a

Afin d'examiner l'effet de la modalité de méditation sur la variation de l'affect positif et de la pleine conscience, deux ANOVA mixtes ont été réalisées. Concernant l'hypothèse H1a, l'ANOVA mixte a mis en évidence une diminution des scores d'affect positif à l'issue de la méditation. En revanche, aucun effet de la modalité de méditation n'a été observé, pas plus qu'un effet d'interaction entre la modalité de méditation et le temps, suggérant l'absence de différence dans l'évolution de l'affect positif entre les deux modalités.

En ce qui concerne l'effet principal du temps, les résultats divergent de certaines études qui documentent une association entre la pratique méditative et une augmentation des émotions positives (Jislin-Goldberg et al., 2012 ; Fredrickson et al., 2017). Cependant, ils trouvent un soutien partiel dans d'autres travaux (Jones et al., 2018), notamment dans l'étude de Poetar et al. (2023), qui a observé une légère diminution des émotions positives dans la condition sur écran, mesurée à l'aide du PANAS. Ces résultats suggèrent que la MPC pourrait être plus efficace pour réduire les émotions négatives que pour augmenter directement l'affect positif (Jones et al., 2018 ; Poetar et al., 2023). Cela correspond aux mécanismes centraux de la méditation de pleine conscience qui, en réduisant la rumination et les pensées négatives, tendrait principalement à favoriser une diminution des états émotionnels dysphoriques (Hölzel et al., 2011 ; Ngô, 2013 ; Walsh & Shapiro, 2006). Dans cette perspective, la MPC se présente comme une pratique de régulation émotionnelle globale (Hayes & Feldman, 2004 ; Hölzel et al., 2011 ; McKeen et al., 2023 ; Walsh & Shapiro, 2006), dans laquelle l'amélioration de l'humeur résulte principalement de la diminution des émotions négatives, tandis que les variations de l'affect positif apparaissent moins consistantes (Jones et al., 2018 ; Poetar et al., 2023).

À cet égard, bien qu'une grande partie de la littérature rapporte une augmentation de l'affect positif, certaines théories suggèrent que la pratique méditative pourrait l'atténuer (Chiesa et al., 2013 ; Hayes & Feldman, 2004 ; Jones et al., 2018 ; Kabat-Zinn et al., 1992). Cette contradiction semble liée à la distinction entre les émotions positives « à forte » ou « à faible » activation, ainsi

qu'au type et à la durée des pratiques (Jones et al., 2018). En particulier, la MPC tendrait à réduire les émotions à forte activation et à augmenter celles à faible activation, favorisant un état de calme (Kabat-Zinn et al., 1992 ; Koopmann-Holm et al., 2013), conformément au principe d'équanimité. L'analyse différenciée des items du PANAS a montré une tendance similaire, révélant une réduction des affects à haute activation (c.-à-d. excité, agité, attentif, actif) et une augmentation des affects positifs de nature autoréférentielle (c.-à-d. fier et inspiré). Ces résultats suggèrent que la pratique méditative exerce une modulation différenciée des états affectifs, générant un apaisement émotionnel plutôt qu'une diminution de l'affect positif au sens absolu. Par conséquent, une diminution du score global de PA ne refléterait pas une détérioration de l'humeur, mais une réduction de l'activation émotionnelle, comme postulé dans le cadre théorique précédent (Jones et al., 2018 ; Kabat-Zinn et al., 1992 ; Koopmann-Holm et al., 2013).

Cette diminution pourrait également refléter à la durée de la procédure expérimentale, qui aurait pu entraîner de la fatigue ou de la frustration chez les participant·es. De plus, le score de PA dans la phase post-méditation a été mesuré à la suite de l'administration du FRT, tandis que l'évaluation préméditation a été recueillie avant. L'émotivité des participant·es pourrait donc avoir été modulée par l'issue de la tâche, qui aurait pu induire une détérioration de l'humeur non détectée au départ et qui se serait prolongée au-delà de la pratique méditative, atténuant ainsi ses effets.

Parallèlement, l'absence de différences significatives entre les deux conditions suggère que, dans l'échantillon étudié, la RV ne présente pas d'avantage spécifique par rapport à la modalité sur écran pour la modulation de l'affect positif. Ces résultats contrastent avec des études antérieures attribuant à la MPC en RV des niveaux plus élevés des affects positifs (Miller et al., 2021), et ne semblent pas supporter l'hypothèse selon laquelle les environnements virtuels naturels intensifieraient l'affect positif par rapport aux technologies non immersives, suggérée dans certaines études (Chirico et al., 2017 ; Yeo et al., 2020). Une explication possible tient au fait que, bien que les environnements virtuels reproduisent des scènes naturelles, ils peuvent manquer de certaines propriétés multisensorielles des environnements réels (Marocco et al., 2025 ; Ünal et al., 2022), ce qui réduit leur impact affectif (Calogiuri et al., 2018).

En conclusion, il convient de noter que H1a formule une hypothèse directionnelle, à savoir une augmentation de l'affect positif après méditation (Jislin-Goldberg et al., 2012 ; Fredrickson et al., 2017), dans un domaine où la littérature présente des résultats particulièrement hétérogènes. Ces divergences s'expliquent en partie par des différences méthodologiques, notamment le type d'instrument utilisé, la durée de l'intervention et la population étudiée, mais également par une ambiguïté conceptuelle inhérente à la mesure de l'affect positif dans un contexte méditatif. En

particulier, les outils mesurant l'affect positif à haute activation, tels que le PANAS, peuvent s'avérer peu sensibles aux états affectifs à basse activation, précisément ceux que la méditation de pleine conscience tend à induire (Jones et al., 2018 ; Kabat-Zinn et al., 1992 ; Koopmann-Holm et al., 2013). Une absence de résultat significatif ou une diminution apparente de l'affect positif ne constituerait donc pas nécessairement une infirmation des bénéfices affectifs de la pratique, mais pourrait refléter une inadéquation entre le construit mesuré et les états émotionnels effectivement induits.

Hypothèse H1b

Concernant l'hypothèse H1b, l'ANOVA mixte a mis en évidence une augmentation substantielle des scores de pleine conscience à l'issue de la méditation. De plus, la modalité de méditation n'a montré aucun effet significatif, pas plus que l'interaction entre la modalité de méditation et le temps, suggérant une évolution similaire entre les deux conditions.

En ce qui concerne l'effet principal du temps, les résultats confirment l'efficacité de la MPC pour accroître la conscience du moment présent (Ma et al., 2023 ; Modrego-Alarcón et al., 2025 ; NavarroHaro et al., 2017). Plus précisément, cette amélioration se manifeste par une augmentation substantielle des scores de pleine conscience, avec un incrément moyen de $M = 18.76$ dans le groupe RV et de $M = 17.05$ dans le groupe Vidéo. L'ampleur de ces variations apparaît particulièrement notable, suggérant qu'une seule séance de MPC est susceptible de produire des effets bénéfiques et significatifs sur la pleine conscience. Ces résultats apparaissent prometteurs tant dans les contextes cliniques qu'au sein des sujets en bonne santé, mettant en évidence le potentiel applicatif de cette intervention dans les cadres thérapeutiques, ainsi que dans des perspectives de prévention et de promotion de la santé.

Par ailleurs, l'augmentation de l'état de pleine conscience associée à la modulation affective suggère une relation entre ces deux variables, cohérente avec la littérature (Jislin-Goldberg et al., 2012 ; Tschacher & Lienhard, 2021). En particulier, l'augmentation de l'état de pleine conscience pourrait avoir favorisé une plus grande capacité à observer et à réguler l'expérience émotionnelle en cours, réduisant ainsi l'excitation émotionnelle (McKeen et al., 2023 ; Wu et al., 2019). Ces données soutiennent les théories traditionnelles, qui définissent la pleine conscience comme une attitude d'attention non jugeante envers les états internes (Bishop et al., 2004 ; Brown & Ryan, 2003 ; KabatZinn, 2003), et confirment le rôle de la MPC comme outil d'autorégulation cognitivo-affective et d'acceptation expérientielle (Calderone et al., 2024 ; Eisenbeck et al., 2018 ; Hölzel et al., 2011).

L'absence de différences entre les modalités suggère que, dans l'échantillon étudié, l'augmentation de pleine conscience ne dépend pas de la modalité d'administration, résultat qui est en contradiction avec certains résultats précédents (Yildirim & O'Grady, 2020). La RV apparaît ainsi comme un outil prometteur pour la MPC (Arpaia et al., 2022 ; Döllinger et al., 2021 ; Failla et al., 2022), sans toutefois démontrer une supériorité par rapport aux modalités moins immersives. À cet égard, les environnements naturels simulés, qui favoriseraient la récupération attentionnelle grâce aux dimensions *being away* et *fascination*, ont été associés à une augmentation de la profondeur méditative et de la pleine conscience (Costa et al., 2019, 2020 ; Wang et al., 2022). L'absence de supériorité de la RV pourrait refléter une fidélité limitée dans la reproduction des propriétés naturelles, avec un réalisme perçu insuffisant pour produire les effets restauratifs habituellement observés dans ces contextes (Calogiuri et al., 2018). Par ailleurs, d'éventuels problèmes techniques et expérientiels de la RV, tels que l'inconfort, les difficultés d'orientation ou une faible résolution, pourraient avoir réduit la présence et l'engagement dans la pratique, atténuant ainsi le plein potentiel de cette modalité (Gao et al., 2024 ; Kelly et al., 2022 ; Salminen et al., 2024 ; Seabrook et al., 2020).

Parallèlement, bien que dépourvue de la dimension immersive et de stimulation visuelle naturelle (Yeo et al., 2020), la méditation sur écran a montré des effets comparables à ceux observés en RV. Cette équivalence constitue un avantage considérable dans le contexte applicatif, en démontrant que les technologies plus simples et accessibles peuvent produire des bienfaits similaires à ceux des dispositifs plus complexes et coûteux, constituant une alternative valide (King et al., 2024).

Globalement, cette absence de différences entre les conditions pourrait s'expliquer par plusieurs facteurs. Tout d'abord, elle pourrait refléter un rôle plus déterminant de la piste audioguidée que de la composante visuelle dans l'efficacité de la pratique, contrairement à certaines études précédentes (Doren et al., 2024 ; Kelly et al., 2022 ; Kosunen et al., 2016 ; Shankar et al., 2025). En effet, les pistes audioguidées fournissent des instructions qui orientent les participant·es dans la réalisation des exercices méditatifs (Cawley & Tejeiro, 2024 ; Kelly et al., 2022), et pourraient ainsi constituer la principale source des bénéfices observés, indépendamment de sources de stimulation sensorielle supplémentaires (Failla et al., 2022). De plus, la plus grande familiarité des participant·es avec ce format, largement diffusé, pourrait avoir renforcé davantage son efficacité, au détriment de la composante visuelle virtuelle, plus inhabituelle (King et al., 2024). Parallèlement, la méditation pourrait avoir produit un effet plafond, atteignant son effet maximal et limitant ainsi l'apparition de variations spécifiques liées aux différentes modalités. En particulier, cet effet pourrait s'expliquer en raison du type d'échantillon et du design adoptés dans

l'étude. À cet égard, une seule courte séance de MPC pourrait ne pas suffire à faire émerger des effets différenciés entre les modalités, lesquels ne pourraient être identifiés que par des sessions répétées ou des protocoles longitudinaux. De plus, le recrutement exclusif de sujets en bonne santé pourrait avoir réduit davantage la détection des effets différenciés, en raison de leur niveau de bien-être initial déjà élevé, sur lequel l'intervention n'aurait exercé qu'un effet minimal. Pris dans leur ensemble, ces résultats suggèrent qu'une seule séance de MPC semble, en elle-même, suffisante pour induire un état immédiat d'équilibre émotionnel et de pleine conscience, indépendamment de la modalité d'administration.

Hypothèse H2

Afin d'étudier l'effet de la modalité de méditation sur la relation entre l'activation sympathique initiale et le niveau de pleine conscience post-méditation, une modération a été réalisée. Les résultats ont montré que le score de pleine conscience pré-méditation prédit significativement et positivement celui postméditation. En plus, l'activation sympathique initiale n'a montré aucun effet significatif, tandis que la modalité de méditation a montré un effet tendanciel, avec des scores de pleine conscience postméditation plus élevés dans le groupe Vidéo, sans toutefois constituer un modérateur significatif du modèle. De plus, l'analyse visuelle a suggéré une légère tendance à une diminution de la pleine conscience post-méditation avec l'augmentation de l'activation sympathique initiale dans la condition RV, bien que non significative, absente dans la condition Vidéo. L'ANOVA mixte exploratoire a également mis en évidence une réduction significative de l'activation sympathique au cours de la méditation dans les deux conditions, plus marquée dans le groupe Vidéo, qui présentait aussi des niveaux globaux d'activation sympathique plus faibles. Tout d'abord, concernant la prédiction significative du score de pleine conscience pré-méditation, les résultats suggèrent que les participant·es présentant des niveaux initiaux plus élevés de pleine conscience tendent à présenter également des niveaux plus élevés à l'issue de la pratique méditative.

Ces observations suggèrent que la méditation pourrait amplifier des états préexistants plutôt que créer un nouvel état de pleine conscience ex nihilo, entraînant des implications importantes pour la sélection des populations et la conception des interventions méditatives.

Secondairement, au sein du modèle de modération, l'effet tendanciel de la modalité de méditation mérite une attention approfondie. Bien que non significatif au seuil conventionnel de .05, cet effet suggère que les participant·es de la condition Vidéo tendent à présenter des scores de pleine conscience postméditation légèrement supérieurs à ceux de la condition RV, une direction de résultat cohérente avec les données physiologiques issues de l'analyse exploratoire sur l'EDA,

qui montrent une réduction de l'activation sympathique plus marquée dans cette même condition. La convergence de ces deux tendances, l'une subjective et l'autre physiologique, renforce leur plausibilité et invite à ne pas les écarter sur la seule base du seuil de significativité. À cet égard, une réflexion sur la puissance statistique s'impose : avec un échantillon de 94 participant·es réparti·es en deux conditions, et compte tenu de la taille d'effet modeste attendue pour ce type d'effet différentiel, la puissance statistique du modèle pourrait s'avérer insuffisante pour détecter un effet réel de faible magnitude. Une estimation post-hoc de la puissance aurait peut-être permis de quantifier cette limite et de déterminer la taille d'échantillon nécessaire pour atteindre une puissance adéquate ($1 - \beta = .80$) dans des études futures. Dans cette perspective, l'effet tendanciel observé ne doit pas être interprété comme une absence d'effet, mais comme un signal empirique préliminaire dont la confirmation requiert un protocole disposant d'une puissance statistique suffisante, idéalement via un échantillon plus large ou une conception longitudinale permettant d'amplifier les différences entre modalités.

Dans cette perspective, et au regard de ces résultats, l'hypothèse selon laquelle la modalité en RV pourrait favoriser une modulation plus efficace de l'activation sympathique et une restauration optimale des ressources attentionnelles nécessaires à l'augmentation de la pleine conscience ne semble pas avoir été confirmée. En effet, les résultats n'ont montré aucun avantage significatif de la modalité en RV par rapport à la modalité sur écran, qui semble même plus efficace dans la réduction de l'activation sympathique, comme le suggère l'analyse exploratoire. Ces observations semblent indiquer l'absence d'une supériorité de la MPC en RV en matière de restauration attentionnelle et suggèrent que, dans le cadre de la présente étude, le potentiel des environnements naturels virtuels pour soutenir les processus de restauration psychophysiologique, tel que mis en évidence dans des études antérieures (Costa et al., 2019, 2020), ne s'est pas révélé aussi efficace qu'attendu.

Comme déjà abordé pour l'hypothèse H1b, l'absence de supériorité de la RV pourrait être attribuée à une reproduction limitée des dimensions *fascination* et *being away*, ainsi qu'à des problèmes potentiels intrinsèques à la technologie, qui augmenteraient la charge attentionnelle et réduiraient l'immersion (Costa et al., 2020 ; Salminen et al., 2024 ; Seabrook et al., 2020). Ces facteurs pourraient avoir entravé la régulation physiologique et attentionnelle, limitant l'efficacité de la RV à favoriser des niveaux de pleine conscience supérieurs à ceux de la modalité sur écran, dépourvue de ces contraintes (Yeo et al., 2020).

De plus, la RV est considérée dans certaines études comme une technologie intrinsèquement stimulante, en raison de ses propriétés stéréoscopiques (Higuera-Trujillo et al., 2017 ; Kuhne et al., 2023) qui, tout en favorisant un sentiment d'immersion, peuvent perturber la relaxation et la

stabilisation de l'attention. Des facteurs tels que la nouveauté de l'expérience, l'exposition à des environnements virtuels et l'anxiété technique pourraient en effet avoir perturbé les niveaux d'activation pendant la pratique (Gao et al., 2024 ; Knaust et al., 2022 ; Ochadleus et al., 2023), surtout dans des échantillons majoritairement féminins, caractérisés par une plus grande anxiété technologique (Knaust et al., 2022). Parallèlement, un engagement excessif dans la RV pourrait avoir transformé la méditation en une sorte de « tourisme virtuel » (Kelly et al., 2022, p.16), induisant spontanément un style méditatif de type *open presence*, associé à une activation sympathique accrue (Khalsa et al., 2015).

Dans l'ensemble, ces facteurs pourraient expliquer l'absence d'effet supérieur de la RV pour promouvoir un plus grand état de pleine conscience ainsi qu'une diminution plus marquée de l'activation sympathique à l'issue de la méditation, à travers la perturbation des processus de régulation physiologique et attentionnelle, compliquant le maintien d'une attention soutenue et d'une conscience accrue dans le moment présent. De plus, ces effets pourraient être accentués en présence de niveaux initiaux élevés d'activation, associés à une sensibilité sensorielle et réactivité émotionnelle accrues (Calderon et al., 2016). À l'inverse, des modalités moins stimulantes et plus familières, telles que la pratique sur écran (King et al., 2024), pourraient s'avérer plus efficaces pour réduire l'activation sympathique, tout en restant aussi efficaces pour favoriser la restauration attentionnelle, soutenant ainsi la pleine conscience. Ces observations soulignent l'importance d'introduire une période d'adaptation à la RV, qui pourrait s'avérer nécessaire afin d'obtenir des bénéfices optimaux à travers les pratiques méditatives en RV (Kelly et al., 2022 ; Seabrook et al., 2020). Une fois de plus, ces résultats mettent en évidence un avantage considérable sur le plan pratique, en soulignant la faisabilité et l'efficacité des modalités moins coûteuses et plus accessibles pour produire des bénéfices significatifs, tant en contexte clinique que dans la promotion et la prévention de la santé.

Enfin, l'absence d'effets de l'activation sympathique initiale sur les outcomes étudiés pourrait refléter une certaine incongruence entre le construit théorique et la mesure adoptée. En effet, bien que l'EDA soit un indice d'excitation associé à l'activation sympathique liée au stress (Duda, Clarke, & Barry, 2025 ; King et al., 2024), cette mesure reflète aussi des processus cognitifs et émotionnels (Critchley, 2002 ; Morais et al., 2021 ; Satpute et al., 2019). Des niveaux accrus d'EDA pré-méditation pourraient donc refléter une mobilisation cognitive et/ou émotionnelle induite par la tâche administrée ou par la procédure expérimentale elle-même (Duda, Clarke, & Barry, 2025 ; Ulrich et al., 1991), des phénomènes non considérés dans les hypothèses initiales et ne constituant pas nécessairement un obstacle à l'atteinte de la pleine conscience. La mesure pourrait ainsi avoir capté des processus non strictement liés à la tension sympathique ou à

l'absence d'un état de relaxation, ce qui aurait pu limiter la détection d'associations significatives entre l'EDA et la profondeur méditative dans les environnements virtuels, un résultat cohérent avec des travaux antérieurs (Costa et al., 2020). Par ailleurs, le caractère indirect de cette mesure pourrait avoir complexifié l'interprétation des données (Morais et al., 2021) ainsi que l'identification d'effets significatifs.

Hypothèse H3

Afin d'explorer l'influence de la familiarité avec la RV sur la modulation de la pleine conscience lors de la méditation virtuelle, une hypothèse exploratoire a été formulée et testée à l'aide d'une ANOVA mixte. Les résultats ont montré une augmentation des scores de pleine conscience à l'issue de la méditation. Toutefois, aucun effet de la familiarité avec la RV n'a été observé, pas plus qu'un effet d'interaction significatif entre la familiarité avec la RV et le temps. Ces résultats suggèrent que, dans l'échantillon étudié, cette variable n'a pas exercé d'influence significative sur l'évolution de la pleine conscience, bien qu'elle puisse néanmoins favoriser la pratique virtuelle.

L'augmentation de la pleine conscience observée est en accord avec plusieurs études (Modrego-Alarcón et al., 2025 ; Navarro-Haro et al., 2017 ; Seabrook et al., 2020 ; Yildirim & O'Glady 2020) et confirme le potentiel de la RV comme outil pour la méditation de pleine conscience (Arpaia et al., 2022 ; Cawley & Tejeiro, 2024 ; Döllinger et al., 2021 ; Wang et al., 2022). Ces résultats suggèrent que la MPC en RV est en mesure de produire des effets comparables à ceux des pratiques conventionnelles non-immersives en termes d'augmentation de la pleine conscience. Par ailleurs, la RV pourrait offrir certains avantages spécifiques par rapport aux modalités non-immersives, notamment en favorisant l'apprentissage de la pratique lors des phases initiales d'acquisition et en augmentant l'adhésion à celle-ci (Cawley & Tejeiro, 2024 ; Kosunen et al., 2016 ; Modrego-Alarcón et al., 2025).

Parallèlement, les résultats suggèrent que l'efficacité de la méditation virtuelle dans l'augmentation de la pleine conscience ne dépend pas de l'expérience préalable avec la RV. Dans ce contexte, la PEOU, étroitement liée à la familiarité avec la RV, semble avoir exercé un impact limité sur l'efficacité de la pratique. Cette observation est cohérente avec certaines études précédentes suggérant que l'expérience avec la technologie pourrait ne pas constituer un avantage déterminant lorsque les dispositifs ou les interventions en RV sont intrinsèquement simple d'utilisation (Kelly et al., 2022 ; Sagnier et al., 2020). Dans la présente étude, la faible complexité opérationnelle et l'interaction minimale requise avec l'environnement virtuel ont pu rendre la pratique accessible même aux participant·es sans familiarité avec les dispositifs de RV, soutenant ainsi l'idée selon laquelle des applications de MPC en RV caractérisées par des

interactions réduites avec l'environnement virtuel n'interfèrent pas avec le déroulement de la pratique (Kelly et al., 2022). De plus, le caractère innovant de la RV pourrait avoir modulé l'expérience méditative, dans la mesure où certaines études suggèrent que les personnes moins familières avec cette technologie ont tendance à la percevoir comme plus stimulante et potentiellement plus bénéfique (Sagnier et al., 2020). Dans cette perspective, l'absence de familiarité avec la RV pourrait avoir accru l'intérêt et l'engagement dans la pratique méditative virtuelle, compensant ainsi d'éventuels avantages liés à l'expérience préalable.

Enfin, l'absence d'un effet significatif de la familiarité avec la RV pourrait également s'expliquer par une opérationnalisation limitée de cette variable, définie uniquement de manière dichotomique (oui/non). L'utilisation d'indicateurs plus précis, tels que la fréquence ou la durée des expériences antérieures, pourrait fournir une évaluation plus approfondie du rôle de l'expérience et de la familiarité avec la technologie.

Limites

Une première limitation importante du présent travail concerne les caractéristiques de l'échantillon. En premier lieu, la taille globale de l'échantillon ($n = 94$) pourrait avoir réduit la puissance statistique dans la détection d'effets significatifs d'interaction ou de modulation de petite ou moyenne taille. De plus, les participant·es étaient pour la plupart de jeunes étudiant·es (18-30 ans) et majoritairement des femmes. Cela limite la généralisation des résultats à d'autres tranches d'âge, genres ou contextes éducatifs, des facteurs susceptibles d'influencer les effets de la pratique méditative (Barcaccia et al., 2024 ; Failla et al., 2022 ; Modrego-Alarcón et al., 2025). En outre, seule une faible proportion de l'échantillon pratiquait régulièrement la méditation (10 %), rendant difficile l'analyse de l'effet de l'expérience préalable avec la pratique. À cet égard, il est possible que certains effets spécifiques, ou d'éventuelles effets différenciés, puissent au moins en partie découler du recrutement de participant·es plus expérimenté·es, sans que cela signifie qu'une expérience majeure dans la pratique entraîne nécessairement des effets plus marqués (Khalsa et al., 2015). De plus, l'échantillon comprenait exclusivement des individus sains, ce qui limite la possibilité de généraliser les résultats dans le contexte clinique. Dans cette perspective, les effets observés pourraient avoir été atténués par le niveau de bien-être initial des participant·es, suffisamment élevé pour masquer d'éventuels effets marquants. Par conséquent, l'intervention pourrait s'avérer plus efficace et pertinente dans les populations cliniques, où le niveau de bien-être serait davantage compromis et offrirait donc une plus grande marge d'amélioration. Reproduire cette étude dans ce contexte pourrait donc permettre d'obtenir une

image plus claire des effets différenciés des modalités de méditations. Enfin, parmi les étudiant·es recruté·es, la quasi-totalité fréquentait la faculté de Psychologie de l'Université de Fribourg, ce qui pourrait avoir introduit un biais de sélection. En effet, ces étudiant·es pourraient présenter des attentes plus positives à l'égard de l'intervention, ou disposer de connaissances préalables susceptibles d'influencer leur perception subjective, ainsi que l'efficacité de la pratique.

Une autre limitation concerne la mesure des construits adoptés. Concernant les mesures physiologiques, l'activation sympathique a été opérationnalisée uniquement à partir de l'EDA, une mesure qui a en outre été soumise à une transformation logarithmique afin de réduire son asymétrie, typique des mesures physiologiques. Bien que cette procédure améliore les propriétés statistiques de la mesure sans en altérer la signification, elle peut compliquer la comparaison avec d'autres études ayant conservé les mesures originales ou ayant utilisé d'autres procédures de transformation des données. De plus, l'utilisation d'un seul indicateur physiologique pourrait avoir limité la précision dans la détection des réponses physiologiques, réduisant ainsi la validité des résultats. À cet égard, l'EDA représente également une mesure sensible à de nombreux facteurs contextuels, tels que la température, les bruits, les stimuli visuels ou les mouvements corporels des participant·es, qui constituent autant de sources potentielles d'artefacts dans l'enregistrement (Thammasan et al., 2019 ; Crescentini et al., 2016). Parallèlement, l'EDA peut être influencée par des facteurs émotionnels, attentionnels et psychologiques (Critchley, 2002 ; HigueraTrujillo et al., 2017), tels que la motivation, l'anxiété liée aux dispositifs ou les attentes vis-à-vis de l'intervention, éléments étroitement liés au contexte expérimental. Ces facteurs pourraient avoir affecté l'enregistrement de l'activation sympathique, introduisant du bruit dans la mesure et limitant ainsi la validité des résultats et la sensibilité de l'EDA à refléter fidèlement l'activation sympathique. Enfin, d'éventuelles différences interindividuelles pourraient avoir contribué à atténuer des effets potentiels, à travers une moindre réactivité physiologique. Concernant les mesures psychologiques, l'utilisation des questionnaires auto-rapportés pour l'évaluation des construits psychologiques, bien que largement validées, pourrait avoir introduit certains biais importants, notamment des biais de désirabilité sociale ou de réponse, susceptibles d'affecter la validité des résultats (Bamber & Kraenzle Schneider, 2016 ; Barcaccia et al., 2024 ; Shearer et al., 2016).

Des limitations supplémentaires concernent les caractéristiques de l'intervention, telles que la durée, la fréquence, le type de pratique et le contexte expérimental (Dimidjian & Segal, 2015 ; Duda, Clarke, Barry, et al., 2025 ; Eisenbeck et al., 2018). Tout d'abord, le protocole prévoyait une seule séance de MPC pour l'évaluation des effets immédiats sur le bien-être des participant·es. Bien que la littérature documente des bénéfices immédiats même à l'issue d'une

seule séance (Navarro-Haro et al., 2017 ; Seabrook et al., 2020 ; Jislin-Goldberg et al., 2012), également observés dans le cadre du présent travail, cette modalité limite la possibilité d'observer des effets à long terme ou des bénéfices nécessitant un entraînement plus prolongé (Jones et al., 2018 ; Ma et al., 2023), ainsi que des potentiels effets différentiels entre différentes modalités. Plus précisément, certains bénéfices pourraient nécessiter une exposition répétée à la pratique pour se manifester et avoir un impact significatif sur le bien-être émotionnel, psychologique et physique. Dans ce contexte, une seule séance pourrait ne pas suffire pour permettre l'acquisition des compétences liées à la pratique, souvent complexes et exigeantes. À l'inverse, une exposition répétée favoriserait l'apprentissage des processus méditatifs plus complexes et leur consolidation dans la vie quotidienne. De plus, un protocole plus long permettrait d'adapter la pratique aux capacités des participant·es, alors qu'une séance standardisée unique pourrait ne pas convenir à tous les individus. Deuxièmement, la brièveté de la séance pourrait avoir masqué l'émergence de différences potentielles entre les modalités, observables seulement après des interventions prolongées. Cette approche pourrait également avoir limité la précision de la mesure de l'EDA, empêchant d'identifier des associations potentielles entre variables ; une durée supérieure permettrait de réduire les erreurs de mesure et leurs fluctuations, améliorant ainsi la validité et la précision des données (Morais et al., 2021). Enfin, les résultats ne peuvent être généralisés à d'autres pratiques méditatives, qui peuvent produire des effets différents (Eisenbeck et al., 2018), ni à des contextes autres que le laboratoire, réduisant la validité écologique de l'étude (Poetar et al., 2023 ; Wang et al., 2022).

Enfin, certaines limitations résultent de l'utilisation de la RV comme modalité d'administration. Tout d'abord, la technologie pourrait avoir introduit une qualité d'immersion variable et des effets indésirables, susceptibles d'interférer avec l'intervention et d'atténuer les effets attendus (Kelly et al., 2022 ; Modrego-Alarcón et al., 2025 ; Salminen et al., 2024 ; Seabrook et al., 2020). Deuxièmement, la validité technologique de la RV pourrait ne pas avoir été optimale, tandis que l'attribution prédéfinie des scénarios virtuels pourrait avoir limité la validité écologique des résultats (Higuera-Trujillo et al., 2017 ; Marocco et al., 2025). En ce contexte, explorer différents designs pourrait permettre d'identifier les dimensions environnementales les plus efficaces pour promouvoir les effets de la pratique, améliorant ainsi la généralisation et l'applicabilité des interventions dans le quotidien. Enfin, l'absence d'une phase d'adaptation à la RV, adoptée dans de nombreuses études (Snyder & Cinelli, 2022), pourrait avoir contribué à masquer certains avantages potentiels de la RV (Cawley & Tejeiro, 2024 ; Seabrook et al., 2020). En particulier, la nouveauté de la technologie pourrait avoir suscité curiosité et surprise ou, au contraire, anxiété et inconfort (Gao et al., 2024 ; Knaust et al., 2022 ; Ochadleus et al., 2023). Par conséquent,

l'attention pourrait avoir été détournée de la pratique au profit de la gestion des dispositifs ou de l'orientation dans la RV, augmentant la charge cognitive (Hitos-Garcia et al., 2025). Ces dynamiques pourraient avoir réduit l'engagement et le sentiment de présence des participant·es, influençant ainsi l'efficacité de l'intervention par une réactivité psychologique et physiologique accrue à la RV, comparé à une attitude plus familière envers la modalité sur écran (King et al., 2024).

Implications pour la pratique

À la lumière de ces limitations, les recherches futures devraient améliorer la validité écologique des résultats avec des échantillons plus diversifiés, répartissant de manière équilibrée les caractéristiques individuelles telles que l'âge, le genre, le contexte éducatif et l'expérience méditative (Khalsa et al., 2015). De plus, il serait souhaitable d'utiliser plusieurs mesures physiologiques, comme par exemple la variabilité cardiaque, pour étudier le construit d'arousal et son rôle dans les processus méditatifs, en adoptant également des méthodes de transformation qui en préservent la sensibilité (Duda et al., 2025).

Dans une perspective clinique, des séances plus longues et fréquentes, combinées à des mesures longitudinales, permettraient d'évaluer plus finement les bénéfices immédiats et à long terme de la MPC (Duda, Clarke, & Barry, 2025 ; Kelly et al., 2022 ; Poetar et al., 2023), de mieux clarifier leurs relations avec le bien-être (Duda et al., 2025), ainsi que de favoriser l'apprentissage de la pratique méditative et la généralisation de ses effets dans la vie quotidienne (Lymeus et al., 2018). Il est également nécessaire d'étudier l'influence du type, de la durée et des modalités d'administration de la pratique méditative, afin de définir des protocoles standardisés optimaux et efficaces, applicables dans les contextes clinique et expérimental (Dimidjian & Segal, 2015). Dans cette perspective, explorer l'efficacité d'interventions similaires en immersion sur le terrain, dans des environnements naturels réels, pourrait s'avérer pertinent et intéressant, tant pour l'évaluation des effets propres de la méditation en nature que pour une analyse comparative avec des environnements naturels virtuels, afin d'en examiner l'impact différentiel.

En plus, les recherches futures devraient approfondir l'intégration de la RV comme outil clinique de soutien aux pratiques de pleine conscience, en diversifiant les environnements virtuels (Higuera-Trujillo et al., 2017) et en adaptant les scénarios aux caractéristiques et aux préférences individuelles, afin d'accroître l'engagement, l'efficacité et la validité écologique des interventions (Chen & Li, 2022 ; Robbmond et al., 2025 ; Shankar et al., 2025). Il est également nécessaire

d'étudier systématiquement les limites de la RV, en optimisant sa qualité perceptive, son réalisme et son degré d'immersion, éléments clés pour l'efficacité des pratiques méditatives virtuelles (Chandrasiri et al., 2020 ; Seabrook et al., 2020 ; Wang et al., 2022). Des séances préliminaires de familiarisation à la RV pourraient en outre réduire l'effet de nouveauté et améliorer la tolérance aux appareils (Seabrook et al., 2020 ; Kelly et al., 2022 ; Ünal et al., 2022), ce qui favoriserait une plus grande adhésion et efficacité aux interventions. Enfin, dans le contexte virtuel également, il est nécessaire de définir des paramètres optimaux, tels que la durée et la fréquence des séances, afin de renforcer la rigueur méthodologique des interventions de MPC en RV, et d'adopter également des modèles longitudinaux pour évaluer les effets à long terme (Kelly et al., 2022 ; Wang et al., 2022).

Conclusion

Les résultats de la présente étude convergent vers deux conclusions principales. Premièrement, une séance unique de méditation de pleine conscience de dix minutes s'avère suffisante pour induire une augmentation significative et substantielle de l'état de pleine conscience, indépendamment de la modalité d'administration, soulignant le rôle déterminant de la pratique méditative elle-même dans la production de ses effets bénéfiques immédiats. Deuxièmement, et de manière plus inattendue, la condition en réalité virtuelle n'a pas démontré de supériorité dans la modulation de l'activation sympathique s'avérant au contraire significativement plus marquée dans la condition audioguidée sur écran. Ce résultat remet en question l'hypothèse selon laquelle les propriétés immersives de la RV constitueraient un avantage systématique pour la pratique méditative, et suggère que la charge sensorielle et cognitive inhérente aux dispositifs immersifs pourrait, dans certaines conditions, contrecarrer les mécanismes de relaxation physiologique que la pratique est censée induire. De plus, les résultats montrent qu'une séance brève de MPC digitale peut produire des effets immédiats sur le plan émotionnel, en suggérant également une association entre pleine conscience et régulation affective, reflétant une meilleure capacité à moduler les expériences émotionnelles en cours, en accord avec le principe d'équanimité (Walsh & Shapiro, 2006).

Par ailleurs, l'absence de bénéfice supplémentaire associé à la réalité virtuelle constitue un apport important à la littérature, en nuancant les attentes liées à l'utilisation de technologies immersives dans ce domaine, et en soulignant le rôle probable des mécanismes intrinsèques de la pratique ou des supports audioguidés, plutôt que celui du dispositif technologique utilisé. Sur le plan applicatif, ces résultats suggèrent que des modalités simples, accessibles et moins coûteuses, telles que les interventions audioguidées sur écran, peuvent suffire à induire des bénéfices

immédiats significatifs, renforçant ainsi leur potentiel d'intégration dans de nombreux contextes, notamment éducatifs ou professionnels, pour la promotion du bien-être et la prévention de la santé.

Ces résultats ouvrent enfin plusieurs perspectives de recherche. Tout d'abord, il serait pertinent d'approfondir le rôle de la réalité virtuelle et des caractéristiques spécifiques des environnements immersifs, afin de mieux comprendre dans quelles conditions ces dispositifs peuvent soutenir efficacement les pratiques méditatives (Wang et al., 2022). Cette question s'inscrit dans une perspective de santé de plus en plus technologique (Arpaia et al., 2022 ; Chandrasiri et al., 2020), nécessitant une amélioration progressive des technologies immersives pour la promotion de la santé mentale (Meshkat et al., 2024). Deuxièmement, une attention particulière devrait être portée aux facteurs subjectifs liés à l'expérience virtuelle, susceptibles d'influencer l'engagement et l'efficacité des interventions en RV (Gao et al., 2024 ; Seabrook et al., 2020). Enfin, les études futures pourraient approfondir les mécanismes sous-jacents de la MPC et le rôle de la pleine conscience en tant que mécanisme clé dans les bénéfices observés (Chandrasiri et al., 2019 ; Crescentini et al., 2016) ainsi que les effets à plus long terme des interventions, tant chez les populations cliniques que non cliniques. Dans cette perspective, il serait essentiel de poursuivre l'intégration de mesures psychologiques et physiologiques dans des protocoles écologiquement valides, afin d'identifier les conditions optimales d'intervention et de contribuer à la standardisation des approches dans les contextes clinique et expérimental (Arpaia et al., 2021 ; Crescentini et al., 2016).

Déclarations

Remerciements : Je tiens à exprimer ma sincère gratitude à toutes les personnes qui, par leur soutien et leur confiance, ont rendu possible la réalisation de ce travail.

Je tiens tout d'abord à remercier chaleureusement ma directrice de thèse, la Dre Cherine Fahim, qui m'a guidée avec patience et bienveillance tout au long de ce parcours, m'enseignant l'importance d'aborder les défis avec curiosité et rigueur, en cultivant l'esprit critique dans chaque choix.

Ma gratitude va également à Mme Chantal Martin-Sölch, qui m'a permis de participer à ce projet de recherche.

Je remercie également Daniel, dont le soutien m'a permis de retrouver confiance en mes capacités dans les moments de doute.

Merci à Annalisa, collègue et amie, dont l'exemple de courage et de détermination restera toujours pour moi une référence.

Merci à Sveva, qui a rendu mon séjour à Fribourg plus agréable, me laissant de précieux souvenirs que je chérirai avec affection.

Je remercie également ma famille, qui a toujours cru en moi et m'a permis d'entreprendre ce parcours. En particulier mon frère, qui, par son exemple et sa sagesse, m'a poussée à toujours donner le meilleur de moi-même.

Enfin, je tiens à remercier chaleureusement mon compagnon, qui m'a accompagnée pendant ces trois années, partageant avec moi les succès et les défis, et me soutenant dans les moments les plus difficiles.

Références

- 8 Minutes Of Mindfulness | Take Care Coaching. (s.d.). Recupérato 20 ottobre 2025, da <https://insighttimer.com/takecarecoaching/guided-meditations/8-minute-mindful-meditation-withmusic>
- Annerstedt, M., Jönsson, P., Wallergård, M., Johansson, G., Karlson, B., Grahn, P., Hansen, A. M., & Währborg, P. (2013). Inducing physiological stress recovery with sounds of nature in a virtual reality forest—Results from a pilot study. *Physiology & Behavior*, 118, 240–250. <https://doi.org/10.1016/j.physbeh.2013.05.023>
- Arpaia, P., D'Errico, G., De Paolis, L. T., Moccaldi, N., & Nuccetelli, F. (2022). A Narrative Review of Mindfulness-Based Interventions Using Virtual Reality. *Mindfulness*, 13(3), 556–571. <https://doi.org/10.1007/s12671-021-01783-6>
- Baer, R. (2015). Ethics, Values, Virtues, and Character Strengths in Mindfulness-Based Interventions: A Psychological Science Perspective. *Mindfulness*, 6(4), 956–969. <https://doi.org/10.1007/s12671-015-0419-2>
- Bailey, N. W., Baell, O., Payne, J. E., Humble, G., Geddes, H., Cahill, I., Hill, A. T., Chung, S. W., Emonson, M., Murphy, O. W., & Fitzgerald, P. B. (2023). Experienced Meditators Show Multifaceted Attention-Related Differences in Neural Activity. *Mindfulness*, 14(11), 2670–2698. <https://doi.org/10.1007/s12671-023-02224-2>

- Bamber, M. D., & Kraenzle Schneider, J. (2016). Mindfulness-based meditation to decrease stress and anxiety in college students: A narrative synthesis of the research. *Educational Research Review*, 18, 1–32. <https://doi.org/10.1016/j.edurev.2015.12.004>
- Banquet, J. P. (1973). Spectral analysis of the EEG in meditation. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, 35(2), 143–151. [https://doi.org/10.1016/0013-4694\(73\)90170-3](https://doi.org/10.1016/0013-4694(73)90170-3)
- Barcaccia, B., Medvedev, O. N., Pallini, S., Mastandrea, S., & Fagioli, S. (2024). Examining Mental Health Benefits of a Brief Online Mindfulness Intervention: A Randomised Controlled Trial. *Mindfulness*, 15(4), 835–843. <https://doi.org/10.1007/s12671-024-02331-8>
- Bear, K. A., Barber, C. C., & Medvedev, O. N. (2022). The Impact of a Mindfulness App on Postnatal Distress. *Mindfulness*, 13(11), 2765–2776. <https://doi.org/10.1007/s12671-022-01992-7>
- Bishop, S. R., Lau, M., Shapiro, S., Carlson, L., Anderson, N. D., Carmody, J., Segal, Z. V., Abbey, S., Speca, M., Velting, D., & Devins, G. (2004). Mindfulness: A proposed operational definition. *Clinical Psychology: Science and Practice*, 11(3), 230–241. <https://doi.org/10.1093/clipsy.bph077>
- Britton, W. B., Lindahl, J. R., Cahn, B. R., Davis, J. H., & Goldman, R. E. (2014). Awakening is not a metaphor: The effects of Buddhist meditation practices on basic wakefulness. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1307(1), 64–81. <https://doi.org/10.1111/nyas.12279>
- Brown, K. W., & Ryan, R. M. (2003). The benefits of being present: Mindfulness and its role in psychological well-being. *Journal of Personality and Social Psychology*, 84(4), 822–848. <https://doi.org/10.1037/0022-3514.84.4.822>
- Browning, M. H. E. M., Mimnaugh, K. J., van Riper, C. J., Laurent, H. K., & LaValle, S. M. (2020). Can Simulated Nature Support Mental Health? Comparing Short, Single-Doses of 360-Degree Nature Videos in Virtual Reality With the Outdoors. *Frontiers in Psychology*, 10. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2019.02667>
- Calderon, D. P., Kilinc, M., Maritan, A., Banavar, J. R., & Pfaff, D. (2016). Generalized CNS arousal: An elementary force within the vertebrate nervous system. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 68, 167–176. <https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2016.05.014>

- Calderone, A., Latella, D., Impellizzeri, F., de Pasquale, P., Famà, F., Quartarone, A., & Calabrò, R. S. (2024). Neurobiological Changes Induced by Mindfulness and Meditation: A Systematic Review. *Biomedicines*, 12(11), 2613.
<https://doi.org/10.3390/biomedicines12112613>
- Calogiuri, G., Litleskare, S., Fagerheim, K. A., Rydgren, T. L., Brambilla, E., & Thurston, M. (2018). Experiencing Nature through Immersive Virtual Environments: Environmental Perceptions, Physical Engagement, and Affective Responses during a Simulated Nature Walk. *Frontiers in Psychology*, 8. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2017.02321>
- Cawley, A., & Tejeiro, R. (2024). Brief Virtual Reality Mindfulness is More Effective than Audio Mindfulness and Colouring in Reducing Stress in University Students. *Mindfulness*, 15(2), 272–281. <https://doi.org/10.1007/s12671-024-02306-9>
- Chandrasiri, A., Collett, J., Fassbender, E., & De Foe, A. (2020). A virtual reality approach to mindfulness skills training. *Virtual Reality*, 24(1), 143–149. <https://doi.org/10.1007/s10055-019-003802>
- Chen, E.-C., & Li, T.-Y. (2022). Comparing Meditation and Immersive Virtual Environment for Relaxation. *2022 IEEE International Conference on Artificial Intelligence and Virtual Reality (AIVR)*, 193–198. <https://doi.org/10.1109/AIVR56993.2022.00038>
- Chiesa, A., Serretti, A., & Jakobsen, J. C. (2013). Mindfulness: Top–down or bottom–up emotion regulation strategy? *Clinical Psychology Review*, 33(1), 82–96.
<https://doi.org/10.1016/j.cpr.2012.10.006>
- Childs, D. (2007). Mindfulness and the psychology of presence. *Psychology and Psychotherapy: Theory, Research and Practice*, 80(3), 367–376.
<https://doi.org/10.1348/147608306X162600>
- Chirico, A., Cipresso, P., Yaden, D. B., Biassoni, F., Riva, G., & Gaggioli, A. (2017). Effectiveness of Immersive Videos in Inducing Awe: An Experimental Study. *Scientific Reports*, 7(1), 1218. <https://doi.org/10.1038/s41598-017-01242-0>

Chirico, A., & Gaggioli, A. (2019). When Virtual Feels Real: Comparing Emotional Responses and Presence in Virtual and Natural Environments. *Cyberpsychology, Behavior, and Social Networking*, 22(3), 220–226. <https://doi.org/10.1089/cyber.2018.0393>

Cinalioglu, K., Lavín, P., Bein, M., Lesage, M., Gruber, J., Se, J., Bukhari, S., Sasi, N., Noble, H., Andree-Bruneau, M., Launay, C., Sanders, J., Gauthier, S., Rosa, P., Lifshitz, M., Battistini, B. J., Beauchet, O., Khoury, B., Bouchard, S., ... Sekhon, H. (2023). Effects of virtual reality guided meditation in older adults: The protocol of a pilot randomized controlled trial. *Frontiers in Psychology*,

14. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2023.1083219>

Costa, M. R., Bergen-Cico, D., Grant, T., Herrero, R., Navarro, J., Razza, R., & Wang, Q. (2019). Nature Inspired Scenes for Guided Mindfulness Training: Presence, Perceived Restorativeness and Meditation Depth. In D. D. Schmorow & C. M. Fidopiastis (A c. Di), *Augmented Cognition* (pp. 517–532). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-030-22419-6_37

Costa, M. R., Bergen-Cico, D., Razza, R., Hirshfield, L., & Wang, Q. (2020). Perceived Restorativeness and Meditation Depth for Virtual Reality Supported Mindfulness Interventions. In C. Stephanidis, D. Harris, W.-C. Li, D. D. Schmorow, C. M. Fidopiastis, P. Zaphiris, A. Ioannou, X. Fang,

R. A. Sottolare, & J. Schwarz (A c. Di), *HCI International 2020 – Late Breaking Papers: Cognition, Learning and Games* (pp. 176–189). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3030-60128-7_14

Crawford, J. R., & Henry, J. D. (2004). The Positive and Negative Affect Schedule (PANAS): Construct validity, measurement properties and normative data in a large non-clinical sample. *British*

Journal of Clinical Psychology, 43(3), 245–265. <https://doi.org/10.1348/0144665031752934>

Crescentini, C., Chittaro, L., Capurso, V., Sioni, R., & Fabbro, F. (2016). Psychological and physiological responses to stressful situations in immersive virtual reality: Differences between users who practice mindfulness meditation and controls. *Computers in Human Behavior*, 59, 304–316. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2016.02.031>

Critchley, H. D. (2002). Review: Electrodermal Responses: What Happens in the Brain. *The Neuroscientist*, 8(2), 132–142. <https://doi.org/10.1177/107385840200800209>

- De Zambotti, M., Yuksel, D., Kiss, O., Barresi, G., Arra, N., Volpe, L., King, C., & Baker, F. C. (2022). A virtual reality-based mind-body approach to downregulate psychophysiological arousal in adolescent insomnia. *Digital Health*, 8.
<https://doi.org/10.1177/20552076221107887>
- Dimidjian, S., & Segal, Z. V. (2015). Prospects for a clinical science of mindfulness-based intervention. *American Psychologist*, 70(7), 593–620. <https://doi.org/10.1037/a0039589>
- Djernis, D., Lundsgaard, C. M., Rønn-Smidt, H., & Dahlgaard, J. (2023). Nature-Based Mindfulness: A Qualitative Study of the Experience of Support for Self-Regulation. *Healthcare*, 11(6).
<https://doi.org/10.3390/healthcare11060905>
- Dockray, S., & Steptoe, A. (2010). Positive affect and psychobiological processes. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews, Psychophysiological Biomarkers of Health*, 35(1), 69–75. <https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2010.01.006>
- Döllinger, N., Wienrich, C., & Latoschik, M. E. (2021). Challenges and Opportunities of Immersive Technologies for Mindfulness Meditation: A Systematic Review. *Frontiers in Virtual Reality*, 2. <https://doi.org/10.3389/frvir.2021.644683>
- Doren, N. V., Ng, H., Rawat, E., McKenna, K. R., & Blonigen, D. M. (2024). Virtual reality mindfulness training for veterans in residential substance use treatment: Pilot study of feasibility and acceptability. *Journal of Substance Use & Addiction Treatment*, 161. <https://doi.org/10.1016/j.josat.2024.209315>
- Duda, A. T., Clarke, A. R., & Barry, R. J. (2025). Differential Effects of Mindfulness Meditation and Paced Breathing on Neural Oscillations and Arousal. *Mindfulness*, 16(9), 2683–2698. <https://doi.org/10.1007/s12671-025-02660-2>
- Duda, A. T., Clarke, A. R., Barry, R. J., & De Blasio, F. M. (2025). Mindfulness meditation alters alpha amplitude without affecting arousal. *International Journal of Psychophysiology: Official Journal of the International Organization of Psychophysiology*, 214, 113197. <https://doi.org/10.1016/j.ijpsycho.2025.113197>
- Eisenbeck, N., Luciano, C., & Valdivia-Salas, S. (2018). Effects of a Focused Breathing

Mindfulness Exercise on Attention, Memory, and Mood: The Importance of Task Characteristics. *Behaviour Change*, 35(1), 54–70. <https://doi.org/10.1017/bec.2018.9>

Estupiñán, S., Rebelo, F., Noriega, P., Ferreira, C., & Duarte, E. (2014). Can Virtual Reality Increase Emotional Responses (Arousal and Valence)? A Pilot Study. In A. Marcus (A c. Di), *Design,*

User Experience, and Usability. User Experience Design for Diverse Interaction Platforms and Environments (pp. 541–549). Springer International Publishing.
https://doi.org/10.1007/978-3-31907626-3_51

Failla, C., Marino, F., Bernardelli, L., Gaggioli, A., Doria, G., Chilà, P., Minutoli, R., Mangano, R., Torrisi, R., Tartarisco, G., Bruschetta, R., Arcuri, F., Cerasa, A., & Pioggia, G. (2022). Mediating

Mindfulness-Based Interventions with Virtual Reality in Non-Clinical Populations: The State-of-the-Art. *Healthcare*, 10(7), 1220. <https://doi.org/10.3390/healthcare10071220>

Farb, N., Daubenmier, J., Price, C. J., Gard, T., Kerr, C., Dunn, B. D., Klein, A. C., Paulus, M. P., & Mehling, W. E. (2015). Interoception, contemplative practice, and health. *Frontiers in Psychology*, 6. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2015.00763>

Fredrickson, B. L. (2004). The broaden-and-build theory of positive emotions. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 359(1449), 1367–1378.
<https://doi.org/10.1098/rstb.2004.1512>

Fredrickson, B. L., Boulton, A. J., Firestone, A. M., Van Cappellen, P., Algae, S. B., Brantley, M. M., Kim, S. L., Brantley, J., & Salzberg, S. (2017). Positive Emotion Correlates of Meditation

Practice: A Comparison of Mindfulness Meditation and Loving-Kindness Meditation. *Mindfulness*, 8(6), 1623–1633. <https://doi.org/10.1007/s12671-017-0735-9>

Gaekwad, J. S., Sal Moslehian, A., & Roös, P. B. (2023). A meta-analysis of physiological stress responses to natural environments: Biophilia and Stress Recovery Theory perspectives. *Journal of*

Environmental Psychology, 90, 102085. <https://doi.org/10.1016/j.jenvp.2023.102085>

- Gao, D., Su, Y., Zhang, X., Li, H., & Luo, H. (2024). The application of virtual reality meditation and mind–body exercises among older adults. *Frontiers in Psychology*, 15.
<https://doi.org/10.3389/fpsyg.2024.1303880>
- Gotink, R. A., Hermans, K. S. F. M., Geschwind, N., De Nooij, R., De Groot, W. T., & Speckens, A. E. M. (2016). Mindfulness and mood stimulate each other in an upward spiral: A mindful walking intervention using experience sampling. *Mindfulness*, 7(5), 1114–1122.
<https://doi.org/10.1007/s12671-016-0550-8>
- Gil-Gómez, J., Manzano-Hernández, P., Albiol-Pérez, S., Aula-Valero, C., Gil-Gómez, H., & Lozano-Quilis, J. (2017). USEQ: A Short Questionnaire for Satisfaction Evaluation of Virtual Rehabilitation Systems. *Sensors*, 17(7), 1589. <https://doi.org/10.3390/s17071589>
- Hanna, J., Mehta, J., West, H., Keane, P., Wilson, N., & Bridge, P. (2025). Evaluation of a novel interactive virtual reality environment for mindfulness skills training. *BMC Digital Health*, 3(1), 6. <https://doi.org/10.1186/s44247-024-00141-5>
- Hayes, A. M., & Feldman, G. (2004). Clarifying the construct of mindfulness in the context of emotion regulation and the process of change in therapy. *Clinical Psychology: Science and Practice*, 11(3), 255–262. <https://doi.org/10.1093/clipsy.bph080>
- Hayes, S. C., Luoma, J. B., Bond, F. W., Masuda, A., & Lillis, J. (2006). Acceptance and Commitment Therapy: Model, processes and outcomes. *Behaviour Research and Therapy*, 44(1), 1–25.
<https://doi.org/10.1016/j.brat.2005.06.006>
- Higuera-Trujillo, J. L., López-Tarruella Maldonado, J., & Llinares Millán, C. (2017). Psychological and physiological human responses to simulated and real environments: A comparison between Photographs, 360° Panoramas, and Virtual Reality. *Applied Ergonomics*, 65, 398–409.
<https://doi.org/10.1016/j.apergo.2017.05.006>
- Hitos-García, A., Kawamoto, A. L. S., Gutiérrrez-Vela, F. L., Paderewski-Rodríguez, P., Figueroa, P., & Cabas, K. (2025). Extending the Technology Acceptance Model for the analysis of Virtual Reality mindfulness applications. *practice*, 10, 11.

Hölzel, 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: A Journal of the Association for Psychological Science*, 6(6), 537–559.
<https://doi.org/10.1177/1745691611419671>

Jamil, A., Gutlapalli, S. D., Ali, M., Oble, M. J. P., Sonia, S. N., George, S., Shahi, S. R., Ali, Z., Abaza, A., Mohammed, L., Jamil, A., Gutlapalli, S. D., Ali, M., Oble, M. J. P., Sonia, S. N., George, S., Shahi, S. R., Sr, Z. A., Abaza, A., & Mohammed, L. (2023). Meditation and Its Mental and Physical

Health Benefits in 2023. *Cureus*, 15(6). <https://doi.org/10.7759/cureus.40650>

Jislin-Goldberg, T., Tanay, G., & Bernstein, A. (2012). Mindfulness and positive affect: Crosssectional, prospective intervention, and real-time relations. *The Journal of Positive Psychology*, 7(5), 349–361. <https://doi.org/10.1080/17439760.2012.700724>

Jones, B. E. (2003). Arousal systems. *Frontiers in Bioscience: A Journal and Virtual Library*, 8, s438–451. <https://doi.org/10.2741/1074>

Jones, D. R., Graham-Engeland, J. E., Smyth, J. M., & Lehman, B. J. (2018). Clarifying the Associations between Mindfulness Meditation and Emotion: Daily High- and Low-arousal Emotions and Emotional Variability. *Applied Psychology: Health and Well-Being*, 10(3), 504–523. <https://doi.org/10.1111/aphw.12135>

Jordan B. (2009). Blurring Boundaries: The "Real" and the "Virtual" in hybrid Spacec. *Human Organization*, 68(2), 181–193.

Kabat-Zinn, J. (1982). An outpatient program in behavioral medicine for chronic pain patients based on the practice of mindfulness meditation: Theoretical considerations and preliminary results. *General Hospital Psychiatry*, 4(1), 33–47.
[https://doi.org/10.1016/0163-8343\(82\)90026-3](https://doi.org/10.1016/0163-8343(82)90026-3)

Kabat-Zinn, J. (2003). Mindfulness-based interventions in context: Past, present, and future. *Clinical Psychology: Science and Practice*, 10(2), 144–156.
<https://doi.org/10.1093/clipsy.bpg016>

Kabat-Zinn, J., Massion, A. O., Kristeller, J., Peterson, L. G., Fletcher, K. E., Pbert, L., Lenderking, W. R., & Santorelli, S. F. (1992). Effectiveness of a meditation-based stress

-
- reduction program in the treatment of anxiety disorders. *The American Journal of Psychiatry*, 149(7), 936–943. <https://doi.org/10.1176/ajp.149.7.936>
- Kaplan, S. (1995). The restorative benefits of nature: Toward an integrative framework. *Journal of Environmental Psychology, Green Psychology*, 15(3), 169–182.
[https://doi.org/10.1016/02724944\(95\)90001-2](https://doi.org/10.1016/02724944(95)90001-2)
- Kaplan, S. (2001). Meditation, Restoration, and the Management of Mental Fatigue. *Environment and Behavior*, 33(4), 480–506. <https://doi.org/10.1177/00139160121973106>
- Kaplan-Rakowski, R., Johnson, K. R., & Wojdyski, T. (2021). The impact of virtual reality meditation on college students' exam performance. *Smart Learning Environments*, 8(1), 21.
<https://doi.org/10.1186/s40561-021-00166-7>
- Kelly, R. M., Seabrook, E. M., Foley, F., Thomas, N., Nedeljkovic, M., & Wadley, G. (2022). Design Considerations for Supporting Mindfulness in Virtual Reality. *Frontiers in Virtual Reality*, 2. <https://doi.org/10.3389/frvir.2021.672556>
- Keng, S.-L., Chin, J. W. E., Mammadova, M., & Teo, I. (2022). Effects of Mobile App-Based Mindfulness Practice on Healthcare Workers: A Randomized Active Controlled Trial. *Mindfulness*, 13(11), 2691–2704. <https://doi.org/10.1007/s12671-022-01975-8>
- Khalsa, S. S., Rudrauf, D., Davidson, R. J., & Tranel, D. (2015). The effect of meditation on regulation of internal body states. *Frontiers in Psychology*, 6.
<https://doi.org/10.3389/fpsyg.2015.00924>
- Kiken, L. G., Garland, E. L., Bluth, K., Palsson, O. S., & Gaylord, S. A. (2015). From a state to a trait: Trajectories of state mindfulness in meditation during intervention predict changes in trait mindfulness. *Personality and Individual Differences, Dr. Sybil Eysenck Young Researcher Award*, 81, 41–46. <https://doi.org/10.1016/j.paid.2014.12.044>
- King, J., Halversen, A., Richards, O., John, K., & Strong, B. (2024). Anxiety and Physiological Responses to Virtual Reality and Audio Meditation in Racial and Ethnic Minorities. *Journal of Technology in Behavioral Science*, 9(2), 275–283. <https://doi.org/10.1007/s41347-023-00330-5>
- Klein, N., & Borelle, C. (2019). Réalité virtuelle et santé mentale. *Revue d'anthropologie des connaissances*, 13(2). <https://doi.org/10.3917/rac.043.0613>
-

- Knaust, T., Felnhofer, A., Kothgassner, O. D., Höllmer, H., Gorzka, R.-J., & Schulz, H. (2022). Exposure to virtual nature: The impact of different immersion levels on skin conductance level, heart rate, and perceived relaxation. *Virtual Reality*, 26(3), 925–938. <https://doi.org/10.1007/s10055-02100595-2>
- Komariah, M., Ibrahim, K., Pahria, T., Rahayuwati, L., & Somantri, I. (2023). Effect of Mindfulness Breathing Meditation on Depression, Anxiety, and Stress: A Randomized Controlled Trial among University Students. *Healthcare*, 11(1), 26. <https://doi.org/10.3390/healthcare11010026>
- Koopmann-Holm, B., Sze, J., Ochs, C., & Tsai, J. L. (2013). Buddhist-inspired meditation increases the value of calm. *Emotion*, 13(3), 497–505. <https://doi.org/10.1037/a0031070>
- Kosunen, I., Salminen, M., Järvelä, S., Ruonala, A., Ravaja, N., & Jacucci, G. (2016). RelaWorld: Neuroadaptive and Immersive Virtual Reality Meditation System. *Proceedings of the 21st International Conference on Intelligent User Interfaces, IUI '16*, 208–217. <https://doi.org/10.1145/2856767.2856796>
- Kuhne, C., Kecelioglu, E. D., Maltby, S., Hood, R. J., Knott, B., Ditton, E., Walker, F. R., & Kluge, M. G. (2023). Direct comparison of virtual reality and 2D delivery on sense of presence, emotional and physiological outcome measures. *Frontiers in Virtual Reality*, 4. <https://doi.org/10.3389/frvir.2023.1211001>
- Lavoie, R., Main, K., King, C., & King, D. (2021). Virtual experience, real consequences: The potential negative emotional consequences of virtual reality gameplay. *Virtual Reality*, 25(1), 69–81. <https://doi.org/10.1007/s10055-020-00440-y>
- Linehan, M. M. (1993). *Cognitive-behavioral treatment of borderline personality disorder*. New York, NY: Guilford Press.
- Lomas, T., Ivtzan, I., & Fu, C. H. Y. (2015). A systematic review of the neurophysiology of mindfulness on EEG oscillations. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*, 57, 401–410. <https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2015.09.018>
- Lymeus, F., Lindberg, P., & Hartig, T. (2018). Building mindfulness bottom-up: Meditation in natural settings supports open monitoring and attention restoration. *Consciousness and Cognition*, 59, 40–56. <https://doi.org/10.1016/j.concog.2018.01.008>

- Ma, J., Zhao, D., Xu, N., & Yang, J. (2023). The effectiveness of immersive virtual reality (VR) based mindfulness training on improvement mental-health in adults: A narrative systematic review. *EXPLORE*, 19(3), 310–318.
<https://doi.org/10.1016/j.explore.2022.08.001>
- Maher, C. A., Lewis, L. K., Ferrar, K., Marshall, S., Bourdeaudhuij, I. D., & Vandelanotte, C. (2014). Are Health Behavior Change Interventions That Use Online Social Networks Effective? A Systematic Review. *Journal of Medical Internet Research*, 16(2), e2952. <https://doi.org/10.2196/jmir.2952>
- Malinowski, P., & Lim, H. J. (2015). Mindfulness at Work: Positive Affect, Hope, and Optimism Mediate the Relationship Between Dispositional Mindfulness, Work Engagement, and Well-Being. *Mindfulness*, 6(6), 1250–1262. <https://doi.org/10.1007/s12671-015-0388-5>
- Marín-Morales, J., Higuera-Trujillo, J. L., Guixeres, J., Llinares, C., Alcañiz, M., & Valenza, G. (2021). Heart rate variability analysis for the assessment of immersive emotional arousal using virtual reality: Comparing real and virtual scenarios. *PLOS ONE*, 16(7), e0254098. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0254098>
- Marocco, S., Vitale, V., Grossi, E., Presaghi, F., Bonaiuto, M., & Talamo, A. (2025). Exploring the Restorative Effects of Natural Environments in Virtual Reality. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 22(4), 535. <https://doi.org/10.3390/ijerph22040535>
- Martin-Soelch, C., Kobel, M., Stoecklin, M., Michael, T., Weber, S., Krebs, B., & Opwis, K. (2009). Reduced Response to Reward in Smokers and Cannabis Users. *Neuropsychobiology*, 60(2), 94–103. <https://doi.org/10.1159/000239685>
- McKeen, H., Hook, M., Podduturi, P., Beitzell, E., Jones, A., & Liss, M. (2023). Mindfulness as a mediator and moderator in the relationship between adverse childhood experiences and depression. *Current Psychology*, 42(8), 6576–6586. <https://doi.org/10.1007/s12144-021-02003-z>

Meshkat, S., Edalatkhah, M., Luciano, C. D., Martin, J., Kaur, G., Lee, G. H., Park, H., Torres, A., Mazalek, A., Kapralos, B., Dubrowski, A., Bhat, V., Meshkat, S., Edalatkhah, M., Luciano, C. D., Martin, J., Kaur, G., Lee, G. H., Park, H., ... Bhat, V. (2024). Virtual Reality and Stress Management:

A Systematic Review. *Cureus*, 16(7). <https://doi.org/10.7759/cureus.64573>

Meta Quest 2: Visore VR all-in-one immersivo | Meta Store. (s.d.). Recuperato 20 ottobre 2025, da https://www.meta.com/ch/it/quest/products/quest-2/?srsltid=AfmBOop_rfMb7n2E0igUUqIMHpjacoeYvdPGJ7dKq0bFUWFqhUBXWzq

Miller, M., Mistry, D., Jetly, R., & Frewen, P. (2021). Meditating in Virtual Reality 2:

Phenomenology of Vividness, Egocentricity and Absorption-Immersion. *Mindfulness*, 12(5), 1195–

1207. <https://doi.org/10.1007/s12671-020-01589-y>

Min, S., Moon, J., Cho, C.-H., & Kim, G. J. (2020). Effects of Immersive Virtual Reality Content Type to Mindfulness and Physiological Parameters. *Proceedings of the 26th ACM Symposium on Virtual Reality Software and Technology, VRST '20*, 1–9. <https://doi.org/10.1145/3385956.3418942>

Modrego-Alarcón, M., Morillo, H., Campos, D., Navarro-Gil, M. T., Montero-Marín, J., Monreal-Bartolomé, A., García-Campayo, J., & López-Del-Hoyo, Y. (2025). Effects and acceptability of virtual reality to facilitate mindfulness practice in university students. *Journal of Computing in Higher Education*, 37(1), 273–298. <https://doi.org/10.1007/s12528-023-09393-y>

Moon, D. U., Lütt, A., Kim, H., Seong, S., Park, K. R., Choi, J., Kim, M.-J., & Jeon, H. J. (2025). Impact of cybersickness and presence on treatment satisfaction and clinical outcomes in virtual reality-based biofeedback for depression and anxiety. *Journal of Psychiatric Research*, 187, 53–61.

<https://doi.org/10.1016/j.jpsychires.2025.04.047>

Morais, P., Quaresma, C., Vigário, R., & Quintão, C. (2021). Electrophysiological effects of mindfulness meditation in a concentration test. *Medical & Biological Engineering & Computing*, 59(4), 759–773. <https://doi.org/10.1007/s11517-021-02332-y>

- Navarro-Haro, M. V., López-del-Hoyo, Y., Campos, D., Linehan, M. M., Hoffman, H. G., García-Palacios, A., Modrego-Alarcón, M., Borao, L., & García-Campayo, J. (2017). Meditation experts try Virtual Reality Mindfulness: A pilot study evaluation of the feasibility and acceptability of Virtual Reality to facilitate mindfulness practice in people attending a Mindfulness conference. *PLOS ONE*, 12(11), e0187777. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0187777>
- Ngô, T.-L. (2013). Revue des effets de la méditation de pleine conscience sur la santé mentale et physique et sur ses mécanismes d'action. *Santé mentale au Québec*, 38(2), 19–34. <https://doi.org/10.7202/1023988ar>
- Ochadleus, C., Kirby, C., & Scollon, C. N. (2023). It's awe-fully unfamiliar: The effect of familiarity on awe within a virtual reality setting. *Frontiers in Psychology*, 14. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2023.1096283>
- Olasz, O., Erdős, S., & Horváth, K. (2024). The Effects of Virtual Reality-Based Mindfulness Exercises on the Perception of Time, Psychological and Physiological States of Young People: A Randomized Crossover Trial. *Mindfulness*, 15(9), 2347–2354. <https://doi.org/10.1007/s12671-02402438-y>
- Organisation mondiale de la Santé. (2022, 17 juin). *Santé mentale : renforcer notre action*. <https://www.who.int/fr/news-room/fact-sheets/detail/mental-health-strengthening-our-response>
- Pavic, K., Chaby, L., Gricourt, T., & Vergilino-Perez, D. (2023). Feeling Virtually Present Makes Me Happier: The Influence of Immersion, Sense of Presence, and Video Contents on Positive Emotion Induction. *Cyberpsychology, Behavior, and Social Networking*, 26(4), 238–245. <https://doi.org/10.1089/cyber.2022.0245>
- Pawelczyk, W., Olejarz, D., Gaweł, Z., Merta, M., Nowakowska, A., Nowak, M., Rutkowska, A., Batalik, L., & Rutkowski, S. (2025). Understanding Cybersickness and Presence in Seated VR: A Foundation for Exploring Therapeutic Applications of Immersive Virtual Environments. *Journal of Clinical Medicine*, 14(8). <https://doi.org/10.3390/jcm14082718>

- Poetar, C.-R., Bradley, N., & Voinescu, A. (2023). Immersive virtual reality or computerised mindfulness meditation for improving mood? Preliminary efficacy from a pilot randomised trial.
- Frontiers in Psychology*, 14. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2023.1157469>
- Puhlmann, L. M. C., & Engert, V. (2025). How mindfulness-based training improves stressrelated health: A selective review of randomized clinical trials comparing psychological mechanisms of action. *Frontiers in Endocrinology*, 16, 1415081. <https://doi.org/10.3389/fendo.2025.1415081>
- Reina, C. S., & Kudesia, R. S. (2020). Wherever you go, there you become: How mindfulness arises in everyday situations. *Organizational Behavior and Human Decision Processes, Mindfulness at Work: Pushing Theoretical and Empirical Boundaries*, 159, 78–96. <https://doi.org/10.1016/j.obhdp.2019.11.008>
- Riva, G., Mantovani, F., Capideville, C. S., Preziosa, A., Morganti, F., Villani, D., Gaggioli, A., Botella, C., & Alcañiz, M. (2007). Affective Interactions Using Virtual Reality: The Link between Presence and Emotions. *CyberPsychology & Behavior*, 10(1), 45–56. <https://doi.org/10.1089/cpb.2006.9993>
- Riva, G., Wiederhold, B. K., & Mantovani, F. (2019). Neuroscience of Virtual Reality: From Virtual Exposure to Embodied Medicine. *Cyberpsychology, Behavior, and Social Networking*, 22(1), 82–96. <https://doi.org/10.1089/cyber.2017.29099.gri>
- Robbemon, L. M., Nijland, J. M., Alma, M., Veling, W., & Driel, C. M. van. (2025). Exploring the Barriers to and Facilitators of Using Virtual Reality Relaxation for Patients With Psychiatric Problems: Qualitative Focus Group Study. *Journal of Medical Internet Research*, 27(1), e65308. <https://doi.org/10.2196/65308>
- Sagnier, C., Loup-Escande, E., Lourdeaux, D., Thouvenin, I., & Valléry, G. (2020). User Acceptance of Virtual Reality: An Extended Technology Acceptance Model. *International Journal of Human–Computer Interaction*, 36(11), 993–1007. <https://doi.org/10.1080/10447318.2019.1708612>
- Salminen, M., Järvelä, S., Kosunen, I., Ruonala, A., Hamari, J., Ravaja, N., & Jacucci, G. (2024). Meditating in a neurofeedback virtual reality: Effects on sense of presence,

meditation depth and brain oscillations. *Behaviour & Information Technology*, 43(12), 2750–2764. <https://doi.org/10.1080/0144929X.2023.2258231>

Satpute, A. B., Kragel, P. A., Barrett, L. F., Wager, T. D., & Bianciardi, M. (2019).

Deconstructing arousal into wakeful, autonomic and affective varieties. *Neuroscience Letters, Functional Neuroimaging of the Emotional Brain*, 693, 19–28.
<https://doi.org/10.1016/j.neulet.2018.01.042>

Scavone, A., Kadziolka, M. J., & Miller, C. J. (2020). State and Trait Mindfulness as Predictors of Skin Conductance Response to Stress. *Applied Psychophysiology and Biofeedback*, 45(3), 221–228.

<https://doi.org/10.1007/s10484-020-09467-y>

Scott, E. E., McDonnell, A. S., LoTempio, S. B., Uchino, B. N., & Strayer, D. L. (2021). Toward a unified model of stress recovery and cognitive restoration in nature. *Parks Stewardship Forum*, 37(1), 46–60.

Seabrook, E., Kelly, R., Foley, F., Theiler, S., Thomas, N., Wadley, G., & Nedeljkovic, M.

(2020). Understanding How Virtual Reality Can Support Mindfulness Practice: Mixed Methods Study. *Journal of Medical Internet Research*, 22(3), e16106. <https://doi.org/10.2196/16106>

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 Press.

Shankar, R., Bundele, A., Yap, A., & Mukhopadhyay, A. (2025). Experiences and user perceptions of virtual-reality-based mindfulness interventions: Protocol for a systematic review and thematic synthesis. *BMJ Open*, 15(9), e094876.
<https://doi.org/10.1136/bmjopen-2024-094876>

Shearer, A., Hunt, M., Chowdhury, M., & Nicol, L. (2016). Effects of a brief mindfulness meditation intervention on student stress and heart rate variability. *International Journal of Stress Management*, 23(2), 232–254. <https://doi.org/10.1037/a0039814>

Slater, M., & Wilbur, S. (1997). A Framework for Immersive Virtual Environments (FIVE): Speculations on the role of presence in virtual environments. *PRESENCE Virtual and Augmented*

Reality, 6(6), 603–616. <https://doi.org/10.1162/pres.1997.6.6.603>

Snyder, N. A., & Cinelli, M. E. (2022). Aperture Crossing in Virtual Reality: Physical Fatigue

-
- Delays Response Time. *Journal of Motor Behavior*, 54(4), 429–437. <https://doi.org/10.1080/00222895.2021.2006595>
- Sousa, G. M. de, Lima-Araújo, G. L. de, Araújo, D. B. de, & Sousa, M. B. C. de. (2021). Brief mindfulness-based training and mindfulness trait attenuate psychological stress in university students: A randomized controlled trial. *BMC Psychology*, 9(1), 21. <https://doi.org/10.1186/s40359-021-00520-x>
- Spielberger, C. D., Gorsuch, R. L., Lushene, R., Vagg, P. R., & Jacobs, G. A. (1983). *Manual for the State-Trait Anxiety Inventory*. Palo Alto, CA: Consulting Psychologists Press
- Tabachnick, B. G., & Fidell, L. S. (2014). *Using multivariate statistics* (Sixth edition, Pearson new international edition). Pearson.
- Tanay, G., & Bernstein, A. (2013). State Mindfulness Scale (SMS): Development and initial validation. *Psychological Assessment*, 25(4), 1286–1299. <https://doi.org/10.1037/a0034044>
- Tandon, T., Ledermann, K., Gupta, R., Morina, N., Wadji, D. L., Piccolo, M., & Martin-Soelch, C. (2022). The relationship between behavioural and mood responses to monetary rewards in a sample of students with and without reported pain. *Humanities and Social Sciences Communications*, 9(1), 30. <https://doi.org/10.1057/s41599-022-01044-4>
- Tang, Y.-Y., Hölzel, B. K., & Posner, M. I. (2015). The neuroscience of mindfulness meditation. *Nature Reviews. Neuroscience*, 16(4), 213–225. <https://doi.org/10.1038/nrn3916>
- Taren, A. A., Gianaros, P. J., Greco, C. M., Lindsay, E. K., Fairgrieve, A., Brown, K. W., Rosen, R. K., Ferris, J. L., Julson, E., Marsland, A. L., Bursley, J. K., Ramsburg, J., & Creswell, J. D. (2015). Mindfulness meditation training alters stress-related amygdala resting state functional connectivity: A randomized controlled trial. *Social Cognitive and Affective Neuroscience*, 10(12), 1758–1768. <https://doi.org/10.1093/scan/nsv066>
- Taylor, V. A., Grant, J., Daneault, V., Scavone, G., Breton, E., Roffe-Vidal, S., Courtemanche, J., Lavarenne, A. S., & Beauregard, M. (2011). Impact of mindfulness on the neural responses to emotional pictures in experienced and beginner meditators. *NeuroImage*, 57(4), 1524–1533. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2011.06.001>

- Teng, J., Massar, S. A. A., & Lim, J. (2022). Inter-relationships between changes in stress, mindfulness, and dynamic functional connectivity in response to a social stressor. *Scientific Reports*, 12(1), 2396. <https://doi.org/10.1038/s41598-022-06342-0>
- Thammasan, N., Stuldreher, I., Wismeijer, D., Poel, M., van Erp, J., & Brouwer, A.-M. (2019). A novel, simple and objective method to detect movement artefacts in electrodermal activity. *2019 8th International Conference on Affective Computing and Intelligent Interaction (ACII)*, 1–7. <https://doi.org/10.1109/ACII.2019.8925512>
- Tian, F., Hua, M., Zhang, W., Li, Y., & Yang, X. (2021). Emotional arousal in 2D versus 3D virtual reality environments. *PLOS ONE*, 16(9), e0256211. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0256211>
- Tschacher, W., & Lienhard, N. (2021). Mindfulness Is Linked with Affectivity in Daily Life: An Experience-Sampling Study with Meditators. *Mindfulness*, 12(6), 1459–1472. <https://doi.org/10.1007/s12671-021-01615-7>
- Ulrich, R. S., Simons, R. F., Losito, B. D., Fiorito, E., Miles, M. A., & Zelson, M. (1991). Stress recovery during exposure to natural and urban environments. *Journal of Environmental Psychology*, 11(3), 201–230. [https://doi.org/10.1016/S0272-4944\(05\)80184-7](https://doi.org/10.1016/S0272-4944(05)80184-7)
- Ünal, A. B., Pals, R., Steg, L., Siero, F. W., & van der Zee, K. I. (2022). Is virtual reality a valid tool for restorative environments research? *Urban Forestry & Urban Greening*, 74, 127673. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2022.127673>
- Van Dam, N. T., van Vugt, M. K., Vago, D. R., Schmalzl, L., Saron, C. D., Olendzki, A., Meissner, T., Lazar, S. W., Kerr, C. E., Gorchov, J., Fox, K. C. R., Field, B. A., Britton, W. B., Brefczynski-Lewis, J. A., & Meyer, D. E. (2018). Mind the Hype: A Critical Evaluation and Prescriptive Agenda for Research on Mindfulness and Meditation. *Perspectives on Psychological Science: A Journal of the Association for Psychological Science*, 13(1), 36–61. <https://doi.org/10.1177/1745691617709589>
- Vancappel, A., Courtois, R., Réveillère, C., & El-Hage, W. (2023). Interaction of mediation and moderation effects of positivity, cognitive fusion, brooding and mindfulness. *L'Encéphale*, 49(3), 227–233. <https://doi.org/10.1016/j.encep.2021.12.003>

- Virole, B. (2007). Psychothérapie et réalité virtuelle. *Le Carnet Psy*, 121(8), 37–38.
<https://doi.org/10.3917/lcp.121.0037>
- Walsh, R., & Shapiro, S. L. (2006). The meeting of meditative disciplines and western psychology: A mutually enriching dialogue. *American Psychologist*, 61(3), 227–239.
<https://doi.org/10.1037/0003-066X.61.3.227>
- Wang, X., Mo, X., Fan, M., Lee, L.-H., Shi, B. E., & Hui, P. (2022). *Reducing Stress and Anxiety in the Metaverse: A Systematic Review of Meditation, Mindfulness and Virtual Reality* (arXiv:2209.14645). arXiv. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2209.14645>
- Watson, D., Clark, L. A., & Tellegen, A. (1988). Development and validation of brief measures of positive and negative affect: The PANAS scales. *Journal of Personality and Social Psychology*, 54(6), 1063–1070. <https://doi.org/10.1037/0022-3514.54.6.1063>
- Weder, B. J. (2022). Mindfulness in the focus of the neurosciences—The contribution of neuroimaging to the understanding of mindfulness. *Frontiers in Behavioral Neuroscience*, 16. <https://doi.org/10.3389/fnbeh.2022.928522>
- Welcome to Python.org. (2025, octobre 15). Python.Org. <https://www.python.org/>
- Wielgosz, J., Goldberg, S. B., Kral, T. R. A., Dunne, J. D., & Davidson, R. J. (2019). Mindfulness Meditation and Psychopathology. *Annual Review of Clinical Psychology*, 15(Volume 15, 2019), 285–316. <https://doi.org/10.1146/annurev-clinpsy-021815-093423>
- Witmer, B. G., & Singer, M. J. (1998). Measuring Presence in Virtual Environments: A Presence Questionnaire. *Presence: Teleoperators and Virtual Environments*, 7(3), 225–240.
<https://doi.org/10.1162/105474698565686>
- Wu, R., Liu, L.-L., Zhu, H., Su, W.-J., Cao, Z.-Y., Zhong, S.-Y., Liu, X.-H., & Jiang, C.-L. (2019). Brief Mindfulness Meditation Improves Emotion Processing. *Frontiers in Neuroscience*, 13. <https://doi.org/10.3389/fnins.2019.01074>
- Xie, F., Zheng, H., & Hu, X. (2025). The effectiveness of virtual reality in enhancing mindfulness: A systematic review and meta-analysis. *Frontiers in Public Health*, 13.
<https://doi.org/10.3389/fpubh.2025.1709782>

Yen, H.-Y., Hsu, H., & Huang, W.-H. (2024). Virtual reality natural experiences for mental health: Comparing the effects between different immersion levels. *Virtual Reality*, 28(1), 52.

<https://doi.org/10.1007/s10055-024-00958-5>

Yeo, N. L., White, M. P., Alcock, I., Garside, R., Dean, S. G., Smalley, A. J., & Gatersleben, B. (2020). What is the best way of delivering virtual nature for improving mood? An experimental comparison of high definition TV, 360° video, and computer generated virtual reality. *Journal of*

Environmental Psychology, 72, 101500. <https://doi.org/10.1016/j.jenvp.2020.101500>

Yildirim, C., & O’Grady, T. (2020). The Efficacy of a Virtual Reality-Based Mindfulness Intervention. *2020 IEEE International Conference on Artificial Intelligence and Virtual Reality (AIVR)*, 158–165. <https://doi.org/10.1109/AIVR50618.2020.00035>

Zeidan, F., Martucci, K. T., Kraft, R. A., McHaffie, J. G., & Coghill, R. C. (2014). Neural correlates of mindfulness meditation-related anxiety relief. *Social Cognitive and Affective Neuroscience*, 9(6), 751–759. <https://doi.org/10.1093/scan/nst041>

Zollars, I., Poirier, T. I., & Pailden, J. (2019). Effects of mindfulness meditation on mindfulness, mental well-being, and perceived stress. *Currents in Pharmacy Teaching and Learning*, 11(10), 1022– 1028. <https://doi.org/10.1016/j.cptl.2019.06.005>