



**HAL**  
open science

# Influence des capacités de régulation cognitive sur la mémoire prospective

Jean-Charles Girardeau

► **To cite this version:**

Jean-Charles Girardeau. Influence des capacités de régulation cognitive sur la mémoire prospective. Psychologie. Université Paris Cité, 2022. Français. NNT : 2022UNIP7153 . tel-04327545

**HAL Id: tel-04327545**

**<https://theses.hal.science/tel-04327545>**

Submitted on 6 Dec 2023

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

**Thèse de doctorat en Psychologie Cognitive**

# Influence des capacités de régulation cognitive sur la mémoire prospective

Présentée par

**JEAN-CHARLES GIRARDEAU**

Sous la Direction et le Co-encadrement des

**Pr. Pascale PIOLINO & Dr. Marco SPERDUTI**

Soutenue publiquement le 14 Décembre 2022

## Composition du Jury

M. Matthias <b>KLIEGEL</b>	Professeur des Universités <i>Université de Genève</i>	<b>Rapporteur</b>
M. Arnaud <b>D'ARGEMBEAU</b>	Directeur de Recherche <i>Université de Liège</i>	<b>Rapporteur</b>
Mme Véronique <b>QUAGLINO</b>	Professeure des Universités <i>Université de Picardie Jules Verne</i>	<b>Examinatrice</b>
M. André <b>DIDIERJEAN</b>	Professeur des Universités <i>Université de Franche Comté</i>	<b>Examineur</b>
Mme Pascale <b>PIOLINO</b>	Professeure des Universités <i>Université Paris Cité</i>	<b>Directrice de thèse</b>
M. Marco <b>SPERDUTI</b>	Maître de Conférences <i>Université Paris Cité</i>	<b>Co-encadrant de thèse Invité</b>

*« Si la mémoire est à la tête ce que le passé, peut-on y accéder à six? »*

*- Provençal le Gaulois -*

---

## Remerciements

Pour l'honneur qu'ils m'ont fait en acceptant de donner de leur temps à l'examen de ce travail, un grand merci à mes rapporteurs **Arnaud D'Argembeau** et **Matthias Kliegel** et aux membres de mon jury **Véronique Quaglino**, **André Didierjean** qui ont gracieusement accepté ce rôle.

Je remercie infiniment **Pascale Piolino**, pour avoir accepté de m'accompagner dans cette aventure et pour la confiance qu'elle m'a témoignée durant 6 ans. Merci **Pascale**, pour votre soutien tout particulier, sans faille, jusque dans les dernières minutes de cette thèse. Merci de votre indulgence tout au long de ces années et un grand merci, sincère, d'avoir rendu possible mon aventure dans la recherche. Quelle que soit la suite, cela restera une expérience inoubliable.

Je tiens également à remercier chaleureusement **Marco Sperduti**. En tant que co-directeur de cette thèse, les raisons que j'ai de le remercier et de l'estimer sont nombreuses. Son inépuisable appui, la richesse de ses idées et son flegme italien inégalable (même pour un Anglais) m'ont été déterminants. Il paraîtrait que les Italiens ne s'emporteraient que 3,5 fois par jour contre 1 seule petite fois pour les Danois, détenteurs de la palme du flegme. Il va sans dire que depuis 6 ans que je côtoie Marco, j'aurais naturellement l'envie de lui trouver des gênes danois, si tant est que l'on n'envisage pas de mettre de l'ananas dans la pizza ou de la crème fraîche dans la carbonara ! Dans ce cas très précis, vous n'aurez que ravivé son orthodoxie italienne naturelle et votre salut ne proviendra que d'une bouteille de votre choix ! Dès lors, l'assurance d'un moment simple et gracieux ne sera qu'à la portée d'une lampée partagée. Mais je m'égare... Il m'aura surtout apporté un soutien sans faille tout au long de ce parcours de thèse et mis de l'assurance dans mes incertitudes et de la pertinence dans mes impertinences. Je me suis délecté de ses connaissances, de sa générosité et de son humanisme. Je lui suis profondément reconnaissant de tout l'enrichissement humain dont j'ai bénéficié à son contact. J'espère que l'épisode « thèse » sera suivi d'autres épisodes, quel que soit la prototypie de ces derniers.

---

Parce que la recherche se joue aussi en équipe, je remercie toutes les personnes qui ont investi du temps et des efforts dans la mise en place de mes études : **Marco, Raphaël, Fred**, tous les stagiaires quels qu'ils soient et d'où qu'ils viennent, et surtout **Alexandre** sans qui une partie de cette thèse n'aurait pas pu se faire. Merci également à tous les membres de LMC<sup>2</sup> qui se reconnaîtront d'avoir toujours gentiment accepté d'être dérangé à chacune de mes apparitions soudaines.

J'en profite pour remercier toutes les personnes qui se sont portées volontaires pour participer aux différentes études : les étudiants, les collègues, les amis des amis, les inconnus sur les réseaux sociaux, et tous les autres ! Sans leur participation, rien de tout cela n'aurait été possible.

L'enseignement a également agréablement rythmé mes années de thèse. Je remercie **Laurent Sovet, Dorine Vergilino-Perez, Sophie Blanchet, Lousia Lavergne** et **Marco Sperduti** de m'avoir fait confiance pour transmettre à nos étudiants les mystères de la psychologie cognitive, et son aspect le plus hermétique, la méthodologie expérimentale. J'ai beaucoup appris durant ces années d'enseignement, tant sur le plan scientifique que sur le plan pédagogique ou bien encore (et surtout) sur moi-même.

Les Celtes font partie des peuples qui façonnèrent l'Europe. Des instruments sur lesquels jouaient les bardes celtes il y a 2 000 ans jusqu'aux sessions musicales quotidiennes dans l'intime enceinte des pubs irlandais, anglais ou bretons, où les musiciens expriment tout leur talent et leur poésie, la musique celtique est bien vivante et ravit nos oreilles charmées ! Elle est l'une des musiques d'inspiration traditionnelle les plus vivantes. Il y a bien sûr aussi toute une image assez datée autour de la musique celtique, le côté bouseux vu des villes. Mais soyons honnête, pour celui qui la côtoie, la musique celtique c'est quelque chose d'assez binaire : ultra triste, ou ultra joyeux. Comme s'il n'y avait pas d'entre deux. Soit, ça te fait chialer. Soit, ça te fait danser. Rock, Punk, Reggae, Dub, Jazz, tout peut y être mélangé ! Quelle autre musique à ce genre de pouvoir ? Bien plus ancienne que la musique classique, la musique celte est une machine à remonter le temps ET à réunir des gens de partout ! Les concerts, les pubs, les fest-noz en sont le parfait exemple, les gens se reconnectent le temps d'une parenthèse musicale. Bien au-delà de ce qu'elle m'aura inspiré tout au long de ma vie, la **musique celtique** m'aura accompagné des nuits entières lors de la rédaction de cette thèse ! Pour cela et bien plus, merci...

Mes remerciements vont également à tous ceux, et en particulier **Aline, Anne, Coraline & Nathalie**, dont la présence et la pensée ont été à un moment ou un autre un soutien et qui

---

m'ont donné envie d'avancer. Cette histoire de thèse, et plus largement de reprise d'étude, m'aura permis de faire des rencontres inattendues et bienfaitantes, dont certaines se sont transformées en amitiés profondes. À mes **compagnons de la salade**, pour les échanges et les rires (et le gras) qui auront servi à me faire oublier, l'espace d'un instant, mon cortex préfrontal. « Le rire c'est comme les essuie-glaces, ça n'arrête pas la pluie mais ça permet d'avancer » (Gérard Jugnot). Merci d'avoir été là les coupains, la suite de notre histoire s'écrira « à la Grâce » !

Bien sûr cette aventure a connu son lot de péripéties, personnelles et professionnelles. À chaque fois, ces événements m'ont poussé à me remettre en question et à revoir mes priorités. Ces rebondissements font pleinement partie du chemin qui m'aura conduit ici aujourd'hui. Un grand merci donc à mes **parents** et mes **frères** pour leur compréhension et leur soutien sans failles malgré mon parcours hors des sentiers battus, ma réussite actuelle est aussi la vôtre.

À mon grand-père **Gabriel** qui, même sans être là depuis 30 ans, a toujours éclairé mes zones d'ombres.

À mon autre grand-père **Roger**, dont je porte aussi le nom et qui n'aura pu me voir arriver jusqu'au bout, tes histoires auront bercé mon enfance et eu tant d'empreinte sur moi. Merci de m'avoir montré, à travers ton histoire, qu'au-delà des guerres, des désaccords et des points de vue antithétiques, il y a avant tout des femmes et des hommes, avec un cœur et une histoire. Cela m'aura donné le goût de la tolérance et de la nuance.

À mon **parrain Luc** pour son regard bienveillant et l'empreinte qu'il aura laissé dans ma vie. Tu as filé juste avant cette thèse en me lançant un dernier défi, celui de me résoudre à ton absence... « Quand bien même tu n'es plus là où tu étais, tu es partout là je suis... » (Victor Hugo)

Je ne pourrai malheureusement pas réussir à résumer en quelques lignes comme je l'aurais voulu, et avec autant de brio que vous ne l'avez fait pour moi, ce que je vous dois... Puisse ces quelques lignes, cependant, témoigner de ma profonde reconnaissance. Sans vous pour me motiver et essuyer mes larmes de découragement, cette thèse aurait sombré dans les abysses. Merci **Angélique Lebert** et merci **Philippe Blondé**, pour votre support indéfectible, votre bienveillance, votre immense patience et vos oreilles précieuses lors de mes interminables

---

vocaux, dans un moment de ma vie où le navire tanguait, au sens propre comme au figuré. Mon cœur est rempli de gratitude pour l'éternité.

À ma meilleure amie, mon amoureuse, ma femme et la merveilleuse maman de nos enfants, sans qui je ne serai pas là aujourd'hui et sans qui je n'aurais jamais eu le courage d'aller jusqu'au bout. Rien de tout ça n'aura été possible sans ton soutien, ta patience, ta compréhension et ton amour. Cette aventure incroyable et insoupçonnée trouve son inspiration dans l'affection et l'estime, vraisemblablement sans limite, que tu me portes. Merci **Ali** d'avoir partagé mes doutes et mes fluctuations d'humeur. Wir sind ein Team...

À nos enfants, **Eloan** et **Malo**, qui liront peut-être cette thèse avec curiosité et tendresse dans quelques décennies. Vous êtes ma plus belle histoire d'amour. Chaque fois que je pose le regard sur vous, je sais pourquoi j'existe. Si un jour vous lisez ces mots, n'oubliez jamais que si vous pouvez le rêver, alors vous pouvez le faire...j'aurai bien réussi à faire une thèse en partant du fin fond d'une classe de primaire où seul le radiateur réchauffait mon cœur. Je vous aime mes p'tites crapules. Papa.

Il est fort à parier que j'ai pu oublier de mentionner quelques personnes. Si c'est le cas, je m'en excuse, cependant la lecture de cette thèse devrait, j'espère, vous permettre de déterminer s'il s'agit d'un oubli rétrospectif ou d'un oubli prospectif...

---

# Influence des capacités de régulation cognitive sur la mémoire prospective

## Résumé

La mémoire prospective est un construit complexe, et peut être considérée comme l'articulation de différents processus cognitifs distincts plutôt que comme un type de mémoire à part entière. Des théories du fonctionnement de la mémoire prospective ont été développées pour décrire les mécanismes déployés permettant le rappel d'une intention au bon moment. Elles sont variées et reflètent la diversité des situations et des individus. Leur complexité fait écho, d'une part, à la richesse des stratégies que nous déployons, et d'autre part, à notre perpétuelle adaptation. Ces théories sont fondées sur l'engagement de deux types de processus : les processus automatiques, qui se produisent spontanément, et les processus stratégiques de contrôle, qui se manifestent lors du suivi attentionnel conscient de l'environnement et de la recherche stratégique en mémoire de l'intention. Entre un système de contrôle basique, limité dans les types de choses qu'il peut contrôler, et des processus de contrôle implicites plus sophistiqués, la méta-conscience agit comme un chef d'orchestre, qui surveille en permanence nos processus cognitifs et les corrige si nécessaire.

Dans ce contexte, l'objectif de cette thèse est de dessiner les contours des états de conscience à l'origine des modifications de nos états cognitifs et comment la régulation volontaire de ces différents états pourrait faciliter la mémoire prospective. L'intérêt des travaux présentés dans cette thèse est double : 1) sur le plan théorique, étudier l'impact de la régulation cognitive sur la mémoire prospective *via* l'étude des différents processus métacognitifs sous-jacents tels que la *mindfulness*, le *mind wandering*, 2) sur le plan méthodologique, employer une approche multimodale, permettant d'étendre et de compléter la littérature *via* différentes méthodes telles que la réalité virtuelle ou l'échantillonnage de l'expérience en contexte naturaliste.

Globalement, la présente thèse suggère que 1) sur le plan théorique, la réalisation d'un objectif déterminé serait sous-tendue par un système métacognitif général. Ainsi, le contrôle actif, la régulation et l'orchestration de ses propres processus cognitifs pourrait jouer un rôle dans le maintien de l'intégrité fonctionnelle de la mémoire prospective, 2) sur le plan méthodologique, la réalité virtuelle offre un équilibre indéniablement positif entre écologie et contrôle expérimental. La recherche sur la mémoire prospective ne saurait se priver de l'une ou de l'autre dimension, chacune apportant sa singulière pierre à un édifice que l'on ne pourrait apprécier qu'en ayant une vision globale de son architecture.

En conclusion, cette thèse offre de nouvelles perspectives sur la relation entre méta-conscience et mémoire prospective, et plus précisément sur les liens entre différents états de conscience susceptibles de moduler la nature des processus recrutés dans la mémoire prospective. Le contrôle volontaire ainsi exercé sur nos activités mentales, conscientes ou inconscientes, pourrait constituer l'une des interventions cognitives les plus prometteuses dans le maintien de l'intégrité fonctionnelle de la mémoire prospective.

Mots clefs: Mémoire prospective, Mindfulness, Mind wandering



---

# Influence of regulation capacities on prospective memory

## Abstract

Prospective memory is a complex construct and can be considered as an articulation of different distinct cognitive processes rather than as a type of memory in its own right. Theories of prospective memory functioning have been developed to describe the mechanisms deployed to recall an intention at the right time. They are varied and reflect the diversity of situations and individuals. Their complexity echoes, on the one hand, the richness of the strategies that we deploy, and on the other hand, our perpetual adaptation. These theories are based on the involvement of two types of processes: automatic processes that occur spontaneously and strategic control processes, which occur during conscious attentional monitoring of the environment and strategic research in memory of the intention. Between a basic control system, limited in the types of things it can control, and more sophisticated implicit control processes, meta-consciousness acts as a conductor, constantly monitoring our cognitive processes and correcting them if necessary.

In this context, the objective of this thesis is to outline the consciousness states that cause changes in our cognitive states and how the voluntary regulation of these different states could facilitate prospective memory. The interest of the work presented in this thesis is twofold: 1) on the theoretical level, to study the impact of cognitive regulation on prospective memory via the study of different underlying metacognitive processes such as *mindfulness*, and *mind wandering*, 2) on the methodological level, to employ a multimodal approach, allowing to extend and complete the literature via different methods such as virtual reality or sampling of experience in a naturalistic context.

Overall, this thesis suggests that 1) at the theoretical level, the achievement of a given goal would be underpinned by a general metacognitive system. Thus, the active control, regulation and orchestration of one's own cognitive processes could play a role in maintaining the functional integrity of prospective memory, 2) methodologically, virtual reality offers an undeniably positive balance between ecology and experimental control. Research on prospective memory cannot resolutely deprive itself of the use of one or the other dimension, each one bringing its singular stone to an edifice that can only be appreciated by having a global vision of its architecture.

In conclusion, this thesis offers new perspectives on the relationship between meta-consciousness and prospective memory, and more precisely the links between different states of consciousness likely to modulate the nature of the processes recruited in prospective memory. The voluntary control thus exerted on our mental activities, whether conscious or unconscious, could constitute one of the most promising cognitive interventions in maintaining the functional integrity of prospective memory.

Keywords: Prospective memory, Mindfulness, Mind wandering



---

# Tables des matières

REMERCIEMENTS .....	3
INFLUENCE DES CAPACITES DE REGULATION COGNITIVE SUR LA MEMOIRE PROSPECTIVE .....	7
RESUME .....	7
INFLUENCE OF REGULATION CAPACITIES ON PROSPECTIVE MEMORY.....	8
ABSTRACT .....	8
TABLES DES MATIERES .....	10
TABLE DES FIGURES .....	14
ACRONYME .....	15
CONTEXTE DE LA THESE .....	17
1.1. INTRODUCTION .....	18
1.2. QUESTIONS DE RECHERCHES ET APPROCHES.....	22
1.3. PUBLICATIONS ET DISSEMINATIONS.....	26
LA MEMOIRE PROSPECTIVE.....	30
2.1. QU'EST-CE QUE LA MEMOIRE PROSPECTIVE ?.....	31
2.1.1. DEFINITION : SE SOUVENIR DU FUTUR.....	32

2.1.2.	COMPOSANTES RETROSPECTIVE ET PROSPECTIVE : ORIENTATION TEMPORELLE DE LA MP .....	32
2.2.	LA MEMOIRE PROSPECTIVE, ETAPE PAR ETAPE.....	34
2.2.1.	FORMATION DE L'INTENTION .....	37
2.2.2.	MAINTIEN DE L'INTENTION.....	39
2.2.2.1.	DUREE ET CONTENU DE L'INTERVALLE DE RETENTION.....	39
2.2.3.	RECUPERATION ET EXECUTION DE L'INTENTION.....	43
2.2.3.1.	TACHE DE MEMOIRE PROSPECTIVE : <i>EVENT-BASED</i> ET <i>TIME-BASED</i> .....	43
2.2.4.	VERIFICATION ET DESACTIVATION DE L'INTENTION .....	44
2.2.4.1.	OUTPUT MONITORING.....	45
2.2.4.2.	DESACTIVATION DE L'INTENTION.....	45
2.3.	THEORIES DOMINANTES DE LA MEMOIRE PROSPECTIVE.....	46
2.3.1.	LA THEORIE MULTIPROCESSUS (TPM) .....	47
2.3.1.1.	CARACTERISTIQUE DE L'INDICE .....	49
2.3.1.1.1.	SAILLANCE .....	49
2.3.1.1.2.	ASSOCIATION ENTRE L'INDICE PROSPECTIF ET L'ACTION PLANIFIEE .....	50
2.3.1.1.3.	FOCALITE.....	50
2.3.1.1.4.	IMPORTANCE DE L'INTENTION.....	53
2.3.1.2.	CARACTERISTIQUE DE LA TACHE .....	55
2.3.1.2.1.	CHARGE COGNITIVE DE LA TACHE EN COURS .....	55
2.3.1.2.2.	DUREE DE L'INTERVALLE DE RETENTION.....	55
2.3.1.3.	LES DIFFERENCES INTRA- ET INTER-INDIVIDUELLES.....	56
2.3.2.	LA THEORIE DYNAMIQUE DES PROCESSUS MULTIPLES .....	58
2.3.2.1.	LA VARIABILITE CONTEXTUELLE .....	60
2.3.2.2.	DIFFERENCES INDIVIDUELLES .....	61
	<b>RÉGULATION COGNITIVE .....</b>	<b>64</b>
3.1.	INTRODUCTION .....	65
3.2.	<i>MIND WANDERING</i> : À QUOI PENSONS-NOUS QUAND ON PENSE ? .....	69
3.3.	<i>MINDFULNESS</i> : CONSCIENCE PLEINE OU PLEINE CONSCIENCE ? .....	74
3.4.	EFFET DIFFERENCIE DU <i>MIND WANDERING</i> ET DE LA <i>MINDFULNESS</i> SUR LA COGNITION ..	82
3.4.1.	MODULATION ATTENTIONNELLE .....	83
3.4.1.1.	<i>MINDFULNESS</i> .....	84
3.4.1.2.	<i>MIND WANDERING</i> .....	87
3.4.2.	FONCTIONS EXECUTIVES.....	89

---

3.4.2.1. <i>MINDFULNESS</i> .....	90
3.4.2.2. <i>MIND WANDERING</i> .....	91
3.4.3. MEMOIRE RETROSPECTIVE OU EPISODIQUE.....	94
3.4.3.1. <i>MINDFULNESS</i> .....	94
3.4.3.2. <i>MIND WANDERING</i> .....	95
3.4.4. META-CONSCIENCE .....	98
3.4.4.1. <i>MINDFULNESS</i> .....	98
3.4.4.2. <i>MIND WANDERING</i> .....	100

**METHODE ET OUTILS .....106**

4.1. L’UTILITE D’UNE APPROCHE MULTIMETHODE A L’ETUDE DE LA MEMOIRE PROSPECTIVE .....	108
4.2. LES INDUCTIONS COURTES DE <i>MINDFULNESS</i> .....	111
4.3. LES MESURES DE MW .....	114

**EFFET D’UNE COURTE INDUCTION DE PLEINE CONSCIENCE SUR LA MEMOIRE PROSPECTIVE : ETUDE EN REALITE VIRTUELLE ..... 116**

5.1. ÉTUDE 1 : INTRODUCTION .....	117
5.2. ARTICLE 1: “THE IMPACT OF STATE AND DISPOSITIONAL <i>MINDFULNESS</i> ON PROSPECTIVE MEMORY: A VIRTUAL REALITY STUDY” .....	119
5.3. ARTICLE 1 : CONCLUSIONS, ANALYSES SUPPLEMENTAIRES & PERSPECTIVES.....	120

**PREVALENCE QUOTIDIENNE, ORIGINE ET CONTENU DU *MIND WANDERING* ET LEUR INFLUENCE SUR LA MEMOIRE PROSPECTIVE .....125**

6.1. ARTICLE 2 : INTRODUCTION.....	126
6.2. ÉTUDE 2: WHERE IS MY MIND? THE LINK BETWEEN <i>MIND WANDERING</i> AND PROSPECTIVE MEMORY .....	128
6.3. ÉTUDE 2 : CONCLUSIONS, ANALYSES SUPPLEMENTAIRES & PERSPECTIVES .....	129

**ÉTUDE DU ROLE CAUSAL DU *MIND WANDERING* SUR LA MEMOIRE PROSPECTIVE EN REALITE VIRTUELLE IMMERSIVE .....133**

7.1. ÉTUDE 3: INTRODUCTION .....	134
----------------------------------	-----

---

7.2.	ÉTUDE 3: BACK TO THE FUTURE: THE TIME TRAVEL OF PROSPECTIVE MEMORY INTENTIONS WHEN THE MIND WANDERS.....	137
7.3.	ÉTUDE 3: CONCLUSIONS, ANALYSES SUPPLEMENTAIRES & PERSPECTIVES.....	138
	<b>EFFET DIFFERENCIE DE DEUX STYLES DE <i>MINDFULNESS</i> SUR LA MEMOIRE PROSPECTIVE .....</b>	<b>141</b>
8.1.	ÉTUDE 4: INTRODUCTION .....	142
8.2.	ÉTUDE 4: FOCUSED ATTENTION AND OPEN MONITORING: DO ALL THE <i>MINDFULNESS</i> ’ PATHS LEAD TO PROSPECTIVE MEMORY ? .....	144
8.3.	ARTICLE 4: CONCLUSIONS, ANALYSES SUPPLEMENTAIRES & PERSPECTIVES .....	145
	<b>DISCUSSION ET REFLEXIONS.....</b>	<b>148</b>
9.1.	SYNTHÈSE DES RÉSULTATS .....	149
9.2.	LA <i>MINDFULNESS</i> AU QUOTIDIEN ET COMME OUTILS DE REMEDIATION .....	157
9.3.	ORIENTATION ET INTENTIONNALITE DU <i>MIND WANDERING</i> .....	163
9.4.	LA CONSCIENCE INTEROCEPTIVE FAÇONNE L’EXPERIENCE DU TEMPS.....	164
9.5.	CONCLUSION .....	166
	<b>BILIOGRAPHIE .....</b>	<b>169</b>

---

## Table des figures

**Figure 1.** Modèle processuel du fonctionnement de la MP. (Adapté de Kliegel et al., 2002).

**Figure 2.** Représentation de l'implication de la mémoire de travail en fonction du type de tâche, figure issue de Graf & Utzl (2001)

**Figure 3.** Les composantes essentielles de la méditation, selon (Tang et al., 2015)

**Figure 4.** Composant essentiel des modèles de prise de décision, selon (Hommel & Colzato, 2017b)

**Figure 5.** Caractéristiques des différents types d'épreuves de mémoire prospective en milieu naturel, en laboratoire et en réalité virtuelle. Adapté de Lecouvey et al. (2012).

---

## Acronyme

**EFT** : Pensée épisodique future

**ESM** : Méthode d'échantillonnage de l'expérience (Experience Method Sampling)

**FE** : Fonctions exécutives

**MP** : Mémoire prospective

**MW** : *Mind wandering*

**TDM** : Théorie des processus multiples

**TDPM** : Théorie dynamique des processus multiples



---

# **PREMIÈRE PARTIE**

Introduction Générale

## Contexte de la thèse

Ce manuscrit de thèse est organisé en quatre parties, la présente introduction en constitue la **première partie**. La **deuxième partie** est consacrée à la définition des concepts clés et permet de poser les jalons théoriques et scientifiques de ce travail. Le Chapitre 2 est ainsi centré autour de la mémoire prospective (MP). Nous nous intéressons notamment aux différentes étapes qui la constituent : la planification de l'intention, son stockage, son déclenchement et son exécution. Nous abordons plus particulièrement certains modèles théoriques décrivant les processus cognitifs impliqués dans les différentes étapes de la MP qui sont potentiellement sensibles aux mécanismes de régulation fonctionnelle. Le Chapitre 3 s'applique ensuite à définir la *mindfulness* (MF) et le *mind wandering* (MW), deux construits intrinsèquement liés qui impliquent des mécanismes de régulation des processus cognitifs sous-tendant la MP. La **troisième partie** traite des travaux expérimentaux réalisés dans le cadre de cette thèse. Après avoir décrit la méthodologie générale dans le Chapitre 4, nous nous employons, par le biais de quatre chapitres expérimentaux, à comprendre les liens entre régulation cognitive et MP. Enfin, la **quatrième et dernière partie** de cette thèse sera consacrée à une discussion générale des résultats observés. Le Chapitre 9 rappellera les objectifs de la thèse, ainsi que les principaux résultats obtenus, et s'achèvera par les perspectives théoriques.

---

## 1.1.Introduction

La mémoire est fascinante et mystérieuse. Si son étude scientifique date de plus d'un siècle, depuis l'Antiquité, l'homme n'a cessé de chercher à pénétrer ses secrets allant jusqu'à l'ériger en objet de culte et à la faire apparaître sous la forme d'une puissance sacrée. Phénomène biologique, psychologique et humain des plus intrigants, considérée aujourd'hui pour beaucoup comme la pierre de Rosette du 3<sup>ème</sup> millénaire (Nicolas, 2016), les recherches sur la mémoire menées durant des décennies pour étudier sa structure et son fonctionnement ont été légions et ont permis de réaliser des avancées considérables, sur les plans expérimentaux et théoriques. Longtemps considérée comme **appartenant au passé**, la mémoire lève peu à peu le voile sur son implication dans les comportements dirigés vers le futur, ce qu'Hésiode dans ses poèmes sur Mnémosyne (la déesse de la mémoire) semblait avoir déjà compris : « elle sait et elle chante tout ce qui a été, tout ce qui est et même tout ce qui sera ». L'intérêt scientifique pour le voyage mental dans le temps a davantage été consacré à la compréhension des systèmes de mémoire épisodique et à la manière dont ils nous permettent de revivre des événements passés, qu'aux pensées épisodiques orientées vers l'avenir. Plus récemment, cependant, certains théoriciens ont suggéré que la mémoire aurait été façonnée, peut-être sous l'effet de pressions évolutives, pour être **ournée vers l'avenir** (Klein, 2013 ; Tulving, 2005) - pour servir à **anticiper l'avenir et à le planifier**. Ce nouvel éclairage pourrait constituer un aspect essentiel de l'avenir de la mémoire.

Tout le monde, ou presque, a sa propre idée de ce qu'est la mémoire, l'imaginant souvent comme un grand tout, pouvant à la fois servir à nous rappeler la fin d'une chanson...ou à faire du vélo, une même malle où s'entasseraient tous nos souvenirs et nos savoirs. En revanche, ce que nous savons moins, c'est que notre système de mémoire épisodique pourrait être davantage utilisé pour **anticiper l'avenir et le planifier** que pour retrouver le passé *per se* (Klein, 2013). Cependant, si se souvenir du passé semble naturel, se souvenir du futur... semble plus compliqué ! C'est pourtant ce que nous faisons tous les jours. Aujourd'hui, nos existences sont bien remplies : nous avons des rendez-vous, des factures à payer à temps, des médicaments à prendre et tout un tas d'autres activités sociales ou professionnelles à faire, si bien que nous manquons très souvent de temps pour accomplir toutes ces tâches. Nous devons donc nous organiser pour **reporter** certaines de **ces activités à plus tard**, mais cela soulève un paradoxe : **comment se souvenir d'une activité qui n'a pas encore eu lieu ?** Cette capacité à planifier dans le temps constitue l'une des composantes majeures de qu'on appelle la **mémoire**

---

**prospective** (MP), une forme assez singulière de mémoire nous permettant de formuler et de mémoriser un plan d'actions qui s'insère dans toutes les activités de notre vie quotidienne pour s'y réaliser. Cependant, de manière inéluctable, le tumulte de ces activités quotidiennes en cours peut retenir notre attention et nuire à la réalisation de nos intentions différées. Contrairement à ce que l'on pourrait penser, ce sont les **oublis de la MP** qui, quotidiennement, sont les **plus nombreux** et qui, au « mieux », constituent une **gêne sociale relative** ou, « au pire », **entravent l'autonomie** de la personne. Selon Dismukes et al (2012), l'oubli d'une action planifiée serait même la principale cause des erreurs humaines dans la vie quotidienne, qu'il s'agisse d'erreurs mineures comme oublier d'acheter un article à l'épicerie pour préparer le repas du soir ou d'erreurs plus graves telles que de se rendre compte, pour un pilote, après le déclenchement de l'alarme du système d'avertissement, qu'il a oublié de régler les volets pour le décollage. La distraction, la surcharge mentale ou encore le fait d'être absorbé dans une autre activité seraient les causes principales du dysfonctionnement de la MP (Rouleau et al., 2016). Intuitivement, il va donc de soi que la MP est un **aspect important de la vie quotidienne** si l'on considère les nombreux défis prospectifs auxquels nous sommes confrontés chaque jour. En plus des douzaines de tâches de MP régulières que la plupart d'entre nous accomplissons avec succès (se souvenir d'acheter du pain, de prendre ses médicaments ou de préparer les vêtements des enfants la veille), nous devons également nous souvenir d'une foule d'actions moins fréquentes, comme se rappeler de faire des courses, de prendre un parapluie un jour de pluie ou d'acheter un cadeau d'anniversaire. De la planification à l'exécution de toutes ces intentions, la MP repose sur l'**articulation subtile de différents processus cognitifs et attentionnels** (Gonneaud et al., 2011; Martin et al., 2003; Rose et al., 2015; Schnitzspahn et al., 2013; Smith, 2003), faisant d'elle un construit complexe plutôt qu'un type de mémoire à part entière. La MP pourrait **tirer parti de certaines interventions cognitives**, ou traits comportementaux, modulant les processus **attentionnels et exécutifs** qui la sous-tendent (Lutz et al., 2008; Tang et al., 2015).

Plébiscitée par la presse grand public pour ses bienfaits thérapeutiques, la **méditation de pleine conscience** (*mindfulness*) ne cesse d'attirer de nouveaux adeptes. L'intérêt pour la *mindfulness* s'est notamment considérablement développé ces deux dernières décennies, notamment dans le champ de la psychologie clinique et cognitive, pour ses effets neurocognitifs. Chez les personnes âgées, il a ainsi été démontré que la méditation favorisait une réorganisation neuronale tant au niveau structurel que fonctionnel (Cotier et al., 2017). Considérée sous l'angle de la psychologie contemporaine comme un **ensemble de stratégies**

---

**de contrôle émotionnel et attentionnel**, la *mindfulness* permet de préserver un certain bien-être et de réduire la détresse émotionnelle ainsi que les comportements inadaptés (Tang et al., 2015). La *mindfulness* est la **capacité humaine** fondamentale à être **pleinement présent**, conscient d'où nous sommes et de ce que nous faisons, et à ne pas être trop réactif ou ni submergé par ce qui se passe autour de nous (Kabat-Zinn, 1994). Fondamentalement, la *mindfulness* consiste dans le **contrôle de l'attention** (Lutz et al., 2008) et peut -être distinguée entre les méditations attention focalisée (AF) où il faut tenter de maintenir une attention soutenue sur un objet particulier (souvent sa respiration), et les méditations attention ouverte (AO), où il faut tenter d'intégrer le plus de perceptions possibles dans son champ de conscience (Lutz et al., 2008). Ces différentes pratiques impliquent avant toutes choses des processus de **régulation attentionnelle**. Au-delà de l'attention, la pratique de la *mindfulness* a également été montrée comme ayant un **effet positif sur les fonctions exécutives** (Mrazek et al., 2012), en particulier sur l'inhibition (Gallant, 2016). Enfin, si la *mindfulness* peut être développé via certaines formes de méditation (Shapiro et al., 2006), elle est également considérée comme un trait de personnalité présent en chacun à des niveaux variables. Selon Tang et al. (2015), cette **prédisposition à la *mindfulness***, appelée ***mindfulness* dispositionnelle**, pourrait influencer la manière dont les personnes pratiquent et tirent bénéfice de la méditation. Conceptualisée comme un ensemble d'interactions complexes entre différentes fonctions mnésiques, attentionnelles et exécutives, nous supposons donc que la **MP** et la *mindfulness* sont **deux capacités interdépendantes**, étant donné qu'elles seraient sous-tendues par certains processus communs. Alors que la plupart des études soulignent les impacts positifs de la *mindfulness*, trait et état, sur les processus attentionnels et exécutifs, et par extension sur la mémoire (Levi & Rosenstreich, 2019), aucune étude ne s'est réellement intéressée aux effets potentiels de la *mindfulness* sur l'effectivité de la MP.

Généralement considéré comme antithétique à la *mindfulness* (Arch & Craske, 2006; Garland et al., 2015), le **vagabondage de l'esprit** (ou *mind wandering* – MW), se caractérisant par l'apparition de pensées sans rapport avec la tâche et indépendantes du stimulus (Stawarczyk, 2018), pourrait avoir des **répercussions positives** sur les performances **en MP**. En effet, son rôle perturbateur, bien établi (Blondé et al., 2022; Mooneyham & Schooler, 2013), sur les performances exécutives et mnésiques semblerait plus nuancé, compte tenu également de son implication dans la projection vers le futur (Cole & Kvavilashvili, 2019; Kvavilashvili & Rummel, 2020). L'**opposition entre ces états cognitifs** serait en fin de compte moins évidente que ce qu'il n'y paraît et pourraient offrir de **nombreux avantages communs**, notamment en

---

**ce qui concerne la MP.** Le MW est une caractéristique courante de l'expérience humaine, occupant **environ 30 à 45% de nos activités mentales quotidiennes** (Killingsworth & Gilbert, 2010). N'avez-vous jamais vécu cette situation où, au cours d'une réunion, vous réalisez que vous n'aviez pas retenu un mot de ce qu'a dit votre collègue parce que vous pensiez à votre liste de courses ? Ou bien, lorsqu'au cours de la lecture d'une introduction de thèse, vous vous apercevez tout d'un coup que vous lisez le même paragraphe depuis environ 4 minutes ? William James (1890) reconnaissait déjà, il y a un siècle, le défi d'empêcher l'esprit de s'égarer, observant que « *l'accomplissement essentiel de la volonté [...] est de s'occuper d'un objet difficile et de le tenir fermement devant l'esprit* ». Malheureusement, cet irrépressible voyage intérieur **représente** souvent un **coût cognitif** considérable perturbant un large éventail d'**activités quotidiennes**. Mais alors à quoi cela peut-il bien nous servir et à quoi pensons-nous quand nous ne sommes pas ancrés dans l'ici et maintenant ? Si pour la plupart des conceptualisations, le MW est envisagée comme étant par définition délétère pour la cognition, son **impact positif sur certaines fonctions cognitives spécifiques** a été reconnu (créativité, projection vers le futur). Au cours de la décennie précédente, une distinction entre **deux types de MW**, l'un **spontané** et l'autre **volontaire**, a été proposée (Seli, Risko, & Smilek, 2016b). Le premier correspond à un passage involontaire d'une focalisation liée à la tâche à une focalisation non liée à la tâche et serait majoritairement orienté vers le passé, tandis que le second représente un choix conscient d'arrêter de prêter attention à la tâche en cours et serait orienté davantage vers une temporalité proche (aujourd'hui - demain). Contrairement au MW spontané, les **épisodes volontaires de MW** seraient même fortement **associés à la planification des activités futures** (Anderson & McDaniel, 2019; Kvavilashvili & Rummel, 2020; Seli et al., 2018). Les épisodes de MW orientés vers le futur impliqueraient le discours intérieur, permettant ainsi la représentation mentale des intentions future grâce à l'énonciation interne de l'action future associée pour mieux la planifier (Stawarczyk et al., 2013). Le **contenu passé du MW** pourrait lui aussi jouer un rôle dans l'**amélioration des performances de MP**. Certaines études tendent en effet à montrer que le MW pourrait contribuer à améliorer l'encodage de l'information (Maillet et al., 2017 ; Maillet & Schacter, 2016 ; Wammes et al., 2016), et même la consolidation en mémoire (Finnbogadóttir & Berntsen, 2013; Mills et al., 2018; Varma et al., 2019). Ceci peut s'expliquer par le fait que le rappel d'un souvenir entraîne sa réactualisation en mémoire et le ré-encodage de l'évènement, favorisant sa consolidation à long terme (Alberini & LeDoux, 2013 ; Nadel et al., 2012). Ainsi, lors d'une **phase de rétention** à la suite d'un encodage d'intentions prospectives, le MW permettrait une **consolidation du souvenir de ces intentions**, en les rappelant à l'esprit régulièrement (Mills et al., 2018). La nature de l'impact

---

du MW passé sur la MP est avant tout spéculatif, la littérature manquant de données empiriques à ce sujet. Le MW est également associée aux **pensées épisodiques futures** (*episodic future thinking* – **EFT**, capacité d’imaginer des événements personnels futurs). Ces pensées EFT sont un déterminant important de la performance de la MP (Schacter et al., 2008; Szpunar, 2010). La simulation mentale d’une action future envisagée renforce l’encodage du contenu de l’intention de MP pendant la phase de formation de l’intention (Brewer & Marsh, 2010; Schnitzspahn & Kliegel, 2009), ce qui augmente la probabilité que la tâche de MP soit menée à bien.

Au-delà donc de l’aspect primordial d’un bon fonctionnement des fonctions exécutives et des processus attentionnels pour une MP efficace, ce que vraisemblablement la *mindfulness* serait en mesure de faire, ce qui se passe pendant le **délai de rétention des intentions reste assez peu étudié**. Entre la formation d’une intention (dois acheter du pain) et le moment où elle doit être exécutée (en rentrant du travail), **l’intention est mise en veille pendant une période plus ou moins longue**. Pendant ce délai, si des activités en cours peuvent capter l’attention et interférer avec la détection des indices prospectifs (Logie et al., 2010), d’autres activités, plus mentales (le MW), pourrait servir à **renforcer la planification** de l’intention et **consolider son contenu**.

## 1.2. Questions de recherches et approches

Le premier axe de cette thèse est de contribuer, de manière théorique et expérimentale, à la compréhension des mécanismes de la **régulation cognitive** pouvant influencer les différentes étapes de la MP. Le **contrôle volontaire** exercé sur nos activités mentales, conscientes ou inconscientes, pourrait constituer l’une des interventions cognitives les plus prometteuses dans le maintien de l’intégrité fonctionnelle de la MP. Nous nous sommes ainsi concentrés sur deux **dimensions métacognitives** qui sont la *mindfulness* et le *mind wandering*. Le deuxième axe repose sur l’**approche méthodologique multi-méthode** employée, permettant d’étendre et de compléter la littérature *via* différentes méthodes telles que la **réalité virtuelle (RV)** ou l’échantillonnage de l’expérience (**Experience-sampling method – ESM**).

Ce travail de thèse s’articule autour de l’étude de deux construits opposés (*mindfulness*, MW), dans le cadre de la MP, et qui sont explorées à travers quatre études. Une première étude (**Étude 1, publiée**) mesure l’effet d’une courte induction de la pleine conscience sur la mémoire

---

prospective, comparativement à une induction courte de MW, considéré comme un état opposé à la *mindfulness* et classiquement utilisée comme condition contrôle dans les études investiguant les effets d'une courte induction de *mindfulness* sur la cognition (Dickenson et al., 2013; Garland et al., 2015; Rosenstreich & Ruderman, 2017; Wilson et al., 2015). Une deuxième étude (**Étude 4, en préparation**) porte également sur cette influence, cette fois-ci cependant, elle mesure l'effet différencié de deux styles de *mindfulness*, caractérisé par deux systèmes antagonistes (persistance – flexibilité) sur la MP. Ces deux études permettent d'étudier une première relation théorique correspondant à l'influence des pratiques méditatives, basée sur le contrôle attentionnel, sur la MP. Les deux autres études (**Étude 2 & 3, respectivement publiée et soumise**) explorent la seconde dimension et les liens qu'unissent le MW et la MP. L'**Étude 2** s'intéresse à la prévalence du MW au quotidien, la catégorisation de son contenu et l'influence que cela peut avoir sur la réalisation d'intentions prospectives. L'**étude 3** vise particulièrement à mettre en évidence le rôle causal du MW sur la mémoire prospective, en induisant volontairement chez les participants des épisodes de MW. Ces deux études permettent d'une part, d'approfondir le premier axe et, d'autre part, d'explorer le deuxième axe visant à diversifier l'approche méthodologique traditionnellement employée pour l'étude de ces deux composantes. La section suivante détaille nos différentes questions de recherche et situe notre position théorique pour chacune des études conduites dans la présente thèse.

***(QR1) Dans quelle mesure, la mindfulness, en tant que trait et état, agit-elle sur les mécanismes de la mémoire prospective ?***

L'objectif de l'**Étude 1** et **4** est de répondre à cette première question de recherche. L'**Étude 1** est la première à explorer les liens entre la pratique de méditation d'AF (*état*), la *mindfulness* dispositionnelle (*trait*) et la MP. Si de nombreuses recherches mettent en évidence les bienfaits de la méditation sur la cognition (Lutz et al., 2015; Tang et al., 2015), les bénéfices potentiels d'une telle pratique sur la MP demeurent très peu explorés à l'heure actuelle. Ainsi, ces deux recherches, détaillée dans le Chapitre 5 et 8, permettent principalement de répondre aux deux questions suivantes spécifiques :

*(q1a) Une induction de mindfulness après l'encodage des intentions améliore-t-elle les capacités de mémoire prospective ?*

*(q1b) La variabilité interindividuelle de mindfulness dispositionnelle, au-delà de toute pratique méditative, est-elle associée à des meilleures performances de MP ?*



---

*(q1c) Les deux styles de méditations que sont l'AF et l'AO influencent-elles de manière différenciée les capacités de MP ?*

Pour répondre à ces questions, nous avons mis en place un protocole inspiré de (Kiken & Shook, 2011, 2014) avec des inductions courtes, proposées juste après l'encodage des intentions et juste avant la tâche prospective afin d'entraîner un état induit de *mindfulness* (AF ou AO). Enfin, nous utilisons un questionnaire pour évaluer le trait de *mindfulness* dispositionnelle.

***(QR2) Quelles relations entretiennent le MW et la MP ?***

Afin d'explorer les influences potentielles du biais prospectif du MW (Kvavilashvili & Rummel, 2020; Stawarczyk et al., 2011) sur la MP, dans la vie quotidienne, nous avons mené deux études, l'une avec une méthode d'échantillonnage de l'expérience dans un contexte naturaliste (**Étude 2**), l'autre en manipulant la prévalence du MW en laboratoire (**Étude 3**). Très peu d'études ont testé directement le lien entre la propension au MW et MP. Ainsi, l'**Étude 2** et **3**, détaillées dans le Chapitre 6 et 7, permettent de répondre aux questions suivantes :

*(q2a) Le biais prospectif observé dans le MW est-il associé à une meilleure réalisation des intentions dans une tâche MP ?*

*(q2b) Existe-t-il une interaction entre le contenu (orientation temporelle) et le type (spontané ou volontaire) du MW ? Ces deux caractéristiques prédisent-elles l'exécution des intentions prospectives ?*

*(q2c) Le MW exerce-t-il une influence, notamment lorsque celui-ci est vécu durant le délai entre l'encodage des intentions et la réalisation des tâches de mémoire prospective ?*

Pour répondre à ces questions de recherche, nous avons décidé de mener deux études. La première (**Étude 2**) a été menée dans un contexte naturaliste, pendant la pandémie de la Covid-19 lorsque les restrictions d'accès des visiteurs extérieurs à l'Institut de Psychologie, lors du déconfinement, ne permettaient pas la mise en place d'expériences en laboratoire. Dans ce cas précis, la méthode la plus fiable pour enquêter sur le terrain est l'échantillonnage des expériences de pensées (Anderson & McDaniel, 2019; Killingsworth & Gilbert, 2010; Warden et al., 2019), qui consiste à interroger par SMS les individus sur leurs activités quotidiennes et leurs pensées, à l'instant même où ils sont contactés, le tout à des moments aléatoires de la journée. C'est ainsi que, dans l'**Étude 2**, nous mesurons, par sondes de pensées envoyées par

---

téléphone, la relation entre ce que font les individus et ce à quoi ils pensent en le faisant, ainsi que la fréquence de leurs pensées davantage, selon qu'elles soient orientées vers le passé ou le futur, délibérées ou spontanées, et si ces fréquences sont liées à la réalisation d'une intention prospective. Cette étude repose sur le constat d'un biais prospectif en MW, suggérant que le contenu des épisodes de MW serait davantage orienté vers le futur plutôt que vers le passé (Baumeister et al., 2020 ; Song and Wang, 2012 ; Warden et al. 2018) et tourné vers la réalisation d'objectifs concrets proches dans le temps (Baird et al., 2011 ; Kvavilashvili & Rummel, 2020 ; Stawarczyk et al., 2011). Dans la seconde étude (**Étude 3**), menée après l'abrogation de toutes les restrictions sanitaires, nous manipulons expérimentalement la fréquence de MW (fréquence élevée ou réduite) pendant la phase de rétention d'intentions prospective, juste après leur encodage. Par ailleurs, la tâche de MP est intégrée dans protocole complexe et écologique en réalité virtuelle (RV), spécialement créé pour l'occasion.

En résumé, l'objectif de cette thèse est double puisqu'il s'agit à la fois de participer à une meilleure compréhension du fonctionnement de la MP, et d'également d'étudier l'impact des mécanismes d'auto-régulation cognitive sur la MP. À travers deux axes, l'un théorique et l'autre méthodologique, nous examinons de façon expérimentale et multimodale les influences de deux états de conscience opposés sur la MP. Les problématiques examinées et les données récoltées nous permettent de proposer un regard nouveau sur les mécanismes de méta-contrôle, selon les étapes de planification, de stockage et de rappel des intentions prospectives. Les résultats présentés dans cette thèse pourraient apporter un nouvel éclairage sur la mise en œuvre de stratégies de prévention et d'intervention appropriées, tant chez les personnes âgées que chez les personnes souffrant de pathologies affectant la MP. Ce point sera d'ailleurs discuté en ouverture.

---

### 1.3. Publications et disséminations

Cette thèse a donné lieu à plusieurs publications nationales et internationales, ainsi qu'à des communications orales et affichées dans le cadre de congrès nationaux et internationaux.

#### Articles dans des revues à comité de lecture (ACL)

*Les études présentées dans la thèse sont marquées d'un \**

- **\*Girardeau, J.C.**, Sperduti, M., Blondé, P., & Piolino, P. (2022). Where is my mind...? The link between *mind wandering* and prospective memory. *Brain Sci.* 12 (9), 1139.
- Blondé, P., **Girardeau, J.C.**, Sperduti, M., & Piolino, P. (2022). Avoir l'esprit vagabond : un signe de vieillissement ? *Geriatr Psychol Neuropsychiatr Vieil*, 20(2) : 234-47.
- Blondé, P., **Girardeau, J.C.**, Sperduti, M., & Piolino, P. (2021). A wandering mind is a forgetful mind: A systematic review on the influence of *mind wandering* on episodic memory encoding. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 132, 774–792.
- **\*Girardeau, J.C.**, Blondé, P., Makowski, D., Abram, M., Piolino, P., & Sperduti, M. (2020). The impact of state and dispositional *mindfulness* on prospective memory: a virtual reality study. *Consciousness and cognition*, 81, 102920.

#### Article soumis

- **\*Girardeau, J.C.**, Ledru, R., Gaston-Bellegarde, A., Blondé, P., Sperduti, M., & Piolino, P. (2022, *submitted*). Back to the future: the time travel of prospective memory intentions when the mind wanders. XXXX.

#### Article en préparation

- **\*Girardeau, J.C.**, Blondé, P., Piolino, P. & Sperduti, M. (2022, *In prep*). Focused Attention and Open Monitoring: do all the *mindfulness*' paths lead to prospective memory? XXXX.

#### Communications dans des colloques nationaux et internationaux avec acte de congrès

- **Girardeau, J.C.**, Sperduti, M., Blondé, P., & Piolino, P. (2022). Where is my mind...? The link between *mind wandering* and prospective memory. *European Society for cognitive Psychology (ESCoP)*. 31 Août 2022, Lille. [Communication affichée]
- **Girardeau, J.C.**, Blondé, P., Sperduti, M., & Piolino, P. (2021). Où est passé mon esprit ? *La recherche aux temps de la COVID : Défis et opportunités*. 29 octobre 2021, En ligne. [Communication orale]

- 
- **Girardeau, J.C.**, Sperduti, M., & Piolino, P. (2019). The Effect of a Short *Mindfulness* or Mind-wandering Induction on Prospective Memory: A Virtual Reality Study. *International Convention of Psychological Science (ICPS)*. 9 mars 2019, Paris. [Communication affichée]
  - **Girardeau, J.C.**, Sperduti, M., & Piolino, P. (2018). Effet d'une courte induction de *mindfulness* et de mind-wandering sur la mémoire prospective : une étude en réalité virtuelle. *Journée d'hiver de la Société de Neuropsychologie de Langue Française (SNLF)*. 7 décembre 2018, Paris. [Communication orale]
  - **Girardeau, J.C.**, Sperduti, M., & Piolino, P. (2018). Effet d'une courte induction de *mindfulness* et de mind-wandering sur la mémoire prospective : une étude en réalité virtuelle. *13<sup>ème</sup> Journée Scientifique des Jeunes Chercheurs en psychologie (JSJC)*. 23 novembre 2018, Lille. [Communication orale]

### Séminaire invité

- **Girardeau, J.C.**, Sperduti, M. & Piolino, P. (2020). Influence of cognitive regulation on prospective memory. *Séminaire de laboratoire. Cognitive Aging Lab, Department of Psychology, University of Geneva*. 5 mars 2020, Genève. [Communication orale]

---

## Points-clés du Chapitre

### *Questions de recherche :*

- **(RQ1)** *Dans quelle mesure, la mindfulness, en tant que trait et état, agit-elle sur les mécanismes de la mémoire prospective ?*
- **(RQ2)** *Quelle influence exerce le MW sur la mémoire prospective et, plus précisément, sur les étapes qui la constituent ?*
- **(RQ3)** *Quel est l'impact différencié de l'attention focalisée et de l'attention ouverte sur l'exécution des intentions prospectives ?*

### *Objectifs de la thèse :*

- Dessiner les contours des phénomènes de conscience à l'origine des modifications de nos états cognitifs et susceptible d'influencer la mémoire prospective
- Comprendre comment la régulation volontaire de ces différents états pourrait faciliter le rappel des intentions prospectives
- Identifier les étapes de la mémoire prospective qui pourraient tirer profit de cette régulation volontaire de nos états de conscience, et à quels états de conscience ces étapes seraient liées
- Combiner différentes approches méthodologiques afin d'apporter de nouveaux éclairages théoriques et développer les outils spécifiques pour chacune d'entre elles

---

# DEUXIÈME PARTIE

Contexte Théorique

## La mémoire prospective

*« Les pense-bêtes sont les porte-clefs de la mémoire. »*

*- Pierre Dac -*

---

## 2.1. Qu'est-ce que la mémoire prospective ?

Se souvenir de remettre à son collègue un document important avant de quitter son travail ; se rappeler de nourrir le chien ; prendre ses médicaments ; se souvenir d'effectuer des procédures de sécurité spécifiques pendant un vol quand on est pilote ; ou encore se souvenir de souhaiter un bon anniversaire à un ami, notre vie quotidienne et celle des autres dépendent souvent de notre capacité à accomplir avec succès un certain nombre de tâche. L'omniprésence de telles situations fournit un petit exemple de l'importance de la capacité de la mémoire prospective (MP) pour un fonctionnement normal (McDaniel & Einstein, 2007), et ce tout au long de la vie (Hering et al., 2018; Zuber & Kliegel, 2020). Pas étonnant qu'elle soit un indice de fiabilité pour l'entourage et qu'elle joue un rôle majeur dans les relations sociales, familiales et professionnelles (Dismukes, 2008), pouvant d'un instant à l'autre, nous amener à être perçu comme consciencieux et bien organisé, ou bien comme peu fiable et peu structuré. Selon certaines estimations, 50 à 80% des difficultés liés à la mémoire concernent la MP (Kliegel & Martin, 2003).

C'est au cours du congrès annuel de l'American Psychological Association, en 1975, que John A. Meacham, professeur émérite américain, introduisit le terme de « mémoire prospective » lors de la présentation d'une de ses études. Cependant, ce terme ne fit l'objet d'une grande attention qu'en 1982, lorsqu'Ulric Neisser, psychologue germano-américain et membre de l'Académie Nationale Américaine des Sciences, inclut cet article dans le volume de l'APA: "*Memory Observed: Remembering in Natural Contexts*" (Meacham, 1975; Meacham & Leiman, 1982). Auparavant, cet article et trois autres articles de Meacham n'avaient reçu qu'une attention très limitée (Meacham & Colombo, 1980; Meacham & Kushner, 1980; Meacham & Singer, 1977). Pourtant, Meacham avait déjà défini la MP comme un processus ayant des implications pour des actions à réaliser dans le futur et l'avait distinguée de la mémoire rétrospective, concernée uniquement par le rappel d'informations du passé. Meacham aura donc été le tout premier à introduire cette distinction, avec le terme de mémoire prospective.



---

### *2.1.1. Définition : Se souvenir du futur*

La capacité à former des intentions, à s'en souvenir et à les exécuter au bon moment est classiquement définie dans la littérature scientifique comme la mémoire des intentions ou encore, la MP (Einstein & McDaniel, 1990; Ellis, 1996). Quand on parle d'intentions, il faut bien distinguer celles qui ne reposent sur aucun plan prédéfini à l'avance (répondre à l'interphone) et celles qui résulte d'un dessein préalable de l'accomplissement d'un but (téléphoner à sa maman). C'est cette dernière qui caractérise la MP. Si la formation d'une intention oriente notre esprit vers l'accomplissement d'un but, son exécution peut être immédiate ou différée. Dans le second cas, la représentation de l'intention s'extrait temporairement de notre champ de conscience avant d'être récupérée au moment propice. Lorsqu'elle est différée, cela implique à la fois de garder en mémoire l'intention et sa récupération programmée. C'est en cela que la mémoire prospective a été désignée comme étant la mémoire des intentions différées (Loftus, 1971). Elle permet ainsi de programmer le rappel d'un souvenir sans requête explicite de la part d'une tierce-personne, ce rappel étant déclenché par des indices internes ou externes qui peuvent être sélectionnés au préalable par l'individu (McDaniel & Einstein, 2000). Autrement dit, la mémoire prospective consiste ni plus ni moins à « se souvenir de se souvenir », faisant de la MP une forme assez singulière de mémoire, essentielle au bon déroulement de certaines activités quotidiennes, les plus simples comme les plus complexes.

### *2.1.2. Composantes rétrospective et prospective : orientation temporelle de la MP*

Ce qui confère à la MP sa singularité est la mise en jeu d'interactions subtiles entre le présent, le passé et le futur, celles-ci permettant, de concert, le rappel programmé d'intentions. Cette double orientation passée/future complexifie indéniablement son fonctionnement et sa compréhension, menant les chercheurs vers une distinction indispensable. Cette distinction de deux composantes au sein de la MP est une des questions les plus anciennes et récurrentes de la recherche, et ce dès les premiers travaux (Einstein & McDaniel, 1990; Kvavilashvili, 1987). Cette distinction s'établit entre une composante prospective (se souvenir que l'on doit faire quelque chose) et une composante rétrospective (se souvenir de quoi et quand). Ainsi, nous formons une intention, telle que poster une lettre en allant au travail ou en y revenant, la vue

---

du bureau de poste (l'indice MP) déclenchera alors le retour à la conscience de l'existence d'une intention (« je devais faire quelque chose en sortant du travail » – *la composante prospective*). Le contenu de l'intention est alors (si tout va bien) récupéré afin de pouvoir exécuter l'action reliée (« poster une lettre », *la composante rétrospective*). C'est sur l'existence de cette composante prospective que se fonde la distinction entre la MP et la mémoire épisodique rétrospective. La composante prospective est soutenue par des processus exigeants en termes d'attention, étroitement liés au fonctionnement exécutif, qui servent à planifier l'intention, puis à surveiller l'environnement à la recherche d'indices prospectifs (Smith & Bayen, 2004), à inhiber l'exécution de l'activité en cours et enfin à déclencher l'intention prospective au moment approprié (Marsh et al., 2002; West, 2011). La composante rétrospective soutient, quant à elle, l'encodage et la récupération ultérieure de l'intention lorsqu'un stimulus cible est rencontré. Elle partage de nombreux processus avec la mémoire épisodique explicite, telle qu'elle est mesurée dans les tâches de reconnaissance et de rappel indicé (Einstein & McDaniel, 1996; Smith & Bayen, 2004; West & Krompinger, 2005).

Une distinction assez nette est faite entre le fait d'imaginer des événements futurs (pensée épisodique future – EFT) et de se souvenir de réaliser des intentions futures (MP). L'EFT est la capacité à se projeter dans le futur subjectif, à simuler mentalement des situations hypothétiques personnelles et donc à pré-expérimenter des événements futurs (Addis et al., 2008; Atance & O'Neill, 2001; Schacter et al., 2007). Une attention particulière a été accordée au rôle de la mémoire épisodique. Selon l'hypothèse de la simulation épisodique constructive, l'EFT repose fortement sur la récupération de détails épisodiques des souvenirs passés, ceux-ci fournissant des informations de base qui sont ensuite recombinaées de manière flexible pour construire de nouveaux scénarios futurs (Schacter et al., 2007, 2017; Schacter & Madore, 2016). L'existence d'un réseau neuronal central qui sous-tend à la fois la mémoire épisodique et l'EFT renforce l'idée que la mémoire épisodique et l'EFT sont étroitement liées (Schacter et al., 2012; Weiler et al., 2010). Des études neuropsychologiques ont aussi souligné la présence de déficits parallèles en mémoire épisodique et dans l'EFT, largement liés à des lésions du lobe temporal médian (Irish & Piolino, 2016). Néanmoins, l'EFT est un processus complexe qui nécessite la construction de scènes mentales et qui, en tant que tel, est susceptible de reposer sur de multiples processus cognitifs, notamment le contrôle exécutif (D'Argembeau et al., 2010), l'autoprojection (Buckner & Carroll, 2007) et la mémoire sémantique (Irish et al., 2012a; La

---

Corte et al., 2021). De nouvelles observations issues d'études expérimentales, neuropsychologiques et de neuroimagerie ont en effet mis en évidence le rôle de la mémoire sémantique dans la construction des pensées EFT (Irish & Piguet, 2013; La Corte & Piolino, 2016). En particulier, certaines études menées chez des patients atteints de démence sémantique (Duval et al., 2012; Irish et al., 2012a, 2012b) ont révélé une altération spécifique de l'EFT alors que la mémoire autobiographique épisodique était relativement préservée, suggérant ainsi le rôle pivot de la mémoire sémantique pour construire un scénario plausible d'un événement personnel dans le futur. L'EFT concerne aussi principalement des événements autobiographiques pertinents liés aux désirs, aux soi possibles et aux concepts de soi futurs (La Corte & Piolino, 2016; Markus & Nurius, 1986). En cela elle se distingue de la MP, qui elle, est spécifique aux activités pratiques de la vie quotidienne et n'est donc pas spécifiquement consacrée à l'ancrage de notre identité personnelle et de notre mémoire autobiographique. Cependant, ces deux fonctions cognitives sont liées. Dans une étude récente menée chez un patients atteints de démence sémantique (La Corte et al., 2021), il a été rapporté qu'à un stade précoce de la démence, la MP était partiellement altéré en fonction du lien sémantique impliqué entre les indices et les intentions, tandis que les capacités EFT étaient altérées en fonction de la distance temporelle. Ainsi, les déficits ne concernaient que la MP *event-based lié* et l'EFT lointaine. En revanche, les autres formes de MP ainsi que l'EFT proche et intermédiaire étaient entièrement préservées.

Enfin, l'EFT a été associée à la phase de formation de l'intention (Altgassen et al., 2015). En effet, si la formation d'une intention future ne nécessite pas de penser à cet événement futur d'une manière spécifique, imaginer quand, où et comment l'intention sera récupérée, et l'action réalisée, a un effet bénéfique de facilitation sur l'exécution de ces intentions (Hogan, Fleming, et al., 2021; Kliegel et al., 2000; Tulving & Szpunar, 2011).

## 2.2. La mémoire prospective, étape par étape

Si la mémoire prospective suit le même processus que la mémoire rétrospective, à savoir le cycle encodage de l'intention, son stockage et sa récupération, ici s'arrête la ressemblance. La mémoire prospective est une mémoire des intentions, elle ne stocke pas de souvenirs à proprement parlé (i.e., épisodiques) ni des connaissances, mais sert à programmer l'exécution d'une intention. Elle désigne notre capacité à nous souvenir d'exécuter des intentions différées

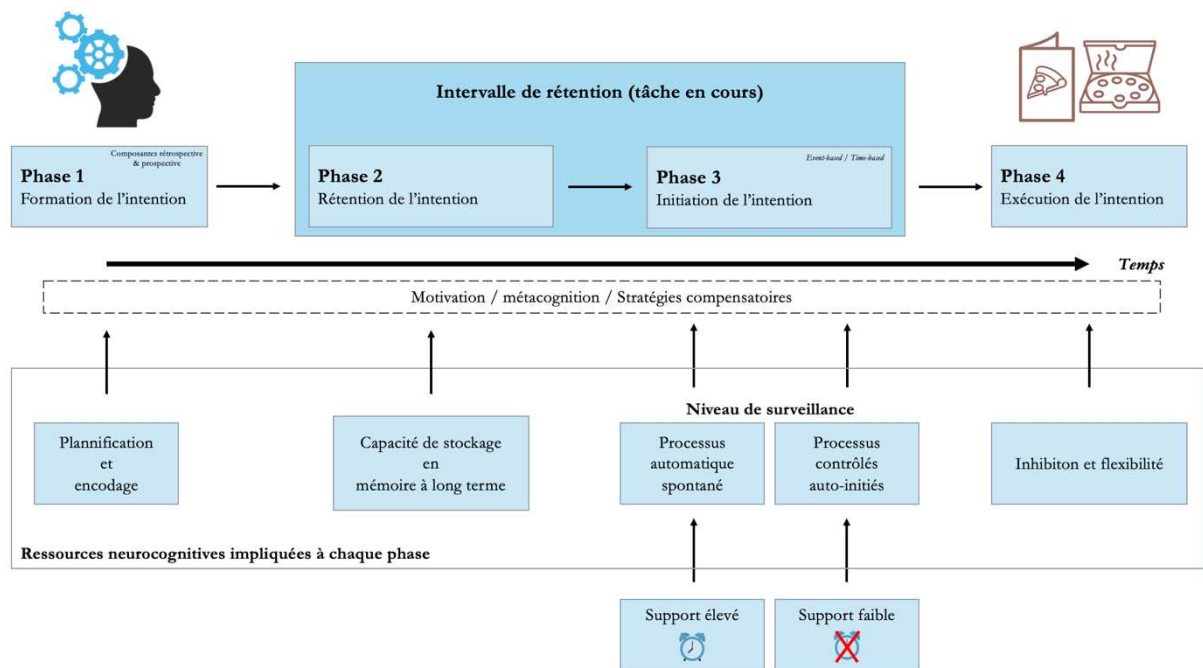
---

à un moment prédéfini dans le futur, soit en réponse à l'apparition d'un indice dans l'environnement, soit après qu'un certain temps se soit écoulé. Contrairement à la récupération en mémoire rétrospective, la récupération de la mémoire prospective doit être initiée alors que nous sommes occupés à une autre tâche. Il conviendra donc de se désengager de celle-ci, de réaliser l'action prospective, et de revenir à l'activité courante. Il ne s'agit donc pas simplement de l'encodage d'une intention et de sa récupération, mais de tout ensemble de processus et d'étapes par laquelle l'intention devra passer avant d'être réalisée, ou pas.

Une décomposition de la MP en quatre phases, reprenant notamment les étapes de la mémoire rétrospective a été proposé par Ellis (1996), et auxquelles s'ajoute également, dans certains modèles, une phase d'évaluation du résultat produit (Gonneaud et al., 2011). Kliegel et al. ont par la suite proposé un modèle de la MP décrivant les différents processus cognitifs associés à chacune des étapes de la MP (Kliegel et al., 2011; Kliegel et al., 2002; Kliegel et al., 2008). La première phase correspond à la formation et à l'encodage de l'intention et de l'action (« Je dois faire quelque chose à un moment donné ? » et « Prendre mon traitement ») ainsi que des indices contextuels qui permettront d'identifier le moment (« au lever et au coucher ») auquel l'action devra être réalisée. L'encodage de l'intention se déroule donc selon les deux composantes de la MP : une composante purement prospective (le fait de se souvenir de faire quelque chose plus tard) et une composante rétrospective (se souvenir de ce qui doit être fait, c'est-à-dire le contenu de l'intention mémorisée). Kliegel et son équipe ont montré que cette première étapes était liée aux capacités de planification (Kliegel et al., 2002; Martin & Kliegel, 2003), en témoigne les corrélations mises en évidence entre les performances obtenues à cette phase, à l'aide d'une tâche mesurant le niveau de complexité de l'intention formulée, et celles obtenues des tests de planification (Allport, 1997; Funke & Krüger, 1995). Pendant la phase de stockage (ou de rétention) qui correspond à l'intervalle de temps entre l'encodage de l'intention et le moment de l'exécution de l'action, l'intention est conservée en mémoire. Elle sort alors du champ de la conscience et n'est pas maintenue en mémoire de travail. Il ne s'agit pas, cependant, d'une période inactive pendant laquelle l'intention future est répétée sans cesse en mémoire (i.e., mémoire de travail). Au contraire, les individus sont généralement occupés à faire autre chose, que ce soit dans la vie quotidienne ou lors d'expériences en laboratoire. Cette phase de rétention impliquerait quant à elle des capacités de stockage d'informations rétrospectives, mesurées à l'aide d'une épreuve de rappel différé du contenu des intentions. La

---

troisième phase représente l'intervalle de performance ou intervalle de temps durant lequel il est opportun de réaliser l'action prévue. Cette phase d'initiation de l'action serait dépendante de l'efficacité des processus de surveillance attentionnelle (i.e., *monitoring*) et des capacités de flexibilité mentale, alors que la phase d'exécution de l'action serait davantage sous-tendue par la capacité d'inhiber des comportements prépotents en vue d'exécuter l'action initialement planifiée (Schnitzspahn et al., 2013). Cona et collaborateurs (Cona et al., 2015, 2016) ont précisé les réseaux neuronaux sous-jacents et les processus cognitifs impliqués dans leur modèle « *Attention to Delayed Intention* ». Ils y affirment qu'un réseau fronto-pariétal dorsal soutient les processus attentionnels et mnésiques top-down nécessaires à la surveillance de l'indice prospectif et pour garder l'intention active en mémoire de travail dès lors que la surveillance est activée, tandis qu'un réseau fronto-pariétal ventral (en plus de l'insula et du cortex cingulaire postérieur) est principalement impliqué dans la phase de récupération et soutient les processus attentionnels bottom-up (externe via l'indice prospectif et interne par la représentation mentale de l'indice et de l'action prévue). La quatrième est celle du rappel de l'intention (selon ses deux composantes), puis de l'initiation et de l'exécution de l'action. Pour que la tâche soit réussie, l'exécution doit se dérouler durant l'intervalle de performance. Enfin, une cinquième et dernière phase de « vérification/suppression » permet de s'assurer que l'action a été exécutée afin d'éviter qu'elle ne soit répétée ou de planifier une future tentative si l'intention a été oubliée (Kalpouzos et al., 2008 ; Gonneaud 2009). Le modèle multiphasique, proposé par Kliegel et al. présente l'intérêt supplémentaire de repenser l'impact de certaines variables au regard des interactions possibles entre les caractéristiques de la tâche d'une part, et les ressources cognitives disponibles par l'individu d'autre part (voir **Figure 1**).



**Figure 1.** Modèle processuel du fonctionnement de la MP. (Adapté de Kliegel et al., 2002).

### 2.2.1. Formation de l'intention

La formation et l'encodage des intentions sont liées aux compétences de planification d'intentions futures (« Je me souviendrai d'acheter de la nourriture pour mon chien lorsque je quitterai le travail ») (Kliegel et al., 2008) et aux capacités d'encodage de la mémoire (Addis et al., 2012; Poppenk et al., 2010).

Considérons tout d'abord les preuves de l'existence de processus d'encodage stratégiques descendants (*top-down*) (Kuhlmann, 2019). La stratégie d'encodage la plus étudiée pour l'exécution d'un objectif – l'implémentation des intentions - est une stratégie robuste et comportementale qui augmente la probabilité d'exécution de l'intention en demandant aux participants de générer des indices de récupération spécifiques (Gollwitzer, 1999). L'implémentation des intentions est même prometteuse pour les personnes au stade précoce de la maladie d'Alzheimer (Shelton et al., 2016). Bien que les mécanismes soutenant ces avantages fassent encore l'objet de débats (McDaniel & Scullin, 2010), une explication possible serait que l'implémentation stratégique des intentions renforcent l'association entre l'intention et l'indice de MP. L'implémentation stratégique des intentions reflète une stratégie top-down

---

utilisée pendant l'encodage qui renforce la probabilité d'une récupération ascendante (bottom-up) et spontanée lorsqu'on rencontre l'indice prospectif.

La littérature sur les stratégies d'encodage (l'implémentation des intentions), la littérature sur la planification et la littérature sur la pensée future épisodique (Kvavilashvili & Rummel, 2020) rapportent principalement que l'encodage dépend strictement de processus stratégiques élaboratifs. En effet, le principe fondamental à l'origine du développement de la stratégie de l'implémentation des intentions était l'idée que lorsque les individus ne considèrent un objectif que de manière générale et transitoire, il est probable qu'il ne soit pas atteint (Gollwitzer, 1999). De nouvelles données expérimentales indiquent cependant que l'encodage des intentions pourrait parfois être implicite, spontané ou superficiel (Scullin et al., 2018). Imaginons la situation suivante, vous êtes sur le point d'entrer dans la salle où va se tenir une soutenance de thèse, vous éteignez alors votre mobile, probablement sans consciemment penser à « quand la soutenance sera terminée, je me souviendrai de rallumer mon téléphone ». Néanmoins, à la fin de la soutenance, vous vous souviendrez d'allumer votre téléphone sans même y avoir été invité. Kvavilashvili et al. (2013) ont empiriquement pu observer de tels encodages implicites en demandant aux participants de retirer leur montre au début de l'expérience. Ils ont alors constaté qu'environ la moitié des participants s'était souvenu d'avoir remis leur montre à la fin de l'expérience (plus précisément à la fin de la tâche). Des études en milieu naturel et en laboratoire ont révélé que 20 à 25 % des intentions sont formées sans spécifiquement penser à la tâche de MP (Holbrook & Dismukes, 2009; Scullin et al., 2018).

Bien que certaines intentions nécessitent principalement des processus top-down (planification extensive, Kliegel et al., 2000) alors que d'autres requièrent simplement des processus bottom-up (allumer le téléphone après la soutenance), la théorie dynamique des processus multiples (TDPM, présentée dans la section 2.3.2, Scullin et al., 2013) prédit que les processus bottom-up et top-down agissent de concert lors de la formation de la plupart des intentions. Dans cette perspective, la formation de l'intention peut être consciente, comme lorsqu'un expérimentateur demande aux participants d'énoncer verbalement l'indice et l'action associée, mais les sous-composantes de l'intention se produisent de manière spontanée. Par exemple, si certains participants peuvent élaborer consciemment l'intention de répondre aux éléments cibles « animaux » en générant des exemplaires spécifiques (chien), des études de laboratoire suggèrent que ces exemples sont générés selon des mécanismes d'activation de

---

propagation automatique qui sont activés de manière bottom-up (Scullin et al., 2018). La façon dont les processus bottom-up de formation des intentions affectent les processus de rétention, de récupération et de désactivation en aval reste à tester.

### *2.2.2. Maintien de l'intention*

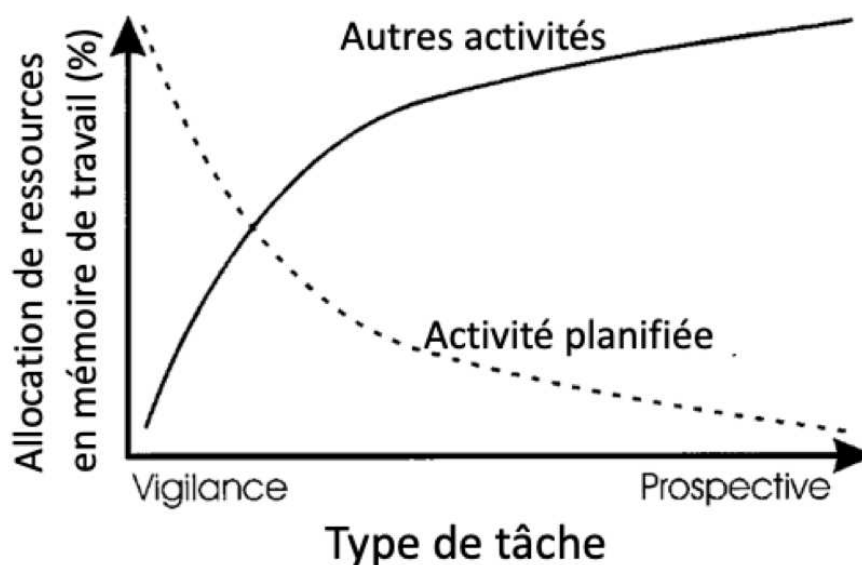
Après avoir été encodée, l'intention est maintenue en mémoire pendant une durée plus ou moins longue. Ce délai peut varier de quelques jours à quelques semaines, voire plusieurs mois dans un contexte de vie quotidienne. Toutefois, la plupart des épreuves de MP réalisées en laboratoire proposent des délais dont la durée n'excède pas quelques minutes. Selon Ellis et Kvavilashvili (2000), une fois formulée, l'intention de la MP est alors encodée en mémoire rétrospective et n'est plus activement stockée en mémoire de travail (Kliegel et al., 2008). Cependant, deux des principales théories actuelles (Multiprocess – McDaniel & Einstein, 2000 & PAM – Smith & Bayen, 2004) proposent au contraire que des processus attentionnels et de mémoire de travail sont nécessaires au maintien actif de l'intention (Smith & Bayen, 2004), ce qu'ils appellent la « surveillance stratégique » (McDaniel & Einstein, 2000). La théorie multiprocessus (TPM) propose également un compromis entre l'encodage des intentions en mémoire rétrospective et le maintien des intentions en mémoire de travail (voir section 2.3.1).

#### 2.2.2.1. Durée et contenu de l'intervalle de rétention

Le délai entre l'encodage des intentions prospective et la présentation effective de l'indice peut considérablement varier, pourtant il peut avoir des répercussions importantes sur les coûts engagés sur la tâche en cours. Une caractéristique importante de la MP, tant à l'intérieur qu'à l'extérieur du laboratoire, est la possibilité pour les intentions de MP de quitter le champ de la conscience avant la phase de récupération éventuelle de l'intention. Prenons par exemple un scénario typique dans lequel vous avez l'intention d'appeler un ami plus tard dans la journée, après avoir quitté le travail. Il y a un délai important entre l'encodage et le moment opportun où l'intention doit être récupérée (c'est-à-dire après avoir quitté le travail). Si, au contraire, vous formez l'intention et que vous pouvez immédiatement exécuter votre action (il vous suffit de décrocher le téléphone et de passer l'appel), l'intention n'a pas eu l'occasion de quitter la mémoire de travail. Graf & Utzl (2001) ont qualifié cette dernière situation comme une tâche de vigilance, plutôt qu'une tâche de MP à proprement dite, et ont émis l'hypothèse



que ce type de tâches de vigilance recrute fortement l'allocation des ressources attentionnelles vers la tâche de MP, alors que dans une tâche de MP standard, l'attention est maintenue sur la tâche en cours et l'intention n'est pas maintenue en mémoire de travail (voir **Figure 2**)



**Figure 2.** Représentation de l'implication de la mémoire de travail en fonction du type de tâche, figure issue de Graf & Uttl (2001)

Il est donc logique, du point de vue de la surveillance, que cette différence dans l'allocation des ressources attentionnelles se manifeste sous la forme de coûts de traitement pour la tâche en cours. Plus précisément, les tâches MP requérant le plus de ressources attentionnelles disponibles devraient engendrer des coûts plus importants pour la tâche en cours que les tâches de MP standard. Cette distinction pourrait être modulée par la longueur du délai entre la phase d'encodage et la phase de détection/récupération. Plus le délai entre l'encodage des indices et le rappel de celles-ci est court, plus les individus peuvent consacrer davantage de ressources attentionnelles à l'exécution de la tâche MP qu'ils ne le feraient, si l'intention avait été véritablement « mise de côté pour plus tard » (long délai entre l'encodage et le rappel), et ces conditions d'allocation des ressources attentionnelles devraient se refléter dans les coûts de traitement de la tâche en cours (plus le délai est long, plus les coûts sont faibles). Les résultats des expériences ayant directement manipulé le délai de rétention (et examiné les coûts) sont généralement conformes à l'attente théorique relatif aux processus de surveillance. Conte & McBride (2018) ainsi que McBride et al. (2011) ont ainsi pu observer une

---

importante chute des coûts après environ 1 à 3 minutes d'exécution de la tâche en cours en l'absence de présentation de cible prospective, ainsi qu'une diminution correspondante de la performance de la MP lorsque l'indice apparaissait (voir également Smith et al., 2017). McBride et al. (2011) ont également constaté que cette baisse des coûts suivait une fonction non linéaire (une baisse rapide au départ suivie d'un déclin plus progressif) et que la performance de la MP se rapprochait étroitement de cette réduction des coûts pour une condition non focale. En revanche, dans une condition focale, aucun effet de l'apparition de l'indice (et de la baisse correspondante des coûts) sur la performance de la MP n'a été rapporté.

Cependant, l'accroissement du délai entre l'encodage et la récupération de l'intention pourrait, dans certains cas, être bénéfique selon le type d'activités vécues au cours de cet intervalle de rétention. Scullin & McDaniel (2010) ont été les premiers à démontrer que la MP basée sur des événements (*event-based*, voir section suivante), c'est-à-dire la capacité d'effectuer une action prévue lors de la détection d'un indice de MP après un intervalle de temps plus long, est améliorée par une période de sommeil pendant l'intervalle de rétention. Dans cette étude, les auteurs ont demandé à des sujets de détecter deux mots différents (indices MP), chacun présenté une fois dans trois tâches en cours différentes, après un intervalle de 12 heures de sommeil ou d'éveil. Après l'intervalle de sommeil, les sujets ont détecté les mots repères plus efficacement que pendant la période d'éveil, suggérant que le sommeil facilite la détection des indices de MP. Sur la base des conclusions d'une étude précédente selon laquelle le sommeil profite à la mémoire prospective (Diekelmann et al., 2013), Barner et al. (2017) ont étudié, dans trois expériences, si cet effet bénéfique du sommeil dépendait de la pertinence des souvenirs prospectifs pour les actions à réaliser dans le futur. En particulier, les auteurs se sont demandé si l'effet du sommeil était supprimé lorsque l'action prévue était réalisée avant le sommeil puis à nouveau redemandé 2 jours plus tard, et si la réintégration d'une intention était suffisante pour restaurer le bénéfice du sommeil. Les résultats ont montré que lorsqu'une intention est récupérée et achevée avant le sommeil, l'exécution ultérieure de cette même intention n'est plus facilitée par une nuit de sommeil. Les auteurs ont également constaté que la réinstruction de l'intention après sa réalisation n'est pas suffisante pour rétablir le bénéfice du sommeil. En revanche, le sommeil améliore l'exécution de l'intention, après une première réalisation, si dès la phase d'encodage initiale, les sujets s'attendent à être testés deux fois. Ces résultats sont en accord avec d'autres preuves empiriques (Diekelmann et al., 2013; Leong et al., 2019; Rasch &

---

Born, 2013) indiquant que la consolidation de la mémoire dépendante du sommeil est sélective dans le sens où elle favorise particulièrement les souvenirs qui sont pertinents pour le comportement futur. Dans une récente méta-analyse (Leong et al., 2019), l'avantage du sommeil sur la MP a été significativement mis en évidence, et ce de manière plus importante lorsque la probabilité de récupération spontanée des intentions est élevée suggérant que le sommeil peut avoir un effet de levier sur les processus de récupération spontanée pour améliorer la MP. En revanche, le sommeil ne semble pas influencer le niveau de surveillance stratégique des indices prospectifs. Cela confirme les premières observations concernant l'effet bénéfique du sommeil sur la MP, ayant principalement été exprimé comme une préservation des performances de la MP en cas d'attention divisée par rapport à une situation d'attention soutenue (Diekelmann et al., 2011). Plutôt que d'augmenter le niveau de surveillance le lendemain, le sommeil renforce l'association entre l'action prospective et l'intention, augmentant ainsi l'efficacité des processus de récupération spontanée (Diekelmann et al., 2013; Scullin & McDaniel, 2010). Par conséquent, la mémorisation des intentions sur des intervalles de rétention de 24 heures comprend probablement une réactivation bottom-up pendant le sommeil, une réactivation bottom-up en réponse à des indices externes (*event-based*), et des rappels volontaires top-down (*time-based*). Des travaux futurs seraient nécessaires pour déterminer si, et comment, ces processus de réactivation bottom-up et top-down s'influencent dynamiquement les uns les autres.

L'intervention bénéfique du MW pendant une période de rétention se retrouve également dans la littérature, notamment dans le domaine théorique de la créativité. En effet, certaines études semblent indiquer la possibilité que la MW (à la fois l'état et le trait) améliore les capacités de pensée divergente, car elle permettrait, par la libre association des pensées, de générer de nouvelles idées ou de résoudre des problèmes (Preiss et al., 2016; Yamaoka & Yukawa, 2020; Zedelius & Schooler, 2015). Cet aspect bénéfique potentiel ne semble pas être systématique (Smeekens & Kane, 2016; Steindorf et al., 2020) et pourrait dépendre de la distance entre l'élaboration d'un problème et sa résolution : une distance courte mobiliserait des processus plus contrôlés, rendant l'influence du MW néfaste, tandis qu'une distance plus longue reposerait principalement sur des processus associatifs, plus automatiques. Ces études sur la créativité suggèrent que le contenu du MW peut être utilisé pour créer des associations avec d'autres informations, suggérant un meilleur traitement et une meilleure rétention de ces

---

informations, ce qui pourrait être tout à fait pertinent pour la consolidation des intentions prospectives pendant la phase de rétention.

### 2.2.3. Récupération et exécution de l'intention

L'étape de récupération et d'exécution de l'intention fait référence à l'exécution réelle de l'action prévue selon le plan et l'intention précédemment encodés (Kliegel et al., 2002, 2008). Cette étape est cruciale pour la réussite de la MP. C'est à ce stade qu'une intention encodée est soit rappelée, soit oubliée (Brandimonte et al., 2014). L'exécution de l'intention nécessite l'interruption de toute tâche en cours. C'est pourquoi l'inhibition et la flexibilité jouent un rôle important durant cette phase (Kliegel et al., 2002, 2008). L'intention doit être récupérée en mémoire et exécutée dans un contexte défini. Le contexte dépend de l'encodage initial de l'intention mais peut varier en fonction de l'intention de la MP. Ce sont les différentes caractéristiques de ces intentions (et du contexte de leurs récupérations) qui ont donné naissance à trois grands types de tâches de MP : la MP basée sur les événements, la MP basée sur les activités et la MP basée sur le temps (Brandimonte et al., 2014; Einstein & McDaniel, 1990; Kvavilashvili & Ellis, 1996).

#### 2.2.3.1. Tâche de mémoire prospective : *Event-based* et *Time-based*

Les tâches *event-based* (EB) sont déclenchées par des indices externes (un événement, un objet ou une situation spécifique) présents dans l'environnement, conduisant à l'exécution de l'intention (se souvenir d'acheter du pain en passant devant une boulangerie). Ce type de tâche MP requiert des capacités d'inhibition, afin de mettre en pause une activité en cours et d'exécuter celle indiquée par l'indice environnemental. Certaines études expérimentales sur la MP distinguent les indices EB liés et les indices EB non liés (Gonneaud et al., 2012). Les actions associées sont celles où l'indice est sémantiquement lié à l'action, comme dans l'exemple du pain et de la boulangerie. Les actions non associées sont celles qui n'ont pas de lien sémantique entre l'indice et l'action, comme l'achat d'une paire de lunettes dans un supermarché. En raison de l'association forte entre l'indice et l'action dans les tâches d'EB liées, la récupération de l'intention se fait généralement de manière plus automatique et spontanée que les tâches EB non liées. Cette distinction est basée sur la théorie réflexive-associative (voir section 2.3, Gynn et al., 1998; McDaniel et al., 1998, 2004).

---

Les tâches *time-based* (TB) doivent être exécutées à des moments précis ou après un certain laps de temps (sortir la pizza du four après 10 minutes de cuisson) (Einstein & McDaniel, 1990). Généralement reconnues pour être plus difficiles à réaliser que les tâches *event-based*, les tâches TB ne bénéficient d'aucun indice externe susceptible de déclencher le rappel de l'intention. Ce type de tâche MP est donc guidé par des processus auto-initiés, comme notamment la mise en place de stratégies visant à surveiller le passage du temps (Zuber et al., 2019). Tout comme les EB, les tâches TB nécessitent également une flexibilité afin de basculer entre une activité en cours et l'intention TB (McCauley et al., 2010), et nécessitent par ailleurs des ressources attentionnelles conséquentes (Kvavilashvili & Fisher, 2007).

#### *2.2.4. Vérification et désactivation de l'intention*

La prise de conscience de la réalisation ou de la non-réalisation de l'action programmée permet d'adapter et de planifier les actions subséquentes. Dans cette perspective, la dernière étape de vérification/suppression est essentielle pour le bon fonctionnement de la mémoire prospective. Elle consiste tout d'abord à vérifier que l'intention a bien été rappelée au moment opportun et que l'action a été correctement réalisée (i.e., « output monitoring » ou « contrôle de sortie »). Elle consiste également à désactiver l'intention en mémoire une fois l'action réalisée afin de ne pas la réitérer. Signalons que plus la tâche est habituelle, répétée dans le temps et donc automatisée, plus l'étape de vérification/suppression de l'intention est susceptible d'être efficace (McDaniel & Einstein, 2000a). Cette prédiction initialement proposée par la théorie multiprocessus (McDaniel & Einstein, 2000a) a été confortée par la suite, par diverses études auprès de participants jeunes et âgés (Aberle et al., 2010; Henry et al., 2012; Niedźwieńska & Barzykowski, 2012; Rendell & Craik, 2000; Rose et al., 2010). Notamment dans l'étude de Rendell & Craik (2000), dans laquelle ils ont étudiée l'effet de la régularité des intentions, sur des participants jeunes et âgés, à l'aide de la *Virtual Week*, un jeu de société informatisé conçu pour reproduire virtuellement les jours d'une semaine. Les résultats de cette première étude (également corroborés par d'autres ensuite) ont montré que l'ensemble des participants obtenaient de meilleures performances pour le rappel des tâches régulières comparativement aux tâches irrégulières et aux tâches de contrôle du temps. De plus, l'effet délétère de l'âge était plus marqué pour le rappel des tâches irrégulières.

---

#### 2.2.4.1. Output monitoring

Plusieurs types d'erreurs peuvent être commises lors de l'exécution d'une action de MP : on peut omettre d'accomplir l'action en réponse à l'indice prospectif (erreur d'omission), on peut exécuter l'action en l'absence d'indice (erreur de commission), et on peut répéter par erreur une action prospective bien qu'elle ait déjà été exécutée et qu'elle ne devrait pas être exécutée deux fois (prendre son médicament deux fois ; erreur de répétition). De telles erreurs reflètent probablement une surveillance métacognitive et/ou un contrôle de sortie déficients. Pour étudier ces processus, Marsh et collaborateurs (2002) ont adapté le paradigme standard de MP en laboratoire en demandant aux participants d'appuyer sur une seconde touche à la seconde présentation des indices pour indiquer s'ils se souvenaient d'avoir correctement réalisé la tâche prospective la première fois. Lorsque les participants omettaient de répondre à la première occurrence de l'indice, ils effectuaient néanmoins régulièrement la deuxième action (appuyer sur une seconde touche) lors de la deuxième occurrence de l'indice suggérant ainsi que s'ils surveillaient correctement l'occurrence de l'indice, ce n'était pas le cas en ce qui concerne l'exécution de l'action. Les participants qui n'avaient pas correctement réalisé la tâche prospective la première fois étaient confus et croyaient, à tort, avoir déjà répondu. Sugimori & Kusumi (2009) ont plus précisément étudié cette question en interrogeant explicitement la mémoire des participants sur l'occurrence de l'indice et l'exécution de l'action après une tâche de MP. Ils ont constaté que les participants avaient naturellement tendance à penser qu'ils avaient réussi à exécuter l'action prospective à la première occurrence, même s'ils ne s'en souvenaient pas. Ce suivi métacognitif erroné de la réponse prospective peut conduire à des exécutions maladroites de l'action prospective pouvant avoir de graves conséquences (prendre la mauvaise [deuxième] dose lors de la première prise de médicaments).

#### 2.2.4.2. Désactivation de l'intention

Nous formons chaque jour de nombreuses intentions qui semblent rarement ressurgir une fois qu'elles ont été réalisées. Une fois l'exécution de l'intention vérifiée, celle-ci doit être désactivée de façon à ne pas être répétée à tort. Cette désactivation des intentions est accomplie par de multiples processus. Tout d'abord, lorsqu'une intention est terminée, les participants cessent de s'engager dans des processus top-down de répétition et de surveillance (Scullin & Bugg, 2013). Ensuite, lorsqu'un individu réalise qu'une intention est terminée, il peut engager

---

des processus inhibiteurs top-down pour tenter de supprimer l'activation de cette intention ou se préparer mentalement à ne pas répéter une intention terminée (Bugg et al., 2016). Les individus peuvent également associer une étiquette « exécuté » à l'indice prospectif, de sorte qu'ils encodent une nouvelle intention de ne pas effectuer l'action lorsqu'ils recroisent la cible prospective (Bugg & Scullin, 2013). Enfin, il peut y avoir une diminution relativement automatique des niveaux d'activation de l'indice ou un désaccouplement de la paire indice-action (réduction des processus réflexifs-associatifs ; Scullin et al., 2009). Ainsi, une multitude de processus stratégiques ou relativement automatiques peuvent être engagés lors que l'on réalise que l'intention est terminée.

Il arrive parfois que les individus ne désactivent pas complètement une intention avant de (re)rencontrer l'indice prospectif qui lui était reliée. Dans de telles situations, nous observons l'interaction caractéristique des processus bottom-up et top-down : L'indice traité déclenche spontanément la récupération de l'intention, des processus top-down sont ensuite requis pour s'opposer à la répétition erronée de la réponse prospective (Scullin et al., 2012). Si les individus réussissent à s'opposer à la réponse prospective (par l'inhibition), cela diminue la probabilité d'une récupération spontanée ultérieure. Lorsque les individus font des erreurs de commission, suite à une défaillance des processus top-down, cela peut les amener à s'engager des processus de surveillance coûteux inutiles, ces derniers se croyant toujours dans le contexte de récupération d'une intention prospective qu'ils pensent devoir exécuter, alors que celle-ci a déjà été achevée (prendre son médicament au début du repas et vouloir le reprendre à la fin du repas).

### **2.3. Théories dominantes de la mémoire prospective**

Les différentes théories du fonctionnement de la MP ont été développées, au fil des deux dernières décennies, afin de rendre compte de l'architecture des nombreux mécanismes et processus cognitifs déployés au cours de la vie d'une intention, de son élaboration jusqu'à son rappel au moment opportun. Elles sont tout aussi complexes et variées que sont les individus et les situations qu'ils vivent. Elles reflètent également la richesse des stratégies que nous sommes capables de déployer et notre perpétuelle capacité d'adaptation. Deux grands courants théoriques visant à décrire les processus impliqués lors du rappel prospectif se sont longtemps opposés avant qu'un rapprochement entre les deux se soit imposé : la théorie des

---

processus attentionnels préparatoires et mnésiques (Smith & Bayen, 2004, PAM) et la théorie associative réflexive (Guynn et al., 1998, TAR). Selon le premier, ce sont uniquement des processus contrôlés et stratégiques (i.e. de surveillance attentionnelle), coûteux en termes de ressources attentionnelles, qui permettent le rappel d'intentions, alors que selon le second, ce rappel est sous-tendu par des processus automatiques et spontanés (i.e. réflexifs-associatifs), peu coûteux sur le plan cognitif. Les deux visions « monoprocess », que sont la PAM et la TAR, supposant l'implication d'un seul type de processus pour une tâche donnée, semblent peu en adéquation avec la complexité des situations réelles. De plus, puisque nous nous intéressons, dans cette thèse, aux états cognitifs susceptibles de moduler la nature des processus mis en jeu dans le maintien et le rappel des intentions prospectives, et par la même, la nature des phénomènes sous-tendant cette bascule entre processus automatiques et contrôlés, il nous est apparu plus approprié de nous focaliser sur la seule théorie qui unifiât toutes les autres, à savoir la « théorie dynamique des processus multiples » (Scullin et al., 2013, TDPM). Nous évoquerons donc la théorie des processus multiples (McDaniel & Einstein, 2000, TPM), qui postule l'engagement de processus automatiques ou contrôlés en fonction notamment de certaines caractéristiques de la tâche, puis nous détaillerons la TDPM qui en est l'héritière et qui, dans une vision plus dynamique entre l'automatisme et la spontanéité de la récupération des intentions, intègre une adaptation à la variabilité contextuelle plus propice à retranscrire le fonctionnement de la MP au quotidien.

### *2.3.1. La théorie multiprocessus (TPM)*

Deux décennies déjà qu'Einstein et McDaniel (2000; 2005) ont proposé leur désormais célèbre théorie des processus multiples (*multi-process theory*) pour conceptualiser les processus de récupération en MP. À cette époque, les résultats contradictoires soutenant l'existence d'une dualité commune, oscillant à la fois entre des processus de récupération de l'indice prospectif fondés sur une surveillance attentionnelle continue et sur une récupération spontanée, avaient conduit McDaniel et Einstein (2000) à revoir leur modèle initial basé sur l'intervention unique de mécanismes spontanés (Einstein & McDaniel, 1990; M. A. McDaniel et al., 1998). Selon ce nouveau modèle ajusté, la récupération des intentions prospectives repose tant sur les théories impliquant une recherche active d'indices (PAM) que sur leur théorie précédente, dite réflexive-associative (McDaniel et al., 1998), où un processus automatique de récupération est activé



---

lorsqu'un item cible est présenté, indépendamment du fait d'y penser ou non. Lorsque l'indice et l'action à effectuer sont sémantiquement liés, par l'entremise d'un lien associatif unique créé au moment de la formation de l'intention, la récupération sera relativement automatique, spontanée. Le degré d'activation de ce couplage intention-action étant variable, notamment s'il n'est pas entretenu par une réactivation régulière, dans le cas où l'item cible ne serait pas lié à l'action, ou bien que ce lien se soit fortement affaibli, des processus de traitement attentionnels seront alors requis pour les détecter. Si lors de la formation d'une intention, une solide association est créée entre l'indice prospectif et l'action planifiée liée à l'indice, alors l'intention initiale surgira spontanément lorsque l'indice lié à l'intention se présentera. Cette théorie est, par ailleurs, supportée par des activations cérébrales spécifiques aux deux modes de fonctionnement, avec d'une part des activations frontales lorsque des processus stratégiques sont mis en jeu, et d'autre part, des activations médio-temporales (notamment hippocampiques) lorsqu'un rappel plus automatique intervient (Kalpouzos et al., 2008; McDaniel & Einstein, 2011). Cette vision défend l'idée d'une tendance des individus à récupérer spontanément leurs intentions (McDaniel & Einstein, 2007) ; En effet, exercer une surveillance attentionnelle constante est un phénomène peu probable en vie quotidienne, notamment parce que nous avons bien souvent plus d'une intention en mémoire dont le délai de réalisation peut parfois être important.

L'implication différenciée des processus utilisés dans une situation donnée et leur efficacité dépendent d'une variété de facteurs. Ainsi, une plus grande distinctivité ou saillance de l'indice prospectif pourrait favoriser une récupération automatique de l'intention (Uttl, 2006), de même qu'une forte association entre l'indice et l'action prévue (Gonneaud et al., 2014). Ce modèle théorique stipule également que plus la tâche en cours exigerait de ressources attentionnelles, plus elle serait susceptible de compromettre une tâche de MP nécessitant des processus stratégiques (Henry et al., 2004). En outre, lorsque la fameuse tâche en cours impliquerait elle-même la nature du traitement de l'indice prospectif, la récupération de l'intention pourrait être spontanée (Kliegel et al., 2008). Enfin, plus une action prévue serait considérée comme importante, plus la récupération de l'intention engagerait de ressources attentionnelles et de processus stratégiques (Walter & Meier, 2014), tout comme la variabilité de la durée de l'intervalle de rétention (McBride et al., 2011). Ces deux variables (importance, durée de l'intervalle) ne sont, certes, pas dans la théorie originale mais elles sont susceptibles

---

d'influencer la nature des processus engagés. Nous détaillerons ainsi, dans les sections suivantes, seront consacrées les différents facteurs susceptibles de moduler le recrutement des processus automatiques et contrôlés, tels que : les caractéristiques des indices (saillance, association sémantique, focalité, importance), caractéristiques de la tâche (charge cognitive de la tâche en cours, durée de l'intervalle, planification) et les différences intra- et inter-individuelles.

### 2.3.1.1. Caractéristique de l'indice

#### 2.3.1.1.1. *Saillance*

Le caractère distinctif ou la saillance visuelle de l'indice prospectif favoriserait son identification en vue de récupérer l'intention au moment propice, faisant de ce paramètre l'un des principaux déterminant de l'automatisme (ou l'échec) de la récupération des indices en mémoire. L'idée sous-jacente serait qu'un indice prospectif, perceptivement saillant, attirerait de facto l'attention en se distinguant des autres stimuli et permettrait ainsi de retrouver l'intention reliée, sans qu'il soit nécessaire de procéder à un contrôle conscient de sa détection (McDaniel et al., 2004; *théorie de la détection de la discordance de fluence et de recherche*). Que ce soit en variant la couleur associée à l'indice (Brandimonte & Passolunghi, 1994), sa taille (Graf et al., 2002), sa position spatiale (Cohen et al., 2003; Trawley et al., 2014), ou encore, son intensité sonore (Uttl, 2006), les recherches menées jusqu'ici confirment globalement l'effet bénéfique de la saillance de l'indice prospectif sur le rappel en MP. Toutefois, le consensus scientifique est fragile, d'aucuns affirment que l'augmentation de la saillance de l'indice prospectif contribuerait à augmenter la probabilité à laquelle il sera ensuite détecté (Brandimonte & Passolunghi, 1994), quand d'autres proposent en revanche l'idée d'un renforcement accrue de la relation indice-action (Trawley et al., 2014).

Partant de ce postulat, il est tout à fait envisageable qu'une plus grande distribution attentionnelle sur l'environnement, notamment par une pratique méditative, puisse entraîner une meilleure détection des indices contextuels, et ceci même lorsque le niveau de saillance d'un indice est modéré.

---

#### 2.3.1.1.2. *Association entre l'indice prospectif et l'action planifiée*

Selon la théorie réflexive-associative (Guynn et al., 1998; McDaniel et al., 1998, 2004), lorsqu'une intention est formée, une association spécifique entre l'indice prospectif et l'action qui lui est rattachée est créée. Si ce lien est suffisamment solide, le simple fait de percevoir l'indice dans l'environnement suffit à déclencher la récupération de l'intention, et donc de l'action préalablement associée, via un processus que l'on nomme communément « réflexif-associatif ». De nombreuses études ont étayé ce point de vue théorique et ont ainsi démontré que le rappel en MP était significativement amélioré par une forte association sémantique (Cohen et al., 2001; Loft & Yeo, 2007) ou épisodique – contexte d'encodage – (Pereira et al., 2012) entre l'indice et l'action. Il en est de même lorsque les attentes contextuelles ainsi créées lors de l'administration des consignes de la tâche de MP sont congruentes avec le contexte dans lequel l'indice est susceptible d'apparaître (Meier et al., 2006). Au cours de la phase de récupération de l'intention, l'intervention de processus automatiques caractérise les situations pour lesquelles l'association entre l'indice et l'action est forte. Lorsque l'association est plus faible, il sera nécessaire d'avoir recours à des processus contrôlés et coûteux sur le plan attentionnel.

Burgess et collaborateurs (Burgess et al., 2000, 2007) ont démontré que ce que l'on fait pendant l'encodage, ou la planification, peut affecter la récupération en MP. Autrement dit, la planification pendant l'encodage a une conséquence importante sur la réussite de la récupération des intentions prospective. Lors de la planification d'une intention, son énonciation/élaboration fournit des informations spécifiques sur le contexte dans lequel les indices prospectifs surgiront (Marsh et al., 2006). La théorie des processus multiples prédit qu'une bonne planification lors de l'encodage favorisera les processus de récupération spontanés lors de l'exécution de la tâche MP (McDaniel & Einstein, 2000).

#### 2.3.1.1.3. *Focalité*

Une variable critique utilisée dans de nombreuses études est la focalité de la tâche, qui se définit comme le degré de concordance des traitements déployés pour réaliser la tâche en cours et la tâche de MP (McDaniel & Einstein, 2000, 2007). Deux dimensions de la tâche peuvent être distinguer : focal et non focal, correspondant respectivement à un degré élevé et faible de concordance. Lorsque le traitement requis pour la tâche de MP est de même nature

---

que celui mis en jeu pour la tâche en cours, la tâche de MP est considérée comme focale ; en revanche, si la nature du traitement de la tâche de MP est différente de celui de la tâche en cours, la tâche de MP est considérée comme non focale. Par exemple, dans le cas d'une tâche continue de décision lexicale, qui présupposent l'évaluation des caractéristiques sémantiques d'une chaîne de lettres, une tâche de MP focale consisterait à appuyer sur une touche (action MP) lorsque la chaîne de lettre correspond à un mot particulier (i.e., comme râteau, indice MP). Dans les deux cas, un traitement sémantique est mis en jeu, la détection de l'indice-mot sera favorisée par la concordance des traitements entre tâche de MP et tâche en cours. Une tâche non focale, en revanche, consisterait à appuyer sur la même touche si la chaîne de lettres contient la syllabe « tor ». Dans ce cas, la tâche de MP est considérée comme non focale car déterminer si le stimulus est un mot ou non (la tâche en cours = traitement sémantique) n'engage pas le traitement syllabique nécessaire à la détection de la cible prospective (Einstein & McDaniel, 2005).

Selon la TPM, les indices de MP focaux encouragent la récupération spontanée via un processus réflexif-associatif. En reprenant l'exemple précédent, le traitement complet de l'indice focal « râteau » peut conduire à la récupération spontanée *via* le fort lien associatif (en mémoire épisodique) entre l'indice et l'action prévue (ramasser les feuilles). Le lien associatif entre l'exécution de la tâche de MP en présence de l'indice non focal « rât » peut être tout aussi fort, mais l'exécution d'une tâche de décision lexicale n'encourage pas les participants à traiter le contenu syllabique du stimulus, et donc le fait que le stimulus contienne ou non « rât » peut facilement passer inaperçu. Dans une situation non focale, par conséquent, des mesures supplémentaires telles que la vérification de la cible et le maintien actif de l'intention sont nécessaires. En d'autres termes, les participants doivent alors effectuer deux jugements sur le même stimulus : ce stimulus est-il un mot et contient-il la syllabe « rât » ? Historiquement, ce traitement supplémentaire a été déduit par la présence de coûts de traitement relatif à la tâche en cours. Dans une série d'expériences, Einstein et al. (2005) ont manipulé le niveau de concordance (focalité de l'indice) entre le traitement requis pour effectuer la tâche en cours et le traitement requis pour détecter l'indice de MP. Lorsque le degré de concordance est important (cibles focales), les participants avaient tendance à s'appuyer sur des processus de récupération spontanée ; alors que dans le cas d'une concordance minimale (cibles non focales), les participants avaient davantage tendance à recourir à des processus de surveillance, coûteux

---

en ressources, en raison de la discordance des traitements engagés. Ainsi, le recours aux indices focaux augmente la récupération en MP comparativement aux indices non focaux (Cona et al., 2016; Einstein et al., 2005; McDaniel et al., 2008; Scullin, McDaniel, & Einstein, 2010; Scullin et al., 2010). Cet avantage pour les indices focaux se traduit par effets d'interférences plus marqués sur l'activité concourante pour les indices non focaux comparativement aux indices focaux, comme en témoigne l'accroissement plus important des temps de réponse à la tâche en cours (Boywitt & Rummel, 2011; Einstein & McDaniel, 2010; Horn & Bayen, 2015; Kominsky & Reese-Melancon, 2017; Marsh et al., 2005; Scullin et al., 2013; Scullin et al., 2010; Zimmermann & Meier, 2009). Des éléments soutenant la distinction entre des processus de surveillance et des mécanismes de récupération spontanée ont été rapportés dans un certain nombre d'études (Abney et al., 2013; Boywitt & Rummel, 2011; Brewer et al., 2010; Cohen, 2013; Cohen et al., 2008; Einstein et al., 2005; Harrison et al., 2014; Harrison & Einstein, 2010; Rummel et al., 2017; Scullin et al., 2013; Scullin et al., 2010; Scullin et al., 2010). Il est essentiel de noter que la TPM ne prétend pas que les participants ne mettent pas en place des processus de surveillance attentionnelle pour une tâche focale, seulement que cette surveillance n'est pas nécessaire. Bien que la focalisation des indices ait un impact majeur sur l'adoption ou non d'une approche de surveillance, dans les expériences en laboratoire, les participants semblent souvent engager des processus de surveillance même avec des indices de MP focaux (Anderson et al., 2019; Smith et al., 2007). Par conséquent, des mesures supplémentaires doivent être prises dans les paradigmes de laboratoire pour encourager le désengagement des processus attentionnels préparatoires (surveillance) (Anderson et al., 2017). Les études comparant ces deux types de tâches de MP ont largement confirmé les prédictions du cadre de la TPM, notamment en distinguant les performances chez jeunes adultes et des adultes plus âgés, des adolescents et de jeunes adultes, chez les personnes souffrant de troubles cognitifs légers, de démence ou de la maladie de Parkinson, ainsi que sur une base neurochimique, par exemple chez les fumeurs privés de nicotine (Costa et al., 2014; Henry et al., 2004; Ihle et al., 2013; Kliegel et al., 2008; McDaniel et al., 2011; Rusted et al., 2005; Scullin et al., 2010; van den Berg et al., 2012; Wang et al., 2011).

Enfin, dans une étude visant à déterminer si les MP focale et non focale pouvaient être distinguées au niveau de leur substrats cognitifs et dans quelle mesure les différences individuelles dans ces deux composantes seraient liées aux différences individuelles en matière

---

d'attention contrôlée, Zuber et al. (2016) ont montré que la MP focale était plus fortement liée à l'inhibition, tandis que la MP non focale reposait davantage sur la flexibilité. Au cours d'une tâche de MP focale, les participants sont probablement plus absorbés par la tâche en cours, car ils ne sont pas tenus de surveiller continuellement l'environnement à la recherche d'indices de MP, puisque ces derniers sont censés surgir au beau milieu des items de la tâche en cours, provoquant ainsi la récupération spontanée de l'intention. Néanmoins, lorsque les participants rencontrent l'indice de MP, ils doivent inhiber la réponse dominante de la tâche en cours pour réussir l'action de MP (Kliegel et al., 2003; Mahy et al., 2014). Dans les tâches de MP non focales, les sujets doivent continuellement surveiller les indices de MP (Guynn, 2008; M. A. McDaniel & Einstein, 2000) et passer, sans arrêts, de la réalisation de la tâche en cours à la vérification des indices de MP. Par conséquent, le traitement de la tâche en cours étant déjà continuellement interrompu, l'inhibition ne serait pas impliquée au contraire des processus de flexibilité, et vice-versa pour les tâches de MP focales. Ainsi selon Zuber et al. (2016), la MP focale et la MP non focale doivent être conceptualisées comme deux dimensions à la fois distinctes et liées.

#### *2.3.1.1.4. Importance de l'intention*

Comme nous avons pu le voir précédemment, la MP joue un rôle essentiel dans le maintien d'un comportement social adaptatif. Cependant, nous avons plus d'une intention active et bien souvent, une intention peut s'avérer plus importante qu'une autre. Le fait qu'une intention soit importante ou non repose principalement sur une évaluation subjective de l'individu selon ses valeurs, ses désirs, ses buts et les conséquences plus ou moins dramatiques qu'un oubli peut engendrer sur sa vie (Kvavilashvili & Ellis, 1996). Il est aisé d'imaginer que d'assister à son propre mariage sera certainement considéré comme plus important que, disons, payer une facture à temps. Par conséquent, l'intention la plus importante a plus de chances d'être mémorisée et d'être ainsi correctement rappelée. Malheureusement, cela n'est pas toujours le cas et il arrive qu'on puisse oublier une intention, aussi importante qu'elle soit. En effet, le niveau d'importance module la motivation et les stratégies mises en place, ce qui a un impact majeur sur la probabilité d'exécuter l'intention. C'est ainsi qu'un homme s'est retrouvé condamné et incarcéré pour avoir organisé un canular dans une église, après s'être rendu compte qu'il avait oublié de réserver l'église pour son propre mariage (Walter & Meier, 2014). Un beau ratage prospectif... Cet exemple illustre bien le fait que quelle que soit l'importance

---

d'une intention, à savoir se souvenir de réserver l'église pour son propre mariage, l'échec est possible.

Cependant, dans la recherche expérimentale, la reproduction des situations quotidiennement vécues par les sujets ne peut être qu'approximative, voire fictive, l'importance étant généralement induite par l'expérimentateur. Les manipulations couramment utilisées comprennent notamment l'offre d'une récompense (rémunération), le fait de promettre une récompense augmentant les performances et modifiant l'importance perçue, de même que la stratégie pour réussir la tâche de mémoire prospective (Jeong & Cranney, 2009). Il est également possible d'apporter des instructions d'importance relative (i.e., accentuer l'importance de la réussite de la tâche de mémoire prospective par rapport à d'autres activités en cours) ou d'importance absolue (l'accent est mis expressément sur la tâche de mémoire prospective). L'instruction donnée ici est polarisée sur la réussite impérative et personnelle de la tâche MP, l'objectif étant d'engendrer une motivation intrinsèque. Enfin, il est couramment administré des instructions induisant une motivation sociale. Dans ce dernier cas, les participants sont préalablement informés que les intentions encodées revêtent une importance singulière pour quelqu'un d'autre. L'objectif est qu'ils s'engagent plus personnellement dans la tâche et qu'ils souhaitent la réussir pour la personne en question (Brandimonte et al., 2010; Einstein & McDaniel, 2005; Kliegel et al., 2004; Meacham & Singer, 1977). Globalement, toutes ces études mettent en avant les meilleures performances prospectives qu'entraînent l'augmentation du niveau d'importance, qu'elle soit l'origine de la motivation : intrinsèque, extrinsèque, pécuniaire ou sociale. D'autres études apportent néanmoins quelques nuances à prendre en compte. Selon la TPM, l'augmentation du degré de motivation engendrerait en parallèle l'élévation du niveau de surveillance attentionnelle mise en place, cependant uniquement lorsqu'une surveillance attentionnelle est nécessaire à la réalisation de la tâche. À l'inverse, l'élévation du niveau de surveillance attentionnelle serait sans effet lorsque les processus automatiques spontanés suffisent à la détection de l'indice et auraient même tendance à réduire la performance à la tâche en cours (Einstein et al., 2005).

---

### 2.3.1.2. Caractéristique de la tâche

#### 2.3.1.2.1. Charge cognitive de la tâche en cours

Comme nous venons de le voir avec l'exemple de la focalité de l'indice, la demande en ressources cognitives de l'activité en cours, et par là même la complexité des traitements déployés en vue de la réaliser, est un facteur essentiel pouvant influencer la dominance des processus de récupération automatique ou spontanée de l'intention (McDaniel & Einstein, 2000). Cette variation s'expliquerait par la quantité limitée de ressources attentionnelles à notre disposition et qui, par conséquent, doit être partagée entre d'une part, la réalisation de la tâche en cours et d'autre part, la surveillance de l'environnement. Ainsi, lorsque la tâche à réaliser est coûteuse pour le système cognitif, elle monopolisera les ressources attentionnelles et exécutives disponible en mémoire de travail et créera une interférence d'autant plus importante, entraînant un effet néfaste sur l'attention nécessaire à la détection de l'indice prospectif (Kvavilashvili, 1987). De nombreuses études corroborent cet effet en montrant de moindres performances de MP lorsque la tâche en cours est absorbante et coûteuse sur le plan attentionnel (Marsh et al., 2006; Marsh et al., 2002; Meier & Zimmermann, 2015).

#### 2.3.1.2.2. Durée de l'intervalle de rétention

S'il existe une distribution temporelle singulière dans la MP, par rapport aux autres formes de mémoire ; autrement dit, que la MP établissait des ponts entre le passé et le futur, que se passe-t-il entre ces deux marqueurs temporels ? Un autre facteur, essentiel au fonctionnement de la MP, concerne le délai entre la formation de l'intention et sa réalisation, délai qui bien évidemment varie considérablement dans la vie réelle. On peut faire valoir qu'il soit tout aussi important de se rappeler de faire quelque chose le lendemain que de se souvenir de quelque chose à faire quelques minutes ou même quelques secondes plus tard. À l'instar de ce qui est observé lors de l'investigation de la mémoire épisodique rétrospective, il paraît logique de formuler l'hypothèse d'une diminution de performance en MP avec l'augmentation du délai entre l'encodage et la récupération des intentions. Compte tenu de la quantité limitée de ressources attentionnelles à notre disposition, l'augmentation du temps de rétention pourrait avoir un effet délétère dans les situations nécessitant des processus contrôlés. La qualité du rappel prospectif dans les situations pour lesquelles les processus automatiques sont suffisants



---

serait, au contraire, invariable quelle que soit la longueur du délai de rétention (Einstein et al., 2005).

Ce phénomène a été mis en évidence par Einstein et al. (2005) dans une expérience pour laquelle quatre délais différents étaient testés dans une tâche de mémoire prospective avec traitement focal ou non focal de l'indice. Les résultats montrent qu'avec un traitement focal pour lequel la récupération est automatique, la performance de rappel n'est pas dépendante de la longueur du délai. En revanche, lorsque le traitement de l'indice est non focal, et donc que des processus contrôlés sont nécessaires au rappel de l'intention, la performance diminue avec l'augmentation du délai. L'effet délétère de l'augmentation de la longueur du délai ne semble donc s'exprimer que dans les situations nécessitant une surveillance attentionnelle. Cette perspective a des implications importantes pour comprendre les stratégies d'allocation des ressources cognitives que nous utilisons dans notre vie quotidienne lorsque l'intervalle de rétention est un peu plus long, de quelques semaines à quelques mois.

#### 2.3.1.3. Les différences intra- et inter-individuelles

D'autres facteurs vont également influencer la mise en œuvre de ces processus automatiques ou contrôlés au cours d'une tâche de mémoire prospective ; la théorie des processus multiples propose notamment d'expliquer ces variations par certaines caractéristiques individuelles cognitives, métacognitives et personnelles. La mémoire de travail est notamment l'une des fonctions cognitives participant à la modulation de la nature des processus en jeu. En effet, lors du traitement des informations et du stockage à court-terme des informations de notre environnement, cette dernière permettra le recrutement des ressources attentionnelles nécessaires. Par ailleurs, elle va également superviser la distribution de ces ressources attentionnelles (Marsh et al., 2006). De ce fait, des individus présentant de meilleure capacité de mémoire de travail bénéficieront de davantage de ressources leur permettant à la fois d'exercer une surveillance attentionnelle de l'environnement tout en se montrant également efficient pour la réalisation de la tâche en cours ; suggérant donc d'après la théorie des processus multiples une corrélation positive entre les capacités en mémoire de travail et la performance prospective dans le cadre d'une tâche de surveillance. En revanche, si les processus automatiques sont suffisants il ne devrait pas être attendu d'influence des capacités en mémoire de travail. Toutefois, l'hypothèse de cette corrélation positive est à nuancer puisque

---

les études menées afin de tester ce lien divergent. Tandis que Kliegel et al. (2002) mettent en évidence la présence d'une corrélation entre capacité de mémoire de travail et performances prospectives, Kidder et al. (1997), de même que Park et al. (1997) n'ont observé aucun lien, ne corroborant donc pas la théorie des processus multiples. L'explication de cette divergence pourrait résider dans la méthodologie expérimentale puisqu'aucune de ces études n'a comparé des conditions expérimentales pour lesquelles les processus automatiques d'une part, et contrôlés d'autre part, interviennent de manière isolée.

Un autre facteur susceptible de moduler la nature des processus recrutés résiderait dans les capacités individuelles de métamémoire (Meier et al., 2011; Smith et al., 2011), et plus spécifiquement par la capacité de l'individu à estimer ses habiletés attentionnelles et mnésiques ainsi que la difficulté attribuée à la tâche, et adapter ses stratégies en fonction de cela. Lorsque la tâche est anticipée comme particulièrement difficile, les sujets recruteraient davantage de ressources attentionnelles par rapport au jugement qu'ont les sujets de leurs capacités, tandis que lorsque la tâche paraît simple, les processus automatiques seraient privilégiés, l'attribution de ressources attentionnelle étant considérée comme superflue. Ce phénomène est étayé par plusieurs études observant qu'une estimation de la tâche prospective comme étant difficile par les participants, conduisait à de moins bonnes performances à la tâche en cours mais à de meilleures performances à la tâche de mémoire prospective, suggérant que l'attribution de ressources attentionnelles supplémentaires ait été bénéfique à la tâche prospective, et ce au détriment de la tâche en cours (Hicks et al., 2005).

Certaines variables personnelles conduiraient également la modulation des processus recrutés. Plus spécifiquement, à un niveau interindividuel, des traits de personnalités d'impulsivité, d'ouverture, de conscienciosité, d'extraversion, d'agréabilité, de névrosisme ou encore la présence de tendances à la dépression seraient à l'origine de variation des performances en mémoire prospective, de même que la propension individuelle à engager une surveillance attentionnelle accrue. De plus, de façon intra-individuelle, le cycle circadien, la fatigue ou la présence d'un niveau élevé de stress influencerait négativement les fluctuations attentionnelles (McDaniel & Einstein, 2007).

En résumé, la TPM a largement contribué à la compréhension des processus impliqués dans le fonctionnement de la mémoire prospective, grâce à la prise en considération de

---

nombreux facteurs qui permettent de rendre compte de la variété des situations prospectives. Toutefois, cette théorie offre peu de place à la mise en place d'une stratégie dynamique pour laquelle la mise en œuvre des processus est adaptée au contexte. Un modèle récent se propose justement d'adapter ce modèle en y incorporant une vision plus dynamique des processus impliqués.

### *2.3.2. La théorie dynamique des processus multiples*

La théorie multiprocessus a depuis évolué vers une vision plus dynamique (TDPM, Scullin et al., 2013), selon laquelle la surveillance stratégique et la récupération spontanée ne s'excluent pas mutuellement, mais peuvent interagir de manière dynamique pour déterminer la performance dans les tâches de MP. Dans la MP, les processus top-down impliquent la répétition de l'intention et la surveillance continue des indices jusqu'à ce qu'il soit temps d'exécuter l'intention. Le fait que les tâches MP s'appuient sur des processus top-down nuit aux performances de la tâche en cours, car les deux tâches sont en concurrence en matière de disponibilité des ressources cognitives. Dans la vie quotidienne, il peut nous arriver à tous d'assister à une réunion, ou une soutenance de thèse par exemple, au cours de laquelle nous allons former l'intention d'aller acheter du beurre salé pour les galettes du soir. Si l'on se met à répéter l'intention (« acheter du beurre, acheter du beurre, etc.. ») ou si l'on surveille continuellement les indices (« quand est-ce que le doctorant va-t-il conclure sa présentation ? »), on ne pourra être complètement à l'écoute pendant la soutenance. Les processus top-down de mémoire prospective peuvent être mesurés objectivement en laboratoire (Smith, 2003) et sont mis en évidence par une augmentation du coût de la tâche en cours, qui se traduit par un temps de réaction plus lent (ou une précision moindre) à la tâche de cours lorsqu'un item prospectif apparaît.

Cette TDPM est conforme aux théories à double processus de la mémoire rétrospective (Jacoby, 1991) et du contrôle cognitif (Braver et al., 2007), dans lesquels il est fait état que les processus bottom-up peuvent également soutenir la mémoire prospective. Comme l'explique en détail la littérature sur la mémoire autobiographique involontaire (Berntsen, 2010), des indices externes font souvent surgir des souvenirs à l'esprit sans effort conscient. Si l'on reprend l'exemple de la personne qui forme l'intention ou se rappelle qu'elle doit d'aller acheter du beurre après la soutenance, il se peut qu'elle n'ait pas répété son intention durant toute la

---

soutenance, mais qu'elle ait vu une publicité, sur le chemin du retour, sur les produits laitiers ou les bienfaits d'un séjour en Bretagne, ce qui provoquera spontanément la récupération de l'intention correspondante. La récupération spontanée a été attribuée mécaniquement à de fortes associations entre l'indice et l'intention formées pendant l'encodage et à la capacité de traiter complètement l'indice pendant les tâches expérimentales (Einstein & McDaniel, 2005). L'un des avantages du point de vue de la récupération spontanée est qu'elle peut servir la MP sans devoir recourir à des processus top-down soutenus. Cependant, son inconvénient majeur est que les indices de récupération faibles (sans caractéristiques distinctives particulières) ne parviendront pas à susciter la récupération spontanée, l'intention prospective précédemment formulée restera alors lettre morte. De plus, comme la récupération spontanée est réflexive et dépendante de l'indice, le traitement d'un indice de récupération fort (possédant des caractéristiques particulièrement distinctives) à un moment inapproprié peut entraîner des fausses alarmes de MP et des erreurs de commission, comme le fait de « doubler » accidentellement la dose de son médicament (Scullin et al., 2012).

La plupart des recherches sur la MP ont longtemps visé à déterminer si les participants s'appuyaient sur la surveillance ou sur la récupération spontanée. Les auteurs de la TDPM ont considéré que cette approche dichotomique « soit l'un, soit l'autre » était peu judicieuse car elle ignorait la diversité des défis quotidiens que la MP doit relever et les avancées faites sur les processus cognitifs dynamiques que l'on trouve dans des domaines connexes (Braver et al., 2007). C'est la raison pour laquelle la littérature a vu émerger ce cadre dynamique multiprocessus (Scullin et al., 2013), qui soutient principalement que la surveillance et la récupération spontanée sont des processus interconnectés, et non isolés, modulés de manière fluide par des facteurs environnementaux et des différences individuelles (Gilbert et al., 2013). De récentes recherches comportementales, en neuro-imagerie et en oculométrie, sur les facteurs contextuels et les différences individuelles, chez des adultes jeunes et plus âgés ont apporté un soutien empirique à la vision de la TDPM (Shelton & Scullin, 2017).

La surveillance et la récupération spontanée peuvent interagir de manière dynamique pour soutenir le processus de récupération de l'intention (acheter du beurre après la soutenance). Lors de la soutenance, au cours de laquelle l'intention a été initialement formée, les individus peuvent alors encoder un indice externe fort comme aide au rappel (un panneau rouge vif sur le chemin du retour). Une fois l'établissement d'un indice fort, la personne n'a

---

plus à engager de processus top-down pendant tout le reste de la soutenance. Sur le chemin du retour, un indice environnemental pourra lui rappeler spontanément l'intention, ce qui l'amènera à répéter l'intention tout en surveillant son environnement proche. Ainsi, pour une même intention prospective, la TDPM avance que les individus utilisent à la fois des processus cognitifs top-down et bottom-up, qui sont interconnectés et engagés de manière fluide.

#### 2.3.2.1. La variabilité contextuelle

Tout comme les plongeurs sous-marins se souviennent mieux des mots s'ils ont été encodés et récupérés dans le même contexte, sous l'eau ou sur terre (Godden & Baddeley, 1975), le fait de fournir des détails contextuelles spécifiques lors de l'encodage à venir d'une cible prospective renforce la récupération de l'intention future (Brewer & Marsh, 2010). Dans la MP, les contextes environnementaux servent d'indices de récupération bottom-up qui déclenchent des processus de surveillance top-down du moment précis de l'exécution de l'intention. Les individus peuvent, par exemple, récupérer spontanément une intention (acheter du beurre) lorsqu'ils se retrouvent plongé au cœur du contexte dans lequel ils peuvent exécuter cette intention (épicerie). Cependant, si leur surveillance est interrompue (rencontre inattendue avec un ami), l'oubli de l'intention devient hautement probable (Einstein et al., 2000). Le fait de fournir des informations contextuelles lors de l'encodage augmente ainsi la probabilité de se souvenir d'exécuter nos intentions futures (Chen et al., 2015). Conformément au postulat de la TDPM, lorsqu'on a dit à des participants que les indices prospectifs n'apparaîtraient que dans le contexte d'une tâche en cours spécifique, on note une augmentation de leur degré de surveillance de manière sélective, en rapport à ce contexte (Cohen et al., 2016; Marsh et al., 2006). En utilisant ainsi des indices contextuels, il est possible de minimiser les coûts globaux de surveillance (Smith et al., 2017) et même de modifier la dépendance à cette surveillance et à la récupération spontanée essai après essai (Kuhlmann & Rummel, 2014; Lourenço & Maylor, 2014).

Les processus métacognitifs (i.e., conscience de sa propre pensée et capacité à adapter son comportement/processus cognitifs) peuvent être un médiateur clé de l'influence du contexte sur la dynamique de la MP. Si l'on est conscient du fort potentiel d'un indice de récupération, alors on devrait moins engager de surveillance, cet indice étant en capacité de déclencher la récupération spontanée de l'intention. À l'inverse, si l'on sait que les indices

---

externes seront faibles ou inexistantes, une surveillance plus accrue sera nécessaire, compte tenu de la forte probabilité que la récupération spontanée soit inefficace. Lourenço et al. (2015) ont pu observer ces deux patterns en donnant aux participants un indice de récupération fort ou faible lors de l'encodage puis, pendant la tâche, ils ont modifié les attentes de certains participants en leur présentant un indice de récupération faible. Les participants qui s'attendaient à ce que la tâche de MP soit facile (indice de récupération fort) ont fait preuve d'une surveillance minimale ou nulle ; cependant, lorsque l'indice de récupération faible a été présenté, les participants ont modifié et augmenté leur engagement attentionnel, peut-être en raison de la prise de conscience de l'improbabilité d'une récupération spontanée. Les auteurs avancent l'hypothèse que des processus métacognitifs au cours de l'encodage et de la tâche ont affecté l'interaction entre la surveillance et la récupération spontanée.

#### 2.3.2.2. Différences individuelles

Au regard des solides preuves existantes relatives aux différences individuelles en ce qui concerne les processus bottom-up et top-down, dans le domaine du contrôle attentionnel (Barrett et al., 2004), on pourrait s'attendre à des résultats similaires pour la dynamique de la MP. Un facteur de différence individuelle pourrait ainsi conduire à une utilisation plus efficace des processus de contrôle top-down, ou alternativement, pourrait augmenter la probabilité de générer des indices externes afin d'améliorer la probabilité d'une récupération spontanée.

La capacité de la mémoire de travail est l'un des principaux facteurs de différences individuelles à avoir été largement étudié (Barrett et al., 2004). Brewer et al. (2010) ont rapporté que les participants ayant une capacité de mémoire de travail élevée obtenaient de meilleurs résultats à une tâche de MP avec des indices de récupération faibles, même si le coût global de la tâche en cours était similaire entre les groupes. L'explication avancée par la TDPM serait que les participants ayant une capacité de mémoire de travail plus élevée auraient effectivement été en mesure de mieux réguler l'allocation de leurs ressources attentionnelles, selon que les indices étaient susceptibles d'apparaître ou non.

Un autre facteur de différence individuelle concerne la capacité de planification. En intégrant, dans la formulation de l'intention, un indice de récupération externe sur lequel s'appuyer, les individus peuvent ainsi augmenter la probabilité d'une récupération spontanée

---

ultérieure (et/ou l'opportunité d'engager les processus de surveillance). Gilbert (2015) a mis au point une tâche de laboratoire qui permettait aux participants d'utiliser - ou non - une stratégie visant à associer leurs intentions à l'environnement, en définissant un rappel visuel. Certains participants ont utilisé cette stratégie quand d'autres en ont décidé autrement, démontrant ainsi des différences individuelles dans la façon dont les participants ont choisi d'aborder la tâche. Selon la TDPM, lorsque certains participants ont anticipé que les exigences de la tâche allaient augmenter, ils ont cessé de se fier uniquement à la surveillance et ont défini des indices externes leur permettant de retrouver spontanément leurs intentions futures (ce qui peut également conduire à une surveillance temporaire très efficace). La divergence d'observation, entre dépendance croissante à la récupération spontanée chez Gilbert (2015) et surveillance croissante à mesure que les attentes relatives à la difficulté de la tâche augmentent chez Lourenço et al. (2015), s'explique probablement par le locus de contrôle interne (perception de ses résultats comme déterminés par ses propres actions ou comportements) (Infurna & Reich, 2016). Les participants à l'étude de Lourenço et al. (2015) n'ont pas eu l'occasion de manipuler leur indice de récupération externe et ont donc exercé un plus grand contrôle sur leur situation en augmentant la surveillance. Ces deux études ont donc démontré que les individus peuvent passer de manière flexible d'une approche bottom-up à une approche top-down, afin d'exécuter une intention future, et cela en fonction des facteurs contextuels et des différences individuelles.

Il est important de comprendre que les individus ne font pas le choix conscient de récupérer spontanément leur intention au moment de la récupération (qui deviendrait alors un processus contrôlé) ; le choix d'utiliser une stratégie de planification suggère plutôt que les individus cherchent à réduire l'effort lié à la récupération d'une intention. Bien sûr, les individus peuvent choisir par erreur un mauvais indice de récupération (un panneau routier qui n'est visible que dans certaines directions), tout comme ils peuvent, par erreur, surveiller plus que nécessaire (Rummel & Meiser, 2013; Scullin et al., 2010). Selon la TDPM, le fait de choisir un indice de récupération faible ou de surveiller plus que de raison pourrait être dû à des différences individuelles dans les processus métacognitifs pendant l'encodage ou l'intervalle de rétention. Ces différences individuelles dans les processus métacognitifs pourraient influencer cette balance entre des mécanismes de récupération spontané ou contrôlés, et être modulés par certaines pratiques méditatives.

---

## Points-clés du Chapitre 2

- La MP : une fonction cognitive composite (attention, fonction exécutives, mémoire)
- Des indices multiples facettes : saillance, focalité, importance, association sémantique, ...
- Les raisons d'oublis sont multiples : mauvaise planification, échec de la consolidation, échec de la récupération, déclin cognitif, inadéquation contexte/indice, interférence, etc...
- Une interaction entre les processus cognitifs (plus ou moins contrôlés), les facteurs motivationnels et métacognitifs, et les exigences de la tâche détermine les différences individuelles et développementales dans la réussite de la MP
- Débat conceptuel et méthodologique justifié sur le rôle de la métacognition et la nature de la MP au quotidien
- Les performances de la MP sont modulables, perfectibles
- Questions ouvertes
  - ⇒ Surveillance métacognitive vs contrôle
  - ⇒ Mesure de la MP au quotidien
  - ⇒ Études longitudinales
  - ⇒ Programmes d'entraînement adaptés



## Régulation cognitive

*« You're unaware that you're unaware »*

*-Amishi Jha-*

---

### 3.1. Introduction

La tendance naturelle de l'esprit à passer, sans transition, d'une pensée ou d'une sensation à une autre est une notion centrale dans les traditions contemplatives. Elles l'ont d'ailleurs qualifiées d'« esprit de singe », c'est-à-dire la part de notre esprit qui sauterait d'idée en idée, qui ne tiendrait pas en place et qui s'accrocherait une à une à toutes les pensées comme un singe s'agripperait aux branches, toujours en mouvement (Gunaratana, 1991). Plus récemment, un nombre croissant de recherches scientifiques ont tenté de définir la nature du MW et de faire la lumière sur les pensées spontanées. L'expérience de l'éveil mental au quotidien peut être décrite comme un flux de pensées, de perceptions et d'émotions qui entrent et sortent du champ de notre conscience. Le MW est un état mental découlant de notre courant de pensées interne et se produisant lorsque notre attention cesse d'être dans le moment présent. Il n'est plus absorbée par une tâche quelconque (lire, écrire, cuisiner) et s'oriente vers des préoccupations sans rapport avec ce que l'on est en train de faire (Kane et al., 2007; Killingsworth & Gilbert, 2010; McVay et al., 2009). Le MW est probablement l'une des activités mentales intérieures les plus courantes auxquelles nous nous livrons quotidiennement (Kane et al., 2007; Killingsworth & Gilbert, 2010; McVay et al., 2009). En comparaison, la pleine conscience (ou *mindfulness*) fait référence à la conscience se manifestant lorsque l'on porte volontairement son attention, sans jugement, sur l'expérience du moment présent (Kabat-Zinn, 1994). Ces concepts semblent mettre l'accent sur des aspects qui se situent de part et d'autre d'un spectre de l'intention, de l'attention et de la conscience de soi, en ce qui concerne les pensées et les perceptions constituant l'expérience consciente d'une personne (Mrazek et al., 2012).

Étant donné que le MW implique un découplage perceptif, total ou partiel, de l'environnement, il est généralement associé à un nombre élevé de défaillances cognitives et de baisse de performances dans les activités qui nécessitent une attention focalisée/soutenue (Mooneyham & Schooler, 2013). C'est probablement pour cette raison que la première vague d'études sur le MW s'est principalement concentrée sur ses conséquences négatives : compréhension en lecture, encodage en mémoire, déficit attentionnel, rumination, troubles de l'anxiété et de l'humeur (Blondé et al., 2022; Ehring & Watkins, 2008; Hoffmann et al., 2016; Mrazek et al., 2012; Seli, Smallwood, et al., 2015; Smallwood et al., 2007). En résumé, une partie

---

considérable des recherches antérieures a considéré l'esprit vagabond comme un esprit indiscipliné et malheureux. Cependant, il est de plus en plus évident que le MW sert également d'importantes fonctions psychologiques : pensée créative, simulation mentale et résolution de problèmes, entre autres (Mooneyham & Schooler, 2013). Une grande partie du MW est également caractérisée par des simulations, des projections de soi, des voyages mentaux dans le temps et des processus de théorie de l'esprit : concevoir le point de vue d'autrui, revivre des souvenirs passés, imaginer des scénarios futurs ou encore planifier des objectifs concrets dans un futur proche (Buckner & Carroll, 2007; Cole & Kvavilashvili, 2019; Kvavilashvili & Rummel, 2020); des capacités qui sont des caractéristiques clés de la pensée humaine et qui pourraient avoir été essentielles dans l'évolution du langage (Corballis, 2013). Dans cette perspective, il a en effet été proposé que la MW soit une stratégie que le cerveau adopte pour connecter et intégrer les expériences, en donnant un sens au flux continu de la conscience, pour finalement construire l'histoire de sa vie (D'Argembeau, 2018).

Parallèlement à l'intérêt croissant pour la compréhension du MW, les dernières décennies ont vu une augmentation exponentielle de la recherche sur les sciences contemplatives, en particulier la méditation basée sur la pleine conscience (*mindfulness*). Cet état d'esprit peut être entraîné par les pratiques de la *mindfulness*, qui constituent une famille hétérogène de techniques. Il est possible de distinguer deux styles de *mindfulness*, au moins partiellement différents : la méditation d'attention focalisée (AF) et la méditation d'attention ouverte (AO) (Lippelt et al., 2014; Lutz et al., 2008). La première implique l'orientation volontaire de l'attention sur un objet choisi, par exemple les sensations générées par la respiration, en ramenant l'attention sur celui-ci chaque fois que le méditant est distrait par des stimuli internes ou externes (Lutz et al., 2008). Pendant la méditation d'AF, les méditants passent par un cycle d'états mentaux distincts (Hasenkamp et al., 2012; Malinowski, 2013): attention focalisée sur l'objet choisi, MW, prise de conscience du MW et réallocation attentionnelle. En conséquence, cette pratique peut être considérée comme un exercice mental développement des compétences de régulation attentionnelle : les pratiquants entraînent leur capacité à surveiller et à reconnaître les états mentaux qui surviennent naturellement, à se désengager des pensées intérieures et à repositionner leur attention vers la cible choisie chaque fois qu'ils prennent conscience d'avoir été embarqué dans un épisode de MW (Jha et al., 2007; Tang et al., 2015). En revanche, lors de la méditation d'AO, le champ attentionnel n'est pas

---

restreint à une cible spécifique mais vise à embrasser toute expérience qui surgit à la conscience (Lutz et al., 2008). Cette pratique est dite propice à considérer les pensées et les sentiments comme des événements mentaux transitoires et à les observer avec une attitude ouverte et acceptante.

En ce qui concerne les liens entre la *mindfulness* et le MW, si le rôle central du MW pendant la pratique de la *mindfulness* a largement été étudié, la relation subtile entre les deux reste une question ouverte. Certains auteurs ont proposé que le MW et la *mindfulness* soient des états mentaux divergents, et ont trouvé une corrélation négative entre la *mindfulness* dispositionnelle (prédisposition naturelle en chacun de nous) et la tendance à rêvasser dans la vie quotidienne (Mrazek et al., 2012), et une diminution des pensées non liés à la tâche suite à la pratique de la *mindfulness* (Mrazek et al., 2012, 2013). Cependant, d'un point de vue théorique, l'état de *mindfulness* n'implique forcément pas l'absence de MW. En effet, la pratique de la *mindfulness* est associée à l'observation et à la reconnaissance des contenus actuels de la conscience, qu'il s'agisse d'émotions, de perceptions corporelles, de discours intérieur ou d'images mentales, contrairement à d'autres traditions contemplatives qui se concentrent davantage sur la cultivation d'une attention très stable, comme le *Samatha* (correspondant à l'AF) et certains types de méditation yogique (Wallace, 2006). Par ailleurs, Seli et al. (2015) ont rapporté que la tendance autodéclarée à s'engager délibérément et spontanément dans un épisode de MW, dans la vie quotidienne, était corrélée positivement et négativement avec la pleine conscience dispositionnelle, respectivement. Thomson et al. (2015) ont, en parallèle, rapporté une relation négative entre la tendance MW et l'ampleur du clignement attentionnel (le fait que lorsque deux cibles sont présentées dans une série de stimuli en succession rapide, la deuxième cible n'est souvent pas détectée), bien que dans cette étude la corrélation ait été observée avec la dimension spontanée et non pas avec la dimension délibérée. Cependant, les auteurs ont noté qu'un effet similaire avait été rapporté chez des méditants experts dans le cadre d'une méditation à attention « ouverte » (AO) comparativement à une méditation à attention « focalisée » (van Vugt & Slagter, 2014). Les auteurs ont interprété ces résultats en proposant que le MW pouvait représenter une tendance naturelle à s'engager ouvertement sur le monde dans un état attentionnel « ouvert » comme le font volontairement les méditants. Ils concluent que « [...] le MW peut être le résultat comportemental d'un style cognitif servant à empêcher les individus de se « surinvestir » dans des événements spécifiques de

---

l'environnement, car le surinvestissement peut être gravement préjudiciable au traitement d'autres stimuli (potentiellement critiques) » (Thomson et al., 2015). Cette description correspond bien à la fois à la pratique d'AO, à la dimension flexibilité du modèle de métacontrôle et aux tâches de PM, au sein desquelles les individus doivent accomplir une tâche en cours tout en détectant d'autres stimuli critiques (les indices de MP). Ainsi, selon ce point de vue, les différences interindividuelles dans la tendance au MW et à la dimension de flexibilité (métacontrôle) devraient probablement prédire les performances de MP. Enfin, comme proposé dans un cadre théorique récent par Brandmeyer & Delorme (2021), la *mindfulness* et le MW sont susceptibles d'avoir une relation complexe et non linéaire : La pratique de la *mindfulness* peut influencer le MW spontané et ses fondements neuronaux en différentes manières : (1) en augmentant la méta-conscience du MW chez les méditants ; (2) en améliorant les compétences de contrôle attentionnel ; (3) en dé-automatisant la réponse émotionnelle des méditants face au contenu du MW ; et (4) en leur permettant d'adopter une attitude plus ouverte et acceptante envers le MW, atténuant ainsi ses effets néfastes potentiels, tout en améliorant sa portée projective et créative.

De nombreuses études ont questionné et mis en avant le rôle de la méta-conscience dans la relation entre la *mindfulness* et le MW (Brandmeyer & Delorme, 2021). Schooler (2002) a développé une vision théorique de la méta-conscience qui s'appuie sur les travaux sur la métacognition (cognition sur la cognition ; Nelson, 1996) qui distingue : (1) la connaissance méta-cognitive, c'est-à-dire la connaissance de faits généraux sur le fonctionnement mental ; (2) la surveillance méta-cognitive, c'est-à-dire le suivi de ses opérations mentales ; et (3) le contrôle méta-cognitif, c'est-à-dire l'utilisation des résultats de la surveillance méta-cognitive pour moduler la performance. Schooler (2002) propose que la surveillance méta-cognitive puisse être effectuée avec ou sans conscience explicite et a donc établi une distinction entre la surveillance tacite non consciente et la méta-conscience. En conséquence, selon ce point de vue, la méta-conscience implique la « capacité de prendre note explicitement du contenu actuel de la conscience » (Schooler et al., 2011, 2015; Seli et al., 2017). Un exemple parlant pour rendre compte de la méta-conscience est la détection du MW. Alors que vous êtes en train de lire ce passage de la thèse, vous remarquez soudainement qu'au lieu de prêter attention au texte, votre esprit est ailleurs, occupé par autre chose. Ce moment où vous remarquez que votre esprit vagabonde exige que vous portiez un jugement conscient sur le contenu de votre conscience,

---

par exemple sous la forme suivante « Je ne prête pas attention à cette thèse ! ». Cette forme de méta-conscience exige donc que l'on soit consciemment attentif à son contenu : nous ne sommes plus concentrés sur notre lecture, mais sur nos propres contenus mentaux, par exemple l'épisode du MW. Cette forme de méta-conscience est également « propositionnelle », dans la mesure où elle implique des jugements généralement verbaux (Bastian et al., 2017), structurés par des propositions comme « Je ne fais pas attention ! ». De même, la méta-conscience est intermittente, en ce sens qu'elle ne se manifeste qu'à des moments précis où l'on prête explicitement attention au contenu ou aux processus de sa conscience et où l'on porte des jugements à leur sujet.

*Mindfulness* et MW sont ainsi, généralement et souvent à juste titre, considérés comme les côtés opposés d'une même pièce. Pourtant, au regard des multiples processus cognitifs qu'ils sous-tendent, nous commençons à entrevoir les nombreux liens pouvant être tissés entre ces deux états de conscience et la MP. Cependant, bien que de nombreuses études sur l'impact de la méditation sur la cognition ont montré des bénéfices sur différentes capacités cognitives impliquées dans la MP, notamment le contrôle attentionnel et les fonctions exécutives, aucune d'entre elles ne s'est véritablement intéressée à la MP et encore moins aux effets positifs possibles du MW sur ce type de mémoire, *via* des mécanismes de projection dans le futur et de consolidation des événements passés. Dans cette section, la phénoménologie de chacun de ces deux états de conscience sera présentée, puis les liens qui les opposent ou qui les unissent seront ainsi détaillés à travers quatre modalités sous-tendant la MP : les fonctions exécutives, la mémoire rétrospective, les modulations attentionnelles et la méta-conscience.

### **3.2. *Mind wandering* : À quoi pensons-nous quand on pense ?**

“*Our mental life, like a bird's life, seems to be made of an alternation of flights and perchings.*” (William James, 1884). Dès la fin de XIX<sup>ème</sup> siècle, William James, l'un des fondateurs de la psychologie scientifique, conceptualisait déjà le vagabondage de l'esprit comme un élément central du flux de la pensée, qu'il décrivit avec son introspection aiguisée comme un « courant de conscience ». Selon James, la pensée n'est pas une suite discontinue « d'états mentaux » mais un flux continu dont l'écoulement est rythmé par des haltes et des envolées. Il reconnut, par la même, le défi que cela pouvait représenter, pour le commun des mortels, d'empêcher son esprit

---

de s'égarer irrémédiablement ; le fait même de tenir fermement un objet attentionnel « labile » à l'esprit représentait pour William James « l'accomplissement essentiel de la volonté... ».

Chaque jour, l'être humain consacre ainsi une partie conséquente de son temps d'éveil (entre 30 et 50%, Kane et al., 2017; Killingsworth & Gilbert, 2010) à penser à autre chose que ce qu'il est en train de faire. Par exemple, lorsque nous regardons le paysage et que nous commençons à nous imaginer capitaine au long court ou légende du rock, lorsque nous marchons en pensant à demain ou en passant en revue la soirée de la veille, ou tout simplement lorsque nous sommes en voiture et que nous manquons la sortie, pour toutes les raisons précédemment citées. Cette expérience, consistant à se perdre dans ses pensées, est un cas prototypique d'un phénomène cognitif connu sous le nom de vagabondage de l'esprit, ou *mind wandering* (MW). Ce processus cognitif, fondamentalement humain se produit ainsi lorsque notre esprit cesse d'être présent et commence à suivre un courant de pensées sans rapport avec la tâche à accomplir (J. Smallwood & Schooler, 2006b). Ce flux de pensées peut alors inclure des souvenirs, des plans futurs, des rêves éveillés et des fantasmes, des images mentales, des interactions sociales simulées ou encore des ruminations, etc. (Christoff et al., 2016). Si quelques auteurs se sont bien penchés sur la question du MW au cours de la seconde moitié du XX<sup>ème</sup> siècle (Antrobus et al., 1970; Singer, 1993), ce n'est qu'au cours des deux dernières décennies que le MW a véritablement fait l'objet d'un grand intérêt scientifique. L'étude de la « pensée auto-générée » (*self-generated thought*) et de ses mécanismes psychologiques et neuronaux sous-jacents est même devenue un objectif clé de la recherche en neurosciences cognitives ces dernières années (Callard et al., 2013; Christoff et al., 2016a; K. C. Fox et al., 2018; J. Smallwood & Schooler, 2006b).

Contrairement à ce que suggère l'anecdotique description faite ici du MW, son opérationnalisation et sa définition théorique sont les pierres d'achoppement d'un débat passionné (Christoff et al., 2018; Irving & Glasser, 2020; Seli et al., 2018). Certains le définissent comme des pensées « sans lien avec la tâche » (Giambra, 1989; Smallwood & Schooler, 2006), « indépendantes aux stimuli externes » (Antrobus, 1968; Stawarczyk et al., 2011), ou bien comme un « flux de pensées dynamique et sans contrainte » (Christoff et al., 2016b). Il a été également suggéré de distinguer deux formes de MW : l'une spontanée et l'autre volontaire (Carriere et al., 2013; Seli et al., 2016). La première correspond à un passage involontaire d'une focalisation liée à la tâche à une focalisation non liée à la tâche, tandis que la seconde représente

---

un choix conscient de cesser de prêter attention à la tâche en cours. Cette distinction met en évidence deux causes différentes du MW : la forme spontanée semble être la conséquence d'une défaillance du contrôle exécutif (McVay & Kane, 2010) et est associée à une distractibilité élevée (Chiorri & Vannucci, 2019; Vannucci et al., 2020), tandis que la forme volontaire semble davantage liée à une diminution de la motivation à suivre une tâche donnée (Robison & Unsworth, 2018a; Seli, Cheyne, et al., 2015). Pour rendre compte de ces diverses définitions, souvent concurrentes, Seli et al. (2018) ont proposé de considérer le MW dans une perspective de ressemblance familiale (Family-Resemblance View), consistant en une famille de concepts se chevauchant les uns les autres, mais sans nécessairement partager les mêmes caractéristiques. Le MW peut y être décrit avec de multiples définitions ordonnées hiérarchiquement selon leur degré de « prototypicité » dans la famille. Les membres les plus prototypiques partagent alors plus d'attributs avec les autres membres de la famille que les membres moins prototypiques. Une définition du MW caractérisée par l'absence de lien avec la tâche ou la spontanéité décrit ainsi une forme plus prototypique du MW qu'une définition caractérisée uniquement par une évolution dynamique, car ces caractéristiques sont plus fréquemment utilisées comme facteurs de définition. Ces caractéristiques du MW incluent (mais ne sont pas limitées à) la non-relation avec la tâche, la non-intentionnalité, l'indépendance vis-à-vis du stimulus et les fluctuations dynamiques/non-contraintes. Heureusement pour son auteur, cette thèse n'a pas pour objectif de résoudre le débat sur la définition du MW, ni même d'ailleurs d'en faire un examen complet. Néanmoins, il est important de garder à l'esprit toutes ces approches théoriques car elles déterminent l'opérationnalisation du MW qui, à son tour, peut influencer les résultats expérimentaux concernant son impact sur les processus cognitifs.

Quelle que soit la définition utilisée, le cœur du MW est un désengagement attentionnel de l'environnement, ce qui n'est pas un phénomène sans conséquences. Plusieurs études soulignent l'impact du MW sur le fonctionnement de divers processus cognitifs (Kam & Handy, 2013; Mooneyham & Schooler, 2013; Randall et al., 2014; Smallwood & Schooler, 2015). Le consensus général se positionne en faveur d'un impact largement négatif, entravant notamment l'attention focalisée (McVay et al., 2009; Thomson et al., 2015), la capacité de la mémoire de travail (Mrazek et al., 2012; Unsworth & Robison, 2016) et l'encodage de la mémoire épisodique (Blondé et al., 2022) pour ne citer que quelques études. Cependant, il serait curieux qu'un phénomène aussi répandu ne serve à rien. Certains résultats expérimentaux



---

suggèrent que le MW peut également conduire à des conséquences positives (Mooneyham & Schooler, 2013). L'un des plus intrigants est que des cas particuliers de MW pourraient contribuer à améliorer l'encodage de la mémoire (Maillet et al., 2017; Maillet & Schacter, 2016; Wammes et al., 2016). Les pensées dépendantes du stimulus (c'est-à-dire les pensées associées à un indice environnemental mais non liées à la résolution de la tâche), notamment, peuvent faciliter l'encodage en permettant une élaboration supplémentaire du stimulus (Maillet et al., 2017 ; Maillet & Schacter, 2016). En plus de l'encodage en mémoire, il a également été suggéré que le MW puisse également améliorer la consolidation de la mémoire. Il a, ainsi, été démontré que le rappel d'un souvenir entraîne un ré-encodage de l'événement, favorisant sa consolidation à long terme (Alberini & LeDoux, 2013; Nadel et al., 2012). Par conséquent, le MW pourrait alors contribuer à la rétention et à la spécificité des souvenirs à long terme en récupérant régulièrement ces souvenirs et en les ré-encodant (Mills et al., 2018). De plus, une fonction adaptative probable de la MW pourrait être de désengager la cognition de l'ici et maintenant pour envisager des objectifs futurs. Le contenu du MW peut en effet soit être atemporel ou bien orienté vers le passé ou le futur (Jackson et al., 2013), et cette caractéristique est directement liée au fonctionnement émotionnel et cognitif. Par exemple, une association commune est trouvée entre l'humeur négative et le MW orientée vers le passé (Smallwood et al., 2004), suggérant que les personnes se sentant tristes ou déprimées sont plus enclines à penser au passé plutôt qu'au futur. Cependant, conformément à l'idée que le MW est déclenché par des préoccupations actuelles (Klinger, 1999), plusieurs études ont révélé que le contenu du MW est principalement orienté vers un objectif, pertinent pour soi et dirigé vers l'avenir (Baird et al., 2011; D'Argembeau et al., 2011; Smallwood et al., 2009; Song & Wang, 2012; Stawarczyk et al., 2011). Les épisodes de MW consistent souvent en une planification autobiographique et une réflexion prospective, généralement déclenchées par un indice (par exemple, voir un chat en allant au travail et commencer à penser à acheter de la nourriture pour son propre chat). Cette orientation vers le futur du MW met en lumière l'une de ses fonctionnalités : anticiper, planifier et préparer des actions futures par la simulation mentale. Plusieurs études ont d'ailleurs rapporté que le MW est principalement orientée vers le futur et vers la réalisation d'objectifs futurs pertinents pour soi (Baird et al., 2011; Kvavilashvili & Rummel, 2020; Stawarczyk et al., 2011). Plus précisément, la MW orientée vers le futur servirait davantage à la réalisation d'objectifs particulièrement concrets (c'est-à-dire des intentions planifiées), plutôt qu'à une pensée future épisodique moins concrète (Medea et al., 2018).

---

Quoiqu'il en soit, il est évident que de telles fluctuations attentionnelles, notamment si elles sont spontanées et sans conscience de leurs occurrences, puissent avoir un impact considérablement négatif sur certaines étapes de la MP. Ainsi, que ce soit lors de l'encodage des intentions ou lors de la détection de la cible (ou auto-initiation de l'action), le simple fait d'être totalement déconnecté de ce que nous faisons à ce moment-là sera analogue à une situation d'attention divisée et aura un impact négatif sur le traitement des stimuli environnementaux (encodage et récupération des PM). Cependant, lorsque le contenu du MW est lié plus ou moins directement à certains stimuli externes, il peut favoriser leur traitement, générant des associations spontanées, à l'instar de la période d'incubation dans les processus de créativité. Dans certains cas précis, où l'individu s'attache à des pensées liées aux stimuli, ce traitement associatif permettra probablement de mieux les encoder, que ce soit pendant la planification ou au cours de la période de rétention de la MP. En effet, si l'utilisation de pensées orientées vers le futur pourraient améliorer la planification d'une intention (Kvavilashvili & Rummel, 2020), lorsqu'elles interviennent au stade initial de la formulation de l'intention, que se passerait-il si les pensées liées aux intentions interviennent alors au cours la phase de rétention entre la formation de l'intention et l'opportunité de l'exécuter ? Il se pourrait bien que les épisodes de MW, durant cette période de rétention, permettent également aux participants de ré-encoder les intentions et de renforcer leur contenu. Cette hypothèse est cohérente avec la littérature, dans la mesure où les pensées orientées vers le passé seraient davantage associées à de l'imagerie mentale (Stawarczyk et al., 2013). L'imagerie mentale permettrait d'une part, de rappeler visuellement la source de l'encodage, et d'autre part, d'imaginer des scénarii futurs lié aux intentions (Brewer et al., 2010) comme s'imaginer en train de les réaliser, en associant tout le contexte qui entoure la réalisation de l'action prospective. Les pensées orientées vers le passé serviraient donc, dans ce cas, à consolider une intention déjà programmée. Les pensées orientées vers le futur, quant à elle, impliqueraient davantage le discours intérieur, et seraient plus pertinentes sur le plan personnel, plus concrètes. Cette forme particulière de MW pourrait ainsi contribuer à la planification autobiographique et donc aux intentions de MP. Le discours intérieur permettrait la représentation mentale future des intentions grâce à l'énonciation interne de l'action future pour mieux la planifier (Stawarczyk et al., 2013). Cette hypothèse est purement spéculative et reste à être étudiée.

---

### 3.3. *Mindfulness* : Conscience pleine ou pleine conscience ?

Contrairement à l'idée que tout le monde s'en fait, la méditation n'est pas uniquement dérivée de la pensée Bouddhiste. En réalité, comme en attestent de très anciennes fresques vieilles de 4000 ans, découvertes sur les parois d'antiques cavernes indiennes et représentant des personnages en posture de méditation, la méditation semble avoir été pratiquée bien avant la naissance du Bouddha, plusieurs millénaires auparavant (Walsh & Shapiro, 2006). Par la suite, naitrons divers courant selon les religions, avec notamment Bouddha comme fer de lance, qui transmettra son expérience à travers la religion bouddhiste, après avoir atteint l'illumination grâce à la méditation sous « l'arbre de la Bodhi ». Pour autant, comme le suggère Hart (2004), les pratiques contemplatives ne sont pas nécessairement liées à la spiritualité, mais développent plutôt notre capacité humaine naturelle à connaître par l'observation et la conscience.

La méditation est couramment utilisée dans la littérature comme un terme générique couvrant différentes pratiques très hétérogènes allant de méthodes basées sur le mouvement comme le yoga, le tai-chi, le qi-gong (Schmalzl et al., 2014) aux pratiques héritées de la tradition bouddhiste sur lesquelles se sont développées les protocoles de *mindfulness*, désormais largement utilisés en psychothérapie (Rubia, 2009). C'est sur cette dernière pratique que se focalise notre intérêt. Dans la littérature sur la *mindfulness*, on retrouve de nombreuses définitions de ce concept, lesquelles présentent des variations, d'un auteur à l'autre, tant sur le plan théorique que sur le plan opérationnel. La définition et la traduction précises du terme *mindfulness* (Pali : sati ; sanskrit : smrti) restent des sujets fortement débattus parmi les érudits et les scientifiques bouddhistes (Brown & Ryan, 2003; Fox et al., 2014). Voici néanmoins quelques définitions complémentaires et représentatives :

« L'objectif de la méditation de pleine conscience est d'atteindre un aperçu de la vraie nature du soi et du monde pour parvenir à la fin de la souffrance, qui résulte d'une compréhension incorrecte de la réalité »

(Chiesa & Malinowski, 2011).

---

« Ainsi, la pleine conscience est la prise de conscience et l'acceptation sans jugement, par un esprit clair et calme, de son expérience présente, sans poursuivre l'expérience ni la repousser »

(Singh et al., 2007)

« La pleine conscience consiste à prêter attention d'une manière particulière : de manière ciblée, dans le moment présent et sans jugement »

(Kabat-Zinn, 1994)

Bishop (2004) utilise une définition opérationnelle de la *mindfulness* selon deux composants : des processus de régulation attentionnelle permettant de se focaliser sur l'expérience du moment présent et l'adoption d'une attitude, envers chaque expérience, empreinte de curiosité, d'ouverture et d'acceptation (Dahl et al., 2015; Kabat-Zinn, 1994). Dans le premier cas, cela impliquerait nécessairement des capacités d'attention soutenue et de réorientation attentionnelle, afin de maintenir durablement son attention sur l'expérience vécue. L'inhibition cognitive serait également requise afin de limiter le flot distracteur de nos pensées internes et ainsi empêcher la capture de l'attention par des événements, externes ou internes, non lié à l'expérience en cours. Dans le second cas, cette disposition d'ouverture d'esprit serait essentielle car la *mindfulness* implique l'observation simple et sans jugement des événements afin que ceux-ci soient perçus « comme pour la première fois ». Ces deux composants seraient également précédés par l'intention (Shapiro et al., 2006) qui va déterminer l'adoption d'une attitude particulière de *mindfulness*. L'intention fait référence au terme *sanskrit* : *sankalpa*, dont la traduction littérale est : « *San*, connexion avec la vérité la plus haute », et *kalpa*, « vœu ». Ainsi, la traduction de *sankalpa* est une intention sincère, profonde, soit une volonté affirmée d'accomplir quelque chose, un vœu solennel (Butera & Kreatsoulas, 2018). *Sankalpa* est donc beaucoup plus qu'une simple « bonne résolution », c'est une détermination venant du plus profond de nous-mêmes, une affirmation qui reflète notre vraie nature.

La *mindfulness* fait référence à la fois à un état d'esprit et aux pratiques qui développent cet état d'esprit. Si la *mindfulness*, en tant qu'état de conscience ou attitude, peut être cultivé grâce à une pratique régulière (Lutz et al., 2015), elle peut également être présente, à « l'état naturel », à des degrés variables chez tout individu. On qualifie alors cette prédisposition, de

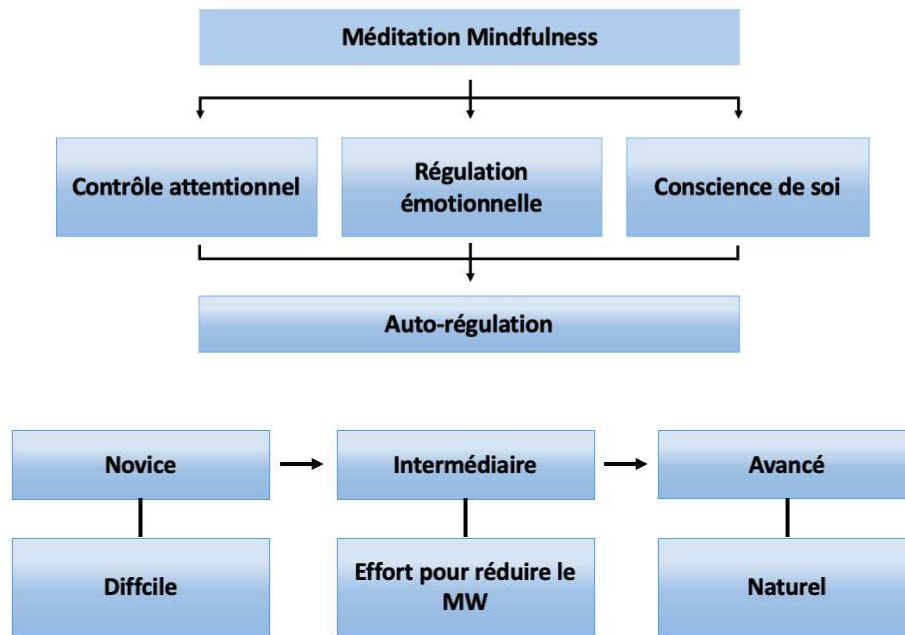
---

*mindfulness* dispositionnelle (Baer et al., 2006). Elle est la propension, en chacun de nous, à faire naturellement attention et à prendre du recul sur sa conscience, autrement dit la prédisposition à être pleinement présent. La pratique de la *mindfulness* consiste alors en des variations de l'intensité du trait de *mindfulness*, niveau qui peut évoluer dans le temps (Brown & Ryan, 2003). En effet, les variations interindividuelles de *mindfulness* dispositionnelle sont dues à nos expériences personnelles, à notre développement. De nombreuses études ont démontré les liens entre *mindfulness* dispositionnelle et le stress (Goldberg et al., 2018; Stanley et al., 2011), les traits de personnalité (Siegling & Petrides, 2014), de même que d'autres facteurs psychologiques combinés tels que la qualité de vie et le comportement adaptatif (Goldberg et al., 2018; Sahdra et al., 2011).

Au cours des dernières décennies, nous avons assisté à une augmentation exponentielle de l'intérêt scientifique et des recherches sur les effets des pratiques de méditation et des interventions basées sur la *mindfulness* sur la structure et les fonctions cérébrales, pour ne citer que ces domaines d'études (Fox et al., 2014; Lazar, 2013). L'accumulation des résultats de recherche fournit des preuves convaincantes que les pratiques corps-esprit telles que la méditation sont associées à des améliorations des processus cognitifs et affectifs (Tang et al., 2015). Pour mettre en évidence les divers processus cognitifs sous-tendant la méditation et rendre compte des améliorations qu'elle entraîne dans le cadre d'une pratique régulière, différents modèles théoriques dans le cadre d'une pratique régulière. Bien que leur terminologie diffère, ces modèles s'accordent sur le déploiement de trois mécanismes fondamentaux : le contrôle attentionnel, la régulation émotionnelle et la conscience de soi (*self-awareness*) (Hölzel et al., 2011; Tang et al., 2015). La conscience de soi comprend à son tour divers processus, comme par exemple la conscience de ses propres pensées ou d'aspects plutôt liés au corps (proprioception et intéroception). De même, le contrôle attentionnel peut être mis en œuvre différemment selon le type de pratique, comme nous allons le voir par la suite. Concernant la régulation émotionnelle, le débat est toujours ouvert quant aux mécanismes qui seraient développés par la méditation (Chiesa et al., 2013).

Tang et al. (2015) définissent l'attention et la conscience de soi comme étant les caractéristiques centrales de la *mindfulness*. Les auteurs ont alors proposé un modèle décrivant les mécanismes et les étapes de l'impact de la *mindfulness* sur la régulation de soi, de même que les changements comportementaux et les modifications dans l'activité et les structures

cérébrales après un entraînement à la méditation de *mindfulness*. Selon leur modèle, les composantes essentielles de la pratique méditative seraient donc : le contrôle attentionnel, la régulation émotionnelle et la conscience de soi (voir **Figure 3**). Ces trois composantes interagiraient étroitement afin de constituer un processus d'autorégulation renforcé. La *mindfulness* peut être également divisée en trois stades de pratique différents – débutant, moyen (intermédiaire) et avancé – impliquant des efforts différents (voir **Figure 3**).



**Figure 3.** Les composantes essentielles de la méditation, selon (Tang et al., 2015)

Cette modélisation apportée par Tang et al. (2015) est bien soutenue empiriquement par de nombreuses études de neuro-imagerie, concernant chacune des caractéristiques mise en avant. Si les auteurs veillent, néanmoins, à rappeler la majorité des études sur la *mindfulness* sont généralement confrontées à des défis méthodologiques dans leur conception, limitant la portée des interprétations relatives à leurs résultats, de nombreux changements neurostructurels ont été nettement attribués à la pratique de la *mindfulness*.

Comme nous l'avons vu précédemment, l'une des manières les plus connues d'atteindre un état de *mindfulness* est la pratique de la méditation. Cette pratique comprend différentes techniques qui permettent d'améliorer la régulation attentionnelle et émotionnelle afin d'acquérir une plus grande stabilité émotionnelle et un meilleur bien-être (Hölzel et al., 2011;

---

Lutz et al., 2008). Les deux grandes pratiques, centrales, de la *mindfulness* sont : l'attention focalisée (AF) et l'attention ouverte (AO). Ces pratiques diffèrent en de nombreux points, notamment celui d'induire des états de contrôle métacognitifs différents (Hommel & Colzato, 2017).

Dans le bouddhisme, l'attention focalisée se réfère à une pratique appelée « *shamatha* », mot *sanskrit* que l'on peut littéralement traduire par « calme mental ». L'AF correspond à l'engagement et au maintien d'une attention soutenue sur un objet choisi, telles que les sensations physiques provoquées par la respiration, tout en contrôlant les distracteurs externes et les pensées intrusives (vagabondage de l'esprit), et en ré-engageant l'attention sur l'objet si le focus attentionnel est perdu. En résulte un apaisement et une clarification de l'esprit. L'objectif d'un exercice d'AF est donc double puisqu'il s'agit à la fois de maintenir l'attention sur l'objet choisi et de prendre conscience du moment où l'esprit s'égaré, afin de ramener l'attention sur l'objet. L'AF est l'une des pratiques les plus courantes à enseigner aux pratiquants novices. L'enseignement peut varier légèrement dans les différentes traditions, tout comme le degré de focalisation de l'attention (Dahl et al., 2015). Ce qui distingue la pratique de l'AF d'un état d'absorption attentionnelle, comme regarder un film passionnant ou être absorbé par une conversation importante, est la présence d'un degré élevé de méta-conscience. Les praticiens novices doivent, en effet, développer une méta-conscience suffisante pour remarquer quand ils ont perdu le focus attentionnel et ainsi se recentrer sur l'objet. Dans l'ensemble, l'expérience est censée être caractérisée par une plus grande acuité de la conscience chez les praticiens experts, par rapport aux novices (Lutz et al., 2015). Cette pratique développe fortement l'attention soutenue grâce au renforcement de trois processus : la vigilance associée à la gestion des stimuli pouvant distraire de l'objet choisi, le désengagement attentionnel des stimuli distracteurs lorsque l'attention n'est plus focalisée sur l'objet, et la réallocation attentionnelle sur l'objet choisi (Hasenkamp et al., 2012).

Les différentes pratiques caractéristiques d'une AO peuvent varier dans leur forme et dans leurs instructions, cependant elles partagent une caractéristique clé commune : la culture de la méta-conscience sans focalisation particulière sur un objet spécifique. En effet, contrairement à l'AF, l'AO est une forme de méditation sans objet, au cours de laquelle les méditants tentent d'élargir leur focus attentionnel au flux continu des expériences qui les entoure, tout en évitant de fixer son attention sur phénomène spécifique. Elle consiste plus

---

directement à « prendre conscience à chaque instant de toute pensée, sentiment ou sensation sans s’y attacher, ni y réagir, sans sélection ni focalisation prolongée et sans élaboration secondaire » (Lutz et al., 2008). Le champ attentionnel est ainsi volontairement élargi pour intégrer à peu près tout, jusqu’à la conscience elle-même. Là où dans l’AF, il est possible de s’appuyer sur objet cible prédéfini lorsque l’esprit s’égare, il est bien plus difficile dans l’AO de ne pas se faire « piéger » par un élément de l’expérience, qui agirait alors comme un distracteur sur lequel nous pourrions vagabonder allègrement. L’AO correspond dans le Bouddhisme à la pratique de vipashyana, terme sanskrit signifiant « vision pénétrante ». C’est la vision pénétrante de la nature de l’esprit et des phénomènes (Ricard, 2011). Plusieurs comptes rendus de cette pratique (Dahl et al., 2015; Lutz et al., 2008; Namgyal, 2001) soulignent sa dépendance à l’AF pour atteindre un suivi stable sans « capture ». Le méditant doit d’abord développer une méta-conscience relative à l’exercice consistant à se concentrer sur un objet spécifique, puis relâcher progressivement l’étreinte de son attention sur l’objet, pour enfin s’appuyer uniquement sur le processus de monitoring/surveillance. En ce sens, dans l’AO, il n’y a pas de distinction entre le premier plan et l’arrière-plan de l’expérience, et différentes caractéristiques phénoménologiques telles que les émotions ou l’attention restent dans le même « espace » de conscience. Ces pratiques visent à développer une « conscience réflexive des caractéristiques habituellement implicites de sa vie mentale » (Lutz et al., 2008), ce qui aurait un impact sur les habitudes cognitives et émotionnelles, caractérisé par une sensibilité accrue aux stimuli environnementaux et intéroceptifs, mais une diminution de la réactivité émotionnelle. En termes de dimensions phénoménologiques, l’état d’AO serait caractérisé par une méta-conscience plus accrue que dans celui d’AF, tant chez les pratiquants experts que novices (Lutz et al., 2008).

Si la méditation est souvent considérée et utilisée comme une technique de réduction du stress (Chiesa & Serretti, 2009), son potentiel d’amélioration des capacités cognitives a été souligné dès ses débuts (Luk, 1994). Certaines techniques de méditation bouddhistes visent explicitement et intentionnellement l’entraînement et l’amélioration de la concentration (manasikara) et de l’intuition (vipassanā ; Santucci, 1979), qui reposent sur le contrôle attentionnel et les fonctions cognitives de haut niveau qui, selon Lutz et al. (2008), sont systématiquement affectés et améliorés par la méditation. Ces liens présumés avec l’amélioration des fonctions cognitives ont attiré l’attention des chercheurs, qui ont

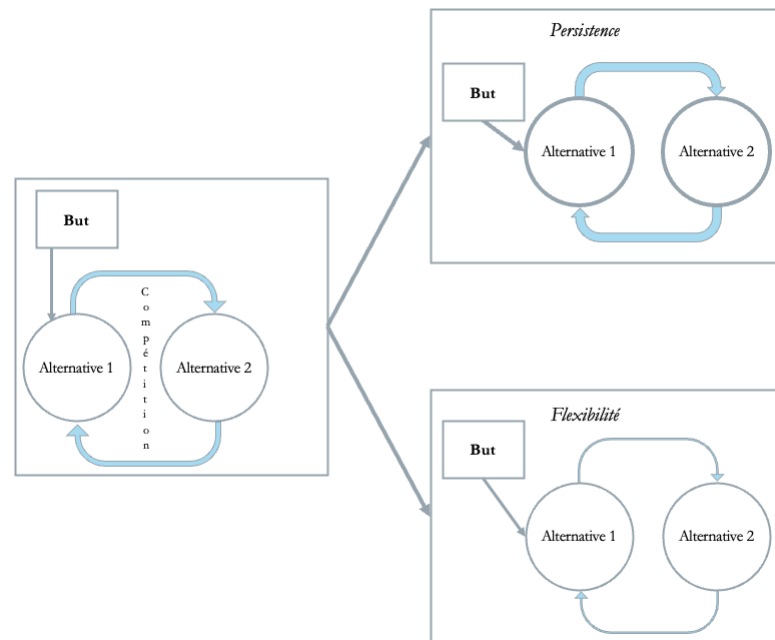


---

effectivement démontré que les méditants actifs présentaient de meilleures performances dans de multiples tâches cognitives (Lippelt et al., 2014). Des études récentes suggèrent que la méditation pourrait même avoir un impact sur les capacités cognitives en l'absence d'une pratique prolongée. Tout comme pour les effets à long terme, généralement issus d'études s'étendant sur des semaines, des mois ou plus (Lippelt et al., 2014), ces effets à court terme (issus d'études ne dépassant pas 1 à 2 heures) ont été observés sur l'attention sélective, la surveillance des conflits et les tâches liées à la créativité, et l'AF et l'AO semblent avoir eu des effets opposés. Hommel & Colzato (2017b), dans leur modèle de métacontrôle, font l'hypothèse que les pratiques de l'AF et de l'AO induiraient des états de métacontrôle particuliers, c'est-à-dire des états qui modèrent la manière dont les individus exercent un contrôle cognitif sur des processus de niveau inférieur.

Avant toute chose, la logique supposerait que des capacités de contrôle cognitif optimales soient caractérisées par une forte concentration sur un objectif pertinent et l'ignorance des informations non pertinentes pour cette objectif (le concept de volonté), tandis que les difficultés à se concentrer et à ignorer les éléments parasites soient considérées comme l'indication d'un manque certain de capacités de contrôle. Cependant, il est de plus en plus évident que la volonté seule ne représente qu'un versant des capacités de contrôle. Si une forte concentration sur un objectif peut s'avérer bénéfique dans certaines conditions, d'autres conditions nécessiteraient une plus grande ouverture du focus attentionnel et une meilleure flexibilité, permettant la prise en compte d'autres objectifs connexes et les informations qui s'y rapportent. C'est ce que défend le modèle de métacontrôle de (Hommel & Colzato, 2017), selon lequel les gens sont à même de pouvoir faire varier leur style de traitement cognitif, sur un continuum comportant aux extrémités les pôles de la « persistance » d'une côté et de la « flexibilité » de l'autre. Alors qu'un degré élevé de persistance correspond à l'idée originale du contrôle cognitif en matière de volonté, avec une forte concentration sur un objectif et les seules informations qui s'y rapportent, un degré élevé de flexibilité se caractériserait par un style de traitement plus intégratif, moins sélectif et exclusif, qui faciliterait le passage d'une tâche, d'une idée ou d'une action à l'autre, ainsi que la prise en compte d'un éventail plus large de possibilités relatives au contexte de l'expérience vécue (Goschke, 2000; Hommel, 2015; Hommel & Colzato, 2017a). En résumé, le modèle de métacontrôle suit une logique bipolaire : le contrôle cognitif découle d'un équilibre efficace, adapté à la situation, entre les pôles

opposés de la dimension persistance-flexibilité. Cet équilibre est un compromis entre deux pôles, une persistance cognitive plus stable au détriment d'une flexibilité cognitive réduite, une faible persistance cognitive au bénéfice d'une flexibilité cognitive accrue (voir **Figure 4**).



**Figure 4.** Composant essentiel des modèles de prise de décision, selon (Hommel & Colzato, 2017b)

En ce qui concerne les caractéristiques du traitement cognitif, la persistance et la flexibilité sont supposées être caractérisées par le degré de contrôle exercé sur le traitement cognitif par le ou les objectifs en cours et par l'esprit de compétition (niveau de motivation intrinsèque). Selon Bogacz (2007), une prise de décision optimale est guidée par les objectifs en cours et est de nature compétitive (le gagnant remporte tout). Cela signifie que lorsqu'une alternative est fortement activée, d'autres alternatives auront tendance à être moins préférées ou moins activées. Par exemple, si mon fils Eloan hésite entre préparer une dissertation pour l'école et regarder une série, l'activation plus forte de l'alternative de la préparation de la dissertation diminuera l'activation de la préférence pour la série. En d'autres termes, si l'objectif d'Eloan est de réussir son test d'allemand, l'alternative de la rédaction sera soutenue, ce qui l'aidera à inhiber la préférence pour la série. Un aspect central du modèle de métacontrôle est que le degré de concurrence entre les alternatives et la pertinence des objectifs sont déterminés par l'état de métacontrôle sur le moment. La persistance est supposée être caractérisée par un impact fort du ou des objectifs actuels et par un degré élevé de motivation intrinsèque, tandis

---

que la flexibilité est supposée être caractérisée par un faible impact du ou des objectifs et une faible motivation intrinsèque. Pour en revenir à notre exemple, un état de persistance fort ferait qu'Eloan hésiterait entre la préparation de la dissertation et la série, et finirait par prendre une décision radicale concernant l'une ou l'autre des deux options, éventuellement guidée par l'objectif de réussir le test d'allemand. D'un autre côté, un état de flexibilité fort pourrait inciter Eloan à essayer de combiner les deux options, en écrivant par exemple sa dissertation devant sa série. Cette modélisation émergente s'accorde bien avec les données empiriques, que nous aborderons en détails dans les sections suivantes. Dans l'ensemble, ce modèle de métacontrôle se veut comme un outil utile pour donner un sens aux effets à court et à long terme de la méditation et pour générer des prédictions en faveur de l'une ou l'autre pratique de méditation que sont l'AF et l'AO.

En conclusion, les styles de méditation AF et AO sollicitent un ensemble de processus d'ordre métacognitif impliquant fortement les fonctions attentionnelles et exécutives et auraient des effets opposés sur le contrôle exercé sur celles-ci, et ce, même après une unique séance. Ce contrôle, soutenu par deux systèmes antagonistes, oscille entre le maintien d'un objectif (persistance) et la prise en compte des évolutions de l'environnement (flexibilité). L'AF améliorerait ainsi le contrôle attentionnel top-down favorisant le maintien des objectifs, tandis que l'AO diminuerait l'influence top-down incitant à la flexibilité comportementale. Ces fonctions apparaissant comme centrales dans les processus sous-tendant la MP, la pratique de l'AF et de l'AO pourrait améliorer significativement la MP, l'AO pouvant même avoir un effet plus important que l'AF, du fait d'un contrôle attentionnel plus distribué permettant une meilleure flexibilité.

### **3.4. Effet différencié du *mind wandering* et de la *mindfulness* sur la cognition**

S'il est communément admis que la *mindfulness* soit associée à une amélioration des capacités cognitives, notamment attentionnelles, le MW affecterait, quant à lui, grandement les processus attentionnels d'attention soutenue et d'alerte et serait consécutif à un échec du contrôle exécutif à maintenir le but de la tâche et à combattre adéquatement les distractions. Sur cette dimension attentionnelle, la *mindfulness* et le MW sont deux construits radicalement

---

opposés et aurait donc des effets différenciés sur la MP. En ce qui concerne les fonctions exécutives, une fois de plus, la *mindfulness* est positivement associées à chacune des trois fonctions exécutives suivantes : l'inhibition, la flexibilité et la mise à jour, ces trois fonctions sous-tendant largement la MP. Néanmoins, le MW ne serait pas totalement en reste sur cette dimension exécutive, car si les fonctions exécutives les plus communément admises sont l'inhibition, la flexibilité et la mise à jour (Miyake et al., 2000), bien d'autres processus exécutifs sont associées à la grand famille des fonctions cognitives de haut niveau (fonctions exécutives), en l'occurrence la planification, dont le rôle est aussi essentiel dans la MP que l'inhibition et la flexibilité. La *mindfulness* et le MW, bien qu'opposés dans leur phénoménologie, pourraient notamment être complémentaires lors de la formation de l'intention prospective. La mémoire rétrospective, sur laquelle repose une partie de la MP, se retrouve également dans les bénéfices observés après un entraînement à la *mindfulness*, que ce soit à l'encodage ou pendant la consolidation. Si les fluctuations attentionnelles provoquées par le MW et le découplage perceptif qui lui est associé risque fort d'être très délétère pour l'encodage de l'intention prospective et la détection des indices externes, son rôle potentiel sur la consolidation des souvenirs en mémoire et ses mécanismes d'association de pensées (analogue à la créativité) pourrait exercer une influence sur la consolidation des intentions et l'auto-initiation des indices internes. Enfin, le contrôle volontaire ainsi exercé sur nos activités mentales, conscientes ou inconscientes, lié aux processus de méta-conscience, serait susceptible de moduler la nature des processus et mécanismes recrutés dans la MP, au cours de chacune de ces étapes.

### **3.4.1. Modulation attentionnelle**

L'attention n'est pas un processus unique et est ainsi constituée de plusieurs composantes. Le plus célèbre des modèles attentionnels la décompose en trois sous-composantes : l'alerte, l'orientation et la composante exécutive (Petersen & Posner, 2012; Posner & Petersen, 1990). L'alerte est définie comme l'habilité à maintenir un état de vigilance pour être prêt à répondre à un stimulus inattendu. L'orientation correspond à la capacité de focaliser l'attention sur un sous-ensemble de stimuli présents dans l'environnement. La composante exécutive se réfère aux processus de contrôle et de résolution de conflit entre stimuli permettant l'accès aux ressources attentionnelles. Il s'agit là d'un système de surveillance

---

qui vise à ce que l'attention ne se détourne pas de l'objectif attentionnel, en présence de stimuli non compatibles avec cet objectif (Chiesa & Malinowski, 2011; Fan et al., 2002).

#### 3.4.1.1. *Mindfulness*

L'alerte est souvent considérée comme une forme d'attention soutenue, impliquée dans les processus de vigilance et de surveillance des stimuli inattendus. Par exemple, lorsque nous conduisons, nous sommes constamment à l'affût de stimuli inattendus (un cerf qui sort des bois ou une trottinette qui saute d'un trottoir selon où l'on habite) afin de pouvoir réaffecter rapidement notre attention à des stimuli biologiquement pertinents (le cerf ou l'utilisateur de la trottinette qui pourrait se retrouver devant la voiture). Jha et collaborateurs (2007) ont également rapporté, au cours leur étude, de meilleures capacités d'alerte chez des méditants experts ayant participé à une retraite, comparativement à des participants au programme MBSR et des novices. Ces résultats suggèrent qu'une pratique méditative soutenue, néanmoins plus importante qu'un programme MBSR de 8 semaines, détermine l'efficacité des capacités de surveillance des stimuli inattendus.

L'orientation attentionnelle est une composante essentielle au déplacement de l'attention d'un stimulus à un autre (Chiesa & Malinowski, 2011; Fan et al., 2002). Par exemple, lorsque l'on est distrait chez nous par un bruit étrange provenant de l'extérieur mais que nous devons prêter attention au film que l'on est en train de regarder, l'orientation attentionnelle est alors engagée afin de détourner l'attention du bruit pour la porter sur l'écran. Elle permet également au méditant de déplacer son attention des pensées sans rapport avec son objectif (ruminations vers le passé ou projection vers le futur) vers le moment présent. Si Jha et collaborateurs (2007) ont donc bien mis en évidence une influence positive de la *mindfulness* sur les capacités d'orientation, les preuves d'amélioration de cette composante par la méditation sont relativement hétérogènes, comparativement à la composante exécutive. Le méditant expert, ou régulier, semble néanmoins bénéficier d'une d'orientation plus efficace, reflétant ainsi la possibilité que la pratique méditative améliore cette composante (van den Hurk et al., 2010). D'autres études confirment le rôle indispensable de l'orientation attentionnelle pour la bonne marche de la pratique méditative (Dickenson et al., 2013). Lorsque qu'un épisode de MW se déclare au cours d'un exercice méditatif, la composante exécutive de l'attention, de même que l'orientation, entrent en jeu afin d'alerter le méditant sur la focalisation momentanée

---

de son attention sur des pensées sans rapport et de lui permettre de réorienter son attention sur l'objet cible et le moment présent (Hasenkamp et al., 2012). Une étude récente, mettant en œuvre un paradigme d'échantillonnage de l'expérience pendant une heure de méditation d'AF, suggèrent que la pratique de la méditation à long terme est associée à une fréquence réduite des épisodes de MW (Brandmeyer & Delorme, 2018), sous l'effet notamment de l'amélioration de l'efficacité des deux composantes de l'attention que sont l'attention exécutive et l'orientation (Brandmeyer & Delorme, 2021).

Une étude longitudinale a montré une amélioration de la composante exécutive après seulement cinq jours de pratique (Tang et al., 2007). D'autres études confirment également l'impact de la méditation sur la composante exécutive de l'attention. Slagter et al. (2007) ont étudié l'effet d'une pratique intensive de trois mois sur l'effet de clignement attentionnel. Ce phénomène serait dû à la compétition des deux stimuli pour des ressources attentionnelles limitées. Les auteurs ont montré qu'après une retraite de méditation, les participants sont plus efficaces dans la détection de la deuxième cible – réduction du clignement attentionnel – et que cet effet est lié à la réduction de ressources neuronales dédiées au traitement de la première cible. Le même résultat a été rapporté dans une autre étude transversale portant sur des pratiquants experts (van Leeuwen et al., 2009). Cette dernière étude comprenait deux groupes d'âge moyen (environ 50 ans), un composé de participants pratiquant la méditation et l'autre de sujets naïfs, ainsi qu'un groupe contrôle de sujets jeunes. Le clignement attentionnel était plus important dans le groupe d'âge moyen naïf que dans les groupes d'experts du même âge et de jeunes. Ces résultats laissent à penser que la méditation pourrait contrecarrer le déclin des capacités attentionnelles avec l'âge.

Des études transversales ont mis en évidence des effets différenciés de la *mindfulness* sur l'orientation et la composante exécutive de l'attention selon le niveau d'expérience d'une personne (Jha et al., 2007; van den Berg et al., 2012). Ainsi, Jha et collaborateurs (2007) se sont intéressés à l'impact de la durée de pratique de méditation sur les performances attentionnelles. Les auteurs ont ainsi montré qu'à l'issue d'une intervention MBSR (réduction du stress basée sur la pleine conscience) de 8 semaines, les sujets novices avaient amélioré leurs performances sur les tâches impliquant les processus d'orientation attentionnelle. Les sujets experts engagés dans une pratique plus intensive (retraite d'1 mois), ont vu une amélioration de leurs performances dans les processus liés à l'alerte. Une courte initiation à la méditation de huit

---

semaines améliorerait donc la capacité à orienter son attention de manière endogène, c'est-à-dire de manière volontaire et contrôlée alors que la pratique à long terme permettrait le développement de capacités attentionnelles soutenues.

Verhaeghen (2021), dans une récente revue, a menée trois méta-analyses afin d'examiner si l'entraînement à la *mindfulness* est associée à des améliorations objectives des performances attentionnelles. L'une a comparé les effets des interventions de *mindfulness* à des traitements « contrôle » (40 études) ; une autre les performances attentionnelles des méditants experts à celles des méditants naïfs (18 études) ; et enfin une dernière méta-analyse a comparé les corrélations entre la *mindfulness* dispositionnelle et l'attention (28 études). Les trois analyses ont révélé des effets significatifs sur l'inhibition et le contrôle exécutif. Deux des trois analyses ont montré des effets significatifs sur la mise à jour et l'attention soutenue. L'orientation a été uniquement améliorée après des programmes d'interventions. Dans les programmes d'interventions, l'attention focalisée a conduit à des effets significatifs, mais l'inclusion d'une composante de yoga a diminué les effets de manière significative. Le nombre de séances était positivement lié aux performances attentionnelles. Chez les méditants experts, le type de méditation pratiquée n'a pas modéré de manière significative la taille de l'effet. Dans les études sur la *mindfulness* dispositionnelle, seules la facette « Action consciente » (attention portée à ce que l'on fait) a produit une corrélation significative. Ces résultats montrent que l'entraînement à la *mindfulness* en tant qu'intervention et comme pratique à long terme est effectivement associé à des changements fiables dans les performances objectives de l'attention. Le fait que ce soit également le cas pour la *mindfulness* dispositionnelle suggère que la *mindfulness* est un mécanisme clé pour l'attention.

En ce qui concerne les impacts différenciés des méditations d'AF et d'AO sur les composantes de l'attention, Colzato et al. (2015) ont rapporté qu'une courte séance d'AO, contrairement à l'AF, induisait une diminution du clignement attentionnel phénomène reflétant les limitations temporelles de la capacité à déployer l'attention entre deux cibles successives), traduisant une meilleure distribution de l'attention, la persistance plus forte induite par l'AF ayant augmenté la tendance à allouer une grande partie des ressources attentionnelles à la première cible, de sorte que la seconde fût plus susceptible d'être ignorée. Cet effet a été rapporté à la fois par des études longitudinales et des études employant des protocoles courts (Lippelt et al., 2014). Une induction d'AF améliorerait significativement la suppression des

---

distracteurs (Colzato et al., 2016). Une autre étude encore a mis en évidence une amélioration du contrôle attentionnel après une séance d'AF et d'AO, par rapport à un groupe contrôle, cependant sans observer de différence entre les deux inductions (Ainsworth et al., 2013). Des études à long terme (Tang et al., 2007) et à court terme (Colzato et al., 2015) ont démontré que l'AF entraîne davantage de surveillance et d'ajustements du contrôle top-down que l'AO.

#### 3.4.1.2. *Mind wandering*

À l'instar des multiples définitions du MW existantes, les mécanismes réels menant à son apparition et son fonctionnement de base sont également débattus. Smallwood & Schooler (2006) ont d'abord proposé que l'émergence du MW dépendrait de la disponibilité des ressources exécutives, en faisant valoir que des pensées non liées à la tâche apparaîtraient si une tâche laisse certaines ressources exécutives inutilisées. L'engagement dans ces pensées conduira à un découplage de l'attention dans lequel le traitement des informations internes entrera en compétition avec le traitement des informations externes (un phénomène connu sous le nom de « découplage perceptif » ; Schooler et al., 2011).

Ceci est en accord avec plusieurs études montrant qu'une augmentation de la difficulté de la tâche ou de la charge cognitive diminue le taux de MW (Forster & Lavie, 2014; Krimsky et al., 2017; Rummel & Boywitt, 2014; Seli et al., 2018; Smallwood et al., 2002), car moins de ressources sont disponibles pour déclencher et maintenir des pensées hors tâche. Toutefois, cette conceptualisation ne cadre pas bien avec les résultats montrant que le MW est négativement corrélée à la capacité de la mémoire de travail (Kane et al., 2007; McVay & Kane, 2009). Si le MW émerge effectivement des ressources exécutives disponibles, alors une capacité de mémoire de travail élevée devrait être associée à un MW plus important, puisque plus de ressources sont disponibles. Ainsi, McVay & Kane (2010) ont proposé que le MW ne dépende pas en fait de la disponibilité des ressources exécutives, mais reflète plutôt une incapacité du système de contrôle exécutif à maintenir l'attention sur la tâche. Dans cette perspective, les pensées sont générées automatiquement et en continu mais sont inhibées par le système exécutif pour éviter toute intrusion pendant la tâche en cours. Ainsi, étant donné qu'une faible capacité de mémoire de travail est associée à de moins bonnes capacités de contrôle exécutif (Engle & Kane, 2004), le MW est plus fréquent. Cette conceptualisation rend mieux compte de certains résultats, comme le fait que le MW augmente avec la fatigue (Kane et al., 2007;



---

McVay et al., 2009; Ottaviani et al., 2013) ou la consommation d'alcool (Finnigan et al., 2007; Sayette et al., 2009), car ces deux situations sont associées à un épuisement des ressources exécutives. Cependant, cette proposition a également été critiquée, car l'affirmation selon laquelle le MW ne repose pas sur les ressources exécutives est en contradiction avec les résultats expérimentaux et les conceptualisations théoriques des ressources exécutives (Smallwood, 2010). Pour concilier les deux théories, Smallwood (2013) a suggéré de décomposer un épisode de MW en deux composantes : son point d'amorçage et son maintien dans le temps. Selon ce cadre, la théorie des ressources exécutives explique mieux le maintien des épisodes de MW, tandis que la théorie de l'échec exécutif explique surtout le point d'amorçage. C'est le maintien de MW qui fait appel aux ressources exécutives, tandis que son déclenchement reflète une incapacité à inhiber l'apparition du MW. Cette distinction entre les deux phases du MW peut nous aider à comprendre comment la concentration sur la tâche et la concentration hors tâche sont liées, car le point d'amorçage et le maintien du MW auront un impact sur plusieurs processus cognitifs.

L'attention et le MW sont ainsi souvent considérés comme anti-corrélés. Cette conclusion est basée sur des données montrant que le MW tend à recruter des ressources exécutives nécessaires à la réalisation de tâches attentionnelles (Smallwood & Schooler, 2006b). Plusieurs études ont associé le MW à des défaillances du contrôle exécutif (Kane & McVay, 2012). Le découplage perceptif consécutif au MW peut engendrer des coûts attentionnels importants au cours d'activités nécessitant des processus contrôlés, exigeant en ressources (Leszczynski et al., 2017; Smallwood et al., 2009, 2011; Spreng et al., 2010). L'interférence entre le MW et l'attention peut être due à l'utilisation concomitante de ressources exécutives à la fois nécessaire au MW et à l'attention (Kam & Handy, 2014; Kane & McVay, 2012; J. Smallwood & Schooler, 2006b). Ceci est confirmé par des études d'imagerie cérébrale montrant que le MW tend à recruter non seulement le réseau du mode par défaut (réseau des régions cérébrales actives lorsque le cerveau est au repos), mais aussi les réseaux cérébraux associés au fonctionnement exécutif (Christoff et al., 2009). Les processus attentionnels, tels que l'attention soutenue et l'alerte, sont systématiquement affectés par le MW, entraînant une diminution des performances et une augmentation des erreurs d'attention (Cunningham et al., 2000; McVay & Kane, 2009; Robertson et al., 1997; Stawarczyk et al., 2011; Thomson et al., 2014). Lorsque l'on mesure l'attention soutenue, *via* le *Sustained Attention to Response Task* (SART

---

; Robertson et al., 1997), le propension d'épisodes de MW augmente petit à petit au cours de la tâche (Cuadra, 2020; McVay & Kane, 2009), de même que les erreurs à la SART sont plus courantes juste avant le report d'un épisode de MW comparativement aux reports d'un moment de concentration sur la tâche (Christoff et al., 2009). Les temps de réaction sont également plus longs juste avant le report d'un épisode de MW (Leszczynski et al., 2017). Si nous regardons plus précisément les caractéristiques du MW qui affectent l'attention soutenue, la variabilité des temps de réaction ainsi que la précision des réponses baissent avant des reports de pensées sans lien avec la tâche ou indépendantes des stimuli (Stawarczyk et al., 2011). Ces différents effets sont bien associés à des variations du MW, et pas à des phénomènes associés tels que les capacités globales de contrôle attentionnel (Stawarczyk et al., 2014), de même que l'intentionnalité ne semble jouer aucun rôle dans l'effet délétère du MW sur l'attention soutenue, les formes spontanées et délibérées étant toutes deux associées à des baisses de performances dans le SART et le *Metronome Response Task* (Seli et al., 2013, 2015). Ainsi, bien qu'ayant des processus de mise en place différents, ces deux aspects seraient tous deux associés à un découplage perceptif délétère pour le traitement des informations. Ces résultats, qui rappellent ceux trouvés dans les paradigmes d'attention divisée, sont souvent compris comme une manifestation du découplage perceptif associé au MW. En substance, le maintien d'un épisode de MW s'apparente à la performance d'une tâche secondaire qui entre en compétition pour les ressources avec la tâche courante. Cette conceptualisation est également soutenue par le fait que le MW nuit au traitement perceptif des stimuli externes (Kam et al., 2011; Smallwood et al., 2008). Un exemple concret de l'effet entravant du MW sur les processus perceptifs et attentionnels est son impact néfaste sur la conduite automobile, une activité courante qui repose fortement sur ces processus (Baldwin et al., 2017; He et al., 2014; Nijboer et al., 2016; Qu et al., 2015).

### 3.4.2. *Fonctions exécutives*

Définies communément comme des processus de contrôle top-down, les fonctions exécutives sont des compétences cognitives de haut niveau nécessaire à l'organisation de nos pensées et la hiérarchisation de nos activités, à la régulation de nos sentiments et de nos comportements, ou encore à la gestion efficace du temps et à nos prises de décisions. Elles représentent donc nos capacités à adapter nos stratégies de traitement de l'information pour

---

faire face aux situations nouvelles et inattendues, alors que les ressources habituelles ne sont plus suffisantes. Cette flexibilité est intimement liée aux processus attentionnels et exécutifs (Van Dam et al., 2018). Il existe un certain nombre de fonctions exécutives, telles que la prise de décisions ou la planification (Friedman & Miyake, 2004, 2017), cependant les fonctions exécutives les plus étudiées aujourd'hui sont l'inhibition, la flexibilité et la mise à jour en mémoire de travail (Diamond, 2013; Friedman & Miyake, 2017; Karr et al., 2018; Miyake et al., 2000). La flexibilité se caractérise par la faculté à passer efficacement, rapidement et avec souplesse, d'un objet, pensée ou opération à l'autre (Kim et al., 2009). Elle permet, en MP, d'alterner entre la réalisation d'une tâche en cours et la réalisation de la tâche prospective (Kalpouzos et al., 2010). Si l'ensemble de la communauté de chercheurs ne s'accordent pas totalement sur l'implication de ce processus dans les tâches *event-based* (Schnitzspahn et al., 2013) ou *time-based* (Gonneaud et al., 2011a), l'inhibition, en revanche, est le 1<sup>er</sup> prédicteur de réussite de la MP, autant dans l'exécution de tâche *event-based* que *time-based* (Kliegel & Jager, 2006; Mahy et al., 2014; Martin et al., 2003; Rose et al., 2015; Schnitzspahn et al., 2013). L'inhibition se réfère à la capacité d'enrayer, limiter, entraver les réponses prépotentes lorsqu'elles sont incompatibles avec les objectifs de la tâche en cours (N. P. Friedman & Miyake, 2017; Miyake et al., 2000; Miyake & Friedman, 2012). Elle permet donc d'empêcher l'apparition d'une réponse automatique liée à l'exécution de la tâche en cours pour exécuter l'action prospective. La planification permet également d'expliquer une part importante de la variance liée à l'âge en MP, une mauvaise planification lors de l'étape de la formation de l'intention étant associée à de moindres performances de rappel en MP (Chen et al., 2015; Kliegel et al., 2007, 2008; Martin et al., 2003). La mise à jour, quant à elle, correspond aux capacités à surveiller le contenu de la mémoire de travail pour vérifier la pertinence de la tâche, à maintenir les informations pertinentes pour celle-ci et à remplacer efficacement les informations qui deviendraient non pertinentes.

#### 3.4.2.1. *Mindfulness*

Moore et Malinowski (Moore & Malinowski, 2009) ont émis l'hypothèse que cette pratique pourrait conduire à augmenter la flexibilité cognitive et donc la capacité des sujets à s'adapter à l'environnement de manière routinière. Ils ont en effet retrouvé un lien positif entre la *mindfulness* et la flexibilité cognitive : les méditants experts avaient de meilleures performances attentionnelles et une plus grande flexibilité cognitive que les non méditants. Une amélioration

---

de la flexibilité cognitive a également été constatée après le suivi d'un programme MBCT (Lao et al., 2016). Une autre étude intéressante a mis en évidence une dissociation entre une amélioration des capacités de flexibilité et d'inhibition cognitives d'une part, et une absence d'effet sur la flexibilité et l'inhibition motrices d'autre part, après un protocole de *mindfulness* de huit semaines (Heeren et al., 2009). Selon ces résultats, les bénéfices potentiels de la méditation seraient bien plus spécifiques à certaines fonctions exécutives plutôt qu'à d'autres. Cette hypothèse a fait l'objet d'une élégante revue de la littérature (Gallant, 2016) explorant toutes les études sur la méditation, dans le cadre du modèle tripartite du fonctionnement exécutif de Miyake et al. (2000). Douze études, intégrant une manipulation longitudinale ou simplement des participants ayant une expérience préalable de la méditation, ont été incluses et rapportent les conclusions suivantes : l'effet le plus robuste porterait sur les capacités d'inhibition. Les effets de la *mindfulness* sur la flexibilité et la mise à jour seraient, quant à eux, plus nuancés. Plus précisément, des avantages pour les personnes pratiquant la *mindfulness* ont été trouvés dans 5/6 des études examinant les effets sur l'inhibition, 1/5 des études examinant les effets sur la flexibilité. La seule étude montrant réellement un bénéfice de la *mindfulness* sur la flexibilité comprenait des participants âgés de plus de 65 ans (Moynihan et al., 2013). Ces résultats pourraient donc témoigner d'un possible effet protecteur, plutôt qu'une amélioration, et ce au sein d'une population présentant déjà un déclin de cette capacité. Enfin, 3 études sur 3 examinant les effets sur la mise à jour ont reporté des résultats sur certaines mesures (*Operation span* et *N-back*).

#### 3.4.2.2. *Mind wandering*

Bien que les ressources exécutives soient des facteurs de variabilité du MW, plutôt dans un sens négatif, (McVay & Kane, 2010; Schooler et al., 2011; Smallwood & Schooler, 2006), Kam & Handy (2014) ont constaté que le MW ne recrutait pas les fonctions exécutives de manière monolithique. Si le MW entraînerait de moins bonnes performances dans les tâches d'inhibition et de mémoire de travail, ce ne serait pas le cas pour les tâches de flexibilité. Ainsi, selon ces auteurs, le MW engagerait sélectivement certaines fonctions exécutives, ce qui pourrait refléter le maintien adaptatif de la performance de la tâche en cours. L'une des questions soulevées par les auteurs est de savoir si la méta-conscience de notre focus attentionnel peut avoir un impact différentiel sur la performance de la tâche. Ils ont en effet constaté que le MW perturbait différemment les essais qui engageaient une fonction exécutive

---

par rapport aux essais qui n'en engageaient pas. Si l'absence de conscience du MW est considérée comme un engagement plus profond dans ses pensées, comme cela l'a été proposé (Schooler, 2002; Smallwood et al., 2007, voir section 3.4.4), il resterait alors moins de ressources pour traiter les informations externes. Par conséquent, le MW sans méta-conscience entraînerait vraisemblablement une plus grande perturbation de la performance dans les tâches exigeantes en ressources exécutives, tandis que le MW avec méta-conscience pourrait permettre de réaffecter des ressources à la tâche lors de situations cognitivement exigeantes. D'autre part, la méta-conscience du focus attentionnel peut permettre d'allouer momentanément des ressources disponibles à la tâche lorsque celle-ci l'exige.

Par ailleurs, le MW serait également étroitement lié à la fonction exécutive de planification. La revue de la littérature, menée par Kvavilashvili & Rummel (2020), sur le MW et la pensée future spontanée, un domaine nouvellement émergent au sein de la recherche sur la pensée future épisodique (Berntsen, 2019; Cole & Kvavilashvili, 2019, 2021), a solidement conforté la théorie pragmatique de la prospection, qui considère la planification comme la forme la plus importante et la plus fréquente de la pensée future épisodique au service de l'accomplissement de nos besoins et objectifs immédiats (Baumeister et al., 2016, 2018; D'Argembeau, 2016). En effet, certaines observations ont montré que le simple fait de penser à des tâches et plans à venir augmentait la probabilité qu'ils soient réalisés dans le futur (Kvavilashvili & Fisher, 2007).

Plusieurs études en laboratoire, utilisant la méthode des sondes de pensée, ont été les premières à montrer que les épisodes de MW étaient souvent orientés vers le futur, un phénomène appelé « biais prospectif du MW » (Stawarczyk, Majerus, Maj, Van der Linden, et al., 2011). Plus précisément encore, selon l'étude de Plimpton et al. (2015), la majorité (environ 60 %) de ces pensées spontanées orientées vers l'avenir se référerait à des tâches et à des plans de MP à venir (je dois commencer un régime après ma période de révision ; je dois acheter une nouvelle housse de couette) plutôt qu'à des événements futurs, sans lien prospectif, ou à des pensées hypothétiques. Des résultats largement similaires ont été obtenus dans des contextes de vie quotidienne, *via* des méthodes d'échantillonnage de l'expérience. Dans une récente étude en deux parties, Anderson & McDaniel (2019) ont interrogé leurs participants, à l'aide d'un téléphone et à six reprises sur une période de cinq jours, et ont constaté que les participants déclaraient avoir pensé à des intentions prospectives dans 12 à 17 % des sondes,

---

et à l'avenir en général (i.e., sans penser à une tâche de MP) dans 13 à 18 % des sondes. À noter qu'environ 60 % de ces pensées liées à la MP ont été délibérément (auto-) générées plutôt que survenues spontanément à l'esprit, contrairement à l'étude de Warden et al. (2018).

Une question de recherche importante soulevée dans la littérature sur le MW concerne la signification fonctionnelle de ces pensées prospectives et si elles aideraient réellement les individus à réaliser leurs actions planifiées (Stawarczyk, 2018). Quelques études ont employé la méthode des sondes de pensées dans des paradigmes de MP en laboratoire et ont révélé que le fait de penser périodiquement à une intention en suspens, tout en effectuant d'autres tâches, était bénéfique pour l'exécution de l'intention, qu'elle soit *event-based* ou *time-based* (Rummel et al., 2017; Seli et al., 2018). De telles pensées liées aux intentions prospectives se produiraient même après que la tâche de MP ait été achevée ou désactivée (Anderson & Einstein, 2017).

Prises dans leur ensemble, ces observations vont dans le sens d'un impact positif du MW sur la cognition, suggérant que le contenu du MW serait en mesure d'influencer la manière dont ce phénomène mental interagit avec les processus cognitifs. En l'occurrence, lorsque le MW est totalement déconnecté de ce que le participant fait à l'instant présent, l'expérience du MW est comparable à une situation d'attention divisée et impactera très certainement, de manière négative le traitement des stimuli de l'environnement. Ainsi, expérimenter du MW, au moment même où l'indice prospectif est censé être détecté, le découplage perceptif occasionné par le MW empêchera la bonne exécution de cette phase de MP. Cependant, lorsque le contenu du MW est lié de manière plus ou moins directe avec certains stimuli externes, il pourra en favoriser le traitement perceptif des indices, en générant des associations spontanées. Par ailleurs, si l'on applique ce pattern comportemental à l'encodage en mémoire épisodique des intentions, alors nous pouvons prédire que, dans la majorité des cas, le MW aura un impact négatif sur l'encodage, mais dans certains cas précis, où le participant fait l'expérience de pensées en lien avec les intentions, ce traitement associatif permettra probablement un meilleur encodage de ceux-ci. Enfin, Kvavilashvili & Rummel (2020) souligne dans leur revue le fait que quelques études ont montré un impact positif de la répétition mentale spontanée d'une action sur son exécution future (Kvavilashvili & Fisher, 2007; Mason & Reinholtz, 2015; Szarras & Niedźwieńska, 2011), un constat allant dans le sens d'une fonction prospective du MW.

---

Une large littérature a ainsi pu mettre en avant la contribution de la *mindfulness* à l'amélioration des fonctions exécutives, particulièrement l'inhibition et la mise à jour, de même que le MW semble être fortement associé à la planification. Chacune de ces facettes des fonctions exécutives joue un rôle prépondérant sur la MP. Compte tenu de l'implication commune de ces différents processus exécutifs, nous supposons que ces deux états de conscience devraient avoir un impact positif sur les performances de rappel en MP.

### 3.4.3. Mémoire rétrospective ou épisodique

#### 3.4.3.1. *Mindfulness*

Étant donné le lien établi entre l'attention et la mémoire (Naveh-Benjamin et al., 2000; Sperduti et al., 2017), on devrait s'attendre à un effet bénéfique de cette pratique sur les processus de mémoire. De plus, la mémoire est un concept central dans la conception bouddhiste traditionnelle de la pleine conscience. Une des significations du mot « *sati* » (le monde pali original traduit par *mindfulness*) est « attentif et capable de se souvenir et de se remémorer ce qui a été fait ou dit il y a longtemps » (Anālayo, 2016). Étonnamment, l'effet de la *mindfulness* sur la mémoire a reçu peu d'attention jusqu'à récemment.

L'encodage d'informations en mémoire épisodique étant une tâche particulièrement exigeante pour l'attention, le fait d'interférer avec l'encodage en réduisant la disponibilité des ressources attentionnelles réduit considérablement les performances de la mémoire (Rosenstreich & Goshen-Gottstein, 2015). Par conséquent, la *mindfulness* devrait améliorer les performances mnésiques, notamment à l'encodage, *via* l'augmentation des ressources attentionnelles disponibles et la réduction des interférences cognitives (Naveh-Benjamin et al., 2000; Sperduti et al., 2017). Différentes études soutiennent empiriquement cette idée. Bonamo et al. (2015) ont également pu observer une amélioration des performances mnésiques dans une tâche d'apprentissage de couple de mots swahili-anglais chez des sujets ayant effectué des sessions d'une durée de 20 ou de 45 minutes de méditation avant l'encodage, comparativement à un groupe contrôle n'ayant suivi aucune instruction. Dans une série d'expériences, Brown et al. (2016) ont observé une amélioration des capacités de discrimination lors d'une tâche de reconnaissance et de meilleures performances lors d'une tâche de rappel libre chez des sujets ayant effectué une courte induction de dix minutes de méditation (FA) avant l'encodage,

---

comparativement à des sujets ayant écouté une piste audio parasité de bruit blanc ou ayant attendu durant 10 minutes sans instructions. Cependant, l'induction ayant eu lieu 10 minutes avant l'encodage et 10 minutes après, difficile de dire sur quel processus (encodage ou consolidation) l'induction a eu un effet. Lloyd et al. (2016) ont montré que comparativement à l'écoute d'un documentaire sur l'histoire de la radio, l'écoute d'une piste audio de 3 min de méditation avant la phase de reconnaissance suffit à diminuer le nombre de fausses reconnaissances. Cependant, ils ne constatent aucun effet de la méditation sur le nombre de bonnes reconnaissances, ni même lorsque cette courte induction a lieu avant la phase d'encodage. Ainsi, là où certains pointent le rôle de la méditation sur les processus d'encodage, d'autres montrent son impact sur les processus de consolidation ou de récupération de l'information. Concernant la *mindfulness* dispositionnelle, Rosenstreich & Ruderman (2016) ont trouvé une corrélation négative entre le biais de réponse et la facette « Non-judging » (adopter une attitude neutre envers ses pensées et ses actions), évaluée avec une forme courte du *Five Facet Mindfulness Questionnaire* (FFMQ ; Baer et al. (2006). Ces résultats suggèrent que la *mindfulness* dispositionnelle modulerait le critère de décision plutôt que les processus d'encodage.

Ainsi, bien que l'effet global de la méditation de pleine conscience sur la mémoire semble être positif, le mécanisme précis conduisant à l'amélioration des performances de la mémoire n'est toujours pas clair. Certaines études suggèrent une amélioration de l'encodage (Brown et al., 2016; Lykins et al., 2012), et d'autres des processus de récupération (Hargus et al., 2010; Lloyd et al., 2016; Rosenstreich & Ruderman, 2016; Williams et al., 2000).

#### 3.4.3.2. *Mind wandering*

Au cours des deux dernières décennies, le MW a suscité un intérêt croissant dans le domaine des neurosciences cognitives. Malgré les liens étroits entre l'attention et la mémoire, son effet sur l'encodage de la mémoire épisodique n'a été étudié que récemment. Une revue de la littérature récente sur le sujet (Blondé et al., 2022) semble indiquer que le MW, notamment lorsqu'il est indépendant du stimulus, est un facteur négatif fiable influençant l'encodage des mots et des stimuli audio-visuels. Cependant, les auteurs rapportent quelques études ayant mis en évidence un effet positif potentiel du MW, lorsque celui-ci est dépendant du stimulus, sur l'encodage en mémoire épisodique (Blondé et al., 2021; Riby et al., 2008; Smallwood et al.,



---

2006). Bien qu'une quantité de preuves semble clairement indiquer que le MW entrave principalement le traitement perceptif pendant l'encodage, quelques études ont montré qu'il n'y avait aucun effet du MW sur la mémoire lors d'une tâche de jugement perceptif ou d'encodage de non-mots (Smallwood et al., 2004; Smallwood et al., 2003; Thomson et al., 2014). En d'autres termes, aucun effet du MW n'a été constaté lorsqu'aucun processus sémantique n'était mobilisé lors de l'encodage. Ces résultats peuvent suggérer que le MW aurait surtout un impact surtout un impact sur le traitement sémantique de l'information, ou tout du moins sur les processus attentionnels requis par le traitement sémantique, cependant ils peuvent aussi être expliqués par la méthodologie employée (Blondé et al., 2022). Tout d'abord, le matériel utilisé peut avoir influencé ce résultat, les mots individuels ne nécessitant qu'un traitement perceptif minimal. Ensuite, l'encodage incident de la mémoire diminue la probabilité de récupération par rapport à l'encodage volontaire. Ainsi, un effet plancher observé pendant la récupération de la mémoire peut masquer un impact potentiel du MW. Une comparaison directe de l'effet du MW sur des stimuli visuels complexes dans des tâches de jugement perceptif et sémantique pourrait faire la lumière sur le traitement de l'information qui est influencé par le MW. Bien entendu, il est également possible que la déambulation mentale influence les deux processus, entraînant un impact cumulatif sur le processus d'encodage. De manière générale, il serait utile de comprendre si l'effet du MW sur les différents aspects de l'encodage de la mémoire est principalement dû au découplage perceptif affectant les premières étapes du processus d'encodage ou s'il peut avoir des effets plus spécifiques et plus prononcés sur d'autres types de traitement. Il ne faut pas oublier que la mémoire épisodique ne consiste pas seulement à récupérer des éléments, mais aussi à récupérer les informations associées à l'élément pendant l'encodage, comme les informations spatio-temporelles, les émotions ou les pensées. La récupération de ces caractéristiques nécessite des processus supplémentaires pendant l'encodage, tels que la liaison des informations contextuelles à l'élément. Malheureusement, très peu d'études ont testé l'impact du MW sur ce processus associatif (Blondé et al., 2022).

L'un des résultats les plus intéressants mis en évidence dans cette revue est probablement la façon dont le MW peut être positif pour la mémoire, notamment dans le cas des pensées spontanées liés au stimulus, en facilitant l'encodage en raison de l'association de pensées sémantiquement liées (Maillet et al., 2017; Maillet & Schacter, 2016). Cependant, cet effet semble quelque peu conditionnel, car le bénéfice tiré des pensées dépendantes du stimulus

---

n'est apparu que lorsque l'encodage était basé sur un traitement superficiel (encodage superficiel), ou lorsque les capacités cognitives étaient diminuées (personnes âgées). Malheureusement, très peu d'études ont examiné le lien entre le contenu du MW et l'encodage réussi de la mémoire, de sorte qu'aucune généralisation ne doit être faite sur la base de ces résultats.

Des études supplémentaires devraient se concentrer sur l'impact de ces pensées dépendantes du stimulus sur l'encodage et sur les contextes où leur effet peut apparaître. Il serait alors possible de distinguer les effets des pensées dépendantes du stimulus sur la mémoire en fonction de leur contenu. Les pensées à valence émotionnelle forte et personnellement pertinentes pourraient avoir un impact plus important sur l'encodage que les pensées neutres ou impersonnelles. Par exemple, lorsqu'une personne voit la photo d'un chat, si elle pense « cela me rappelle le chat de mon enfance », elle aura certainement plus de chances de reconnaître cette photo plus tard que si elle pense « je me demande pourquoi les chats aiment le lait ». Relier des éléments à des informations personnelles pendant la phase d'encodage est une technique bien connue pour améliorer la mémorisation (Rogers et al., 1977), car elle implique un traitement profond de l'information, permettant la création d'une trace mnésique durable (voir Symons & Johnson, 1997 pour une méta-analyse) et une plus grande chance de récupération basée sur le souvenir (Conway et al., 2001; Conway & Dewhurst, 1995). Compte tenu de la prévalence des pensées autoréférentielles pendant les épisodes MW (D'Argembeau, 2018), il est probable que l'association d'informations pertinentes pour soi ait contribué, au moins en partie, à l'impact positif des pensées dépendantes du stimulus sur l'encodage.

En ce qui concerne les processus mnésiques de consolidation, la question des liens entre MW et consolidation en mémoire épisodique manque malheureusement, à l'heure actuelle, de données empiriques pour être éclaircie. Une étude, cependant, a suggéré que le MW peut améliorer la consolidation en mémoire (Varma et al., 2019). Dans cette expérience, les auteurs ont montré que les performances de reconnaissance avaient bénéficié d'une propension à faire l'expérience d'épisodes de MW pendant une période de repos entre les phases d'encodage et de récupération. Aucune évaluation du contenu n'a cependant été effectuée dans cette étude, mais les auteurs ont suggéré que cet effet était principalement dû à l'expérience de pensées spontanées liés au matériel pendant l'intervalle de rétention. Ce type d'observations rappellent étrangement celles observées dans l'étude de l'influence du MW sur la MP. En effet, la

---

littérature sur la MP nous renseigne assez bien sur l'hyper-représentation en mémoire des intentions non réalisées. Celles-ci étant *de facto* plus accessibles à la conscience (Freeman & Ellis, 2003; Goschke & Kuhl, 1993; Marsh & Hicks, 1998; Maylor et al., 2000; Schult & Steffens, 2013), le nombre de pensées spontanées associées à la tâche de MP à venir peut augmenter pendant la phase de rétention d'une intention prospective (Ellis, 1996; Ellis & Nimmo-Smith, 1993; Goschke & Kuhl, 1996; Kvavilashvili & Fisher, 2007). Ainsi, la réactivation de l'intention tout au long d'un épisode de MW pourrait permettre son ré-encodage, ce qui renforcerait la représentation de l'intention, conduisant à une meilleure récupération de l'intention prospective. Cette question reste ouverte, offrant aux études futures l'opportunité d'aborder la question de la fonctionnalité de de MW dans le cas spécifique de la MP.

#### **3.4.4. Méta-conscience**

##### 3.4.4.1. *Mindfulness*

La méta-conscience semble être essentielle à presque toutes les formes de pratique de la *mindfulness*, jouant un rôle clé dans les processus au cœur des effets thérapeutiques de l'entraînement à la *mindfulness*, à savoir le décentrage, c'est-à-dire le déplacement de la perspective expérientielle sur l'expérience elle-même, et la déification ou l'intuition métacognitive, autrement dit l'expérience des pensées comme de simples événements mentaux et non comme les choses qu'elles semblent représenter (Dunne et al., 2019). Les récits bouddhistes et les études empiriques suggèrent que divers styles d'entraînement à la *mindfulness* renforcent non seulement *smrti* (« pleine conscience ») en tant que capacité à prévenir la distraction, mais aussi *samprajanya* (« méta-conscience ») en tant que capacité à détecter la distraction lorsque celle-ci se produit. Si des avancées importantes dans la conceptualisation de la méta-conscience dans la *mindfulness* ont récemment été réalisées, peu d'études expérimentales ont été conduites.

Pour certains styles de méditation *mindfulness*, la méta-conscience (comme fonction de surveillance qui détecte la distraction) est conceptualisée comme intermittente et propositionnelle de la manière susmentionnée. L'objectif de ces pratiques est d'obtenir un état de non-distraction centré sur un objet choisi, et une fois que la stabilité complète de l'attention

---

sur l'objet a été atteinte, la surveillance fournie par la méta-conscience va effectivement perturber la concentration sur l'objet. Pour ces styles de pratique, une description de la méta-conscience comme étant soutenue (et non intermittente) et non propositionnelle (n'impliquant pas un jugement verbalisé en interne) serait problématique (Dunne et al., 2019). C'est le cas pour la *mindfulness* d'AF (Hasenkamp et al., 2012). En revanche, pour d'autres pratiques, comme l'AO, qui cherchent au contraire à s'orienter vers un état de non-distracted n'impliquant aucune focalisation sur un objet spécifique, il est très problématique de soutenir que la méta-conscience est intermittente et propositionnelle. Dunne et al. (2019) ont alors proposé une nouvelle conception de la « méta-conscience de la *mindfulness* » comme non propositionnelle et soutenue.

Contrairement à la méta-conscience intermittente et propositionnelle évoquée précédemment, cette forme de méta-conscience n'est pas axée sur le contenu ou le processus mental en tant qu'objets de jugements conscients propositionnels (« mon esprit vagabonde »). Plutôt que d'impliquer une attitude axée sur le « savoir que », cette autre forme de méta-conscience implique de « savoir comment », un peu comme lorsqu'on est conscient du plaisir de vivre ou de faire quelque chose. À titre d'illustration, Dahl et al. (2015) comparent deux façons de regarder un film. Lorsque nous sommes pleinement absorbés par le film, comme si elle se déroulait réellement devant soi, nous n'avons plus l'impression d'être assis dans une salle de cinéma ou devant sa télé. Il est également possible de regarder un film tout en ayant conscience d'être assis dans une salle de cinéma ou dans son salon. Selon Dunne et al. (2019), du point de vue de la méta-conscience, la différence entre ces deux façons de regarder le film n'est pas seulement constituée par le fait de savoir que l'on est dans une salle de cinéma ; au contraire, la différence émerge également dans la conscience de la façon dont nous regardons le film. En d'autres termes, sans la pensée « Je suis au cinéma », la méta-conscience non propositionnelle s'appuie sur les aspects non objectivés de l'expérience, tels que les réactions affectives ou la position assise, et cadre ainsi de manière continue l'expérience comme ayant lieu dans un cinéma (Fridland, 2015).

Cependant, selon les auteurs de cette extension du modèle de la méta-conscience de Schooler (2002), leurs affirmations théoriques et les instructions usuelles de méditation ne suffisent pas à établir l'utilité de ce concept. Gardant cela à l'esprit, ils indiquent brièvement deux contextes de recherche qui résonnent avec - et suggèrent des voies à explorer - une méta-

---

conscience soutenue et non propositionnelle, à l'exploration théorique de la métacognition et l'étude de la *mindfulness* (et d'autres pratiques contemplatives), le concept de méta-conscience soutenue et non propositionnelle pouvant aider à clarifier l'impact de la formation contemplative.

#### 3.4.4.2. *Mind wandering*

Bien qu'à première vue, il semblerait que nous soyons le plus souvent conscients du contenu de nos expériences conscientes, comme nous venons de le voir, la littérature semble suggérer le contraire. En effet, nous vivons globalement nos expériences conscientes sans la moindre conscience explicite de ce sur quoi notre attention est portée (Reichle et al., 2010; Schooler, 2002, 2011; Zedelius et al., 2015). Prenons le scénario de la lecture, dans lequel vous seriez en train de lire cette thèse et verriez votre attention s'éloigner du texte. Bien que conscient, il est fort probable que vous continuerez à balayer les pages sans réfléchir et sans traiter les informations relatives au texte. Partant de ce constat, et d'une multitude de situations analogues au cours desquelles les individus ne prendraient pas explicitement note du contenu de leur conscience, revenons au modèle théorique proposé par Schooler (2002), au sein duquel une distinction entre une « conscience de base » et une « méta-conscience » est faite (Schooler et al., 2011; Smallwood et al., 2007). D'une part, la conscience de base, que Schooler définit comme le traitement cognitif comprenant les perceptions, les sentiments et les pensées spontanées (Schooler, 2002), serait un processus qui persisterait tout au long de notre temps d'éveil. D'autre part, la méta-conscience se référerait à « une re-présentation explicite de la conscience dans laquelle on interprète, décrit ou caractérise différemment son état d'esprit ». Outre cette distinction entre conscience de base et la méta-conscience, le modèle de Schooler (2002) comprend un système de surveillance, qui « sonde » le contenu de la conscience de façon intermittente, permettant ainsi à chacun d'évaluer la relation entre le contenu actuel de leur conscience et leurs objectifs. Selon Schooler (2002), c'est ce système de surveillance qui nous permettrait (a) de prendre conscience (ou « méta-conscience »), (b) de recentrer son attention et (c) de mettre fin à un épisode de MW. Cependant, des travaux récents ont montré que les individus ne parviennent pas toujours à mettre fin à leurs épisodes de MW, quand bien même ils prennent conscience de leurs occurrences (Seli et al., 2017). Ce type de résultats semblent donc indiquer que la méta-conscience serait une condition nécessaire, mais néanmoins pas suffisante, pour prendre conscience des épisodes de MW et les contenir. Ces observations

---

semblent, à première vue, suggérer que le postulat théorique de Schooler (2002), à savoir que nous vagabondons parfois en l'absence de conscience explicite, est potentiellement infondée. Néanmoins, de nombreux travaux ont depuis corroboré la proposition de Schooler (2002) en démontrant que, lorsqu'on présente, à des sujets, des sondes de pensée évaluant le niveau de méta-conscience du MW, ces derniers rapportent un nombre considérable de cas de MW, captés par les sondes et se produisant sans méta-conscience (Schooler et al., 2011; Seli et al., 2013; Smallwood et al., 2008). Selon l'exposé théorique de Schooler (2002), l'objectif d'un tel système de surveillance serait de permettre de checker le contenu de notre conscience de base et d'évaluer si nos pensées sont alignées sur nos objectifs latents. Comme évoqué précédemment, ce système de surveillance jouerait un rôle essentiel dans le désengagement attentionnel d'un épisode de MW. Surveiller ainsi le contenu de sa conscience et s'auto-réguler lorsque nous vagabondons inopinément n'est qu'un des nombreux objectifs mentaux que nous devons accomplir dans la vie quotidienne. Un autre objectif, par exemple, est de se souvenir de désengager son attention de son téléphone afin de pouvoir sortir la tarte du four au moment opportun. Conformément à la théorie de Schooler (2002), la réalisation de ces deux objectifs, dont l'un se réfère à une activité de MP, nécessite impérativement l'engagement d'un tel système de surveillance. Dans les deux cas, il est nécessaire de « s'actualiser » de façon intermittente et régulière si nous voulons atteindre ce type d'objectif latent (réorientation attentionnelle dans le premier cas, se rappeler de sortir la tarte du four dans le second).

Par ailleurs, certaines études ont montré que le fait de s'engager volontairement ou non dans un épisode de MW peut conduire à des résultats différents, expliquant potentiellement certains résultats contradictoires dans la littérature (Robison & Unsworth, 2018; Seli et al., 2015; Seli et al. 2016). Il a donc été suggéré de distinguer deux formes de MW : spontanée et volontaire (Carriere et al., 2013; Seli et al., 2016). La première correspond à un passage involontaire d'une focalisation liée à la tâche à une focalisation non liée à la tâche, tandis que la seconde, moins prototypique, représente un choix conscient de désengager son attention de la tâche en cours. Une tâche difficile génèrera ainsi davantage de MW spontané, l'engagement volontaire dans des instances de MW étant coûteux pour la tâche. À l'inverse, une tâche plus simple génèrera plus de MW délibéré, car associée à une moindre motivation et imposera donc moins de demande sur le système attentionnel (Arabacı & Parris, 2018; Seli et al., 2015; Seli et al., 2016). Ces patterns distincts ont poussé Seli et al., (2016) à suggérer que ces deux types de

---

MW reflètent l'implication de processus attentionnels distincts, le versant délibéré mobilisant un contrôle endogène de l'attention (et donc le réseau fronto-pariétal dorsal) tandis que le versant spontané mobilise un contrôle exogène (associé au réseau fronto-pariétal ventral). Les résultats de neuro-imagerie tendent à supporter cette idée, montrant ainsi une plus grande intégration entre les réseaux du mode par défaut et des réseaux fronto-pariétaux dans le cas du MW délibéré, tandis que cette intégration est moindre dans le cas du MW spontané (Golchert et al., 2017). Contrairement au MW involontaire, les épisodes intentionnels de MW seraient fortement associés à la planification et à la conscience de l'initiation de l'épisode de MW, probablement lié à la conscience métacognitive définie par de Schooler (Seli, Risko, & Smilek, 2016b). Pourrait-on alors envisager l'existence d'un système commun de suivi du contenu de la conscience et des intentions de PM, et que ce système soit piloté par des capacités métacognitives ?

---

### Points-clés du Chapitre 3

- *Mindfulness état* : état cognitif de **focalisation** sur le moment-présent, entraîné par la pratique de la **méditation** ; *Mindfulness trait* : tendance **naturelle** à être conscient de **l'expérience du moment-présent**, du à la **variabilité inter-individuelle**
- Les méditation d'AF et d'AO induiraient deux états de contrôle métacognitifs différents. Ce contrôle, soutenu par deux systèmes antagonistes, oscille entre le maintien d'un objectif (persistance) et la prise en compte des évolutions de l'environnement (flexibilité).
- Mind wandering : orientation de l'attention vers des pensées **sans lien** avec la **tâche en cours**, phénomène **extrêmement courant** (30-45% du temps mental)
- De nombreuses influences croisées de la *mindfulness* et du MW sur l'**attention**, les **fonctions exécutives**, la **mémoire rétrospective** et la **surveillance méta-cognitive** du contenu de la pensée



---

# TROISIÈME PARTIE

Contributions Expérimentales

---

CHAPITRE



## Méthode et outils

---

## 4.1. L'utilité d'une approche multiméthode à l'étude de la mémoire prospective

Les éléments de preuves de l'implication des processus attentionnels, mnésiques et exécutifs dans le fonctionnement de la MP proviennent principalement d'expériences employant des tâches de laboratoire. Ces dernières incorporent des stimuli simples et statiques, dans un environnement hautement contrôlé, qui ne représentent pas la complexité des situations de la vie réelle (Parsons, 2015). Une expérience de laboratoire de MP peut intégrer une seule tâche en cours, telle qu'une tâche informatisée de décision lexicale dans laquelle le participant doit indiquer si le mot présenté est un mot réel ou fictif, et une tâche informatisée de MP comparable, dans laquelle le participant doit indiquer quand un mot spécifique apparaît. Les tâches de laboratoire se caractérisent donc par un environnement de test (bidimensionnel) et des stimuli (statiques) simples, avec des réponses presque automatiques (en millisecondes) fournies à l'aide d'un clavier, une durée de test relativement courte (15 minutes), une phase de rétention des intentions de MP assez courtes (jusqu'à 10 minutes), une seule tâche continue et une tâche de MP relativement peu exigeante. Il est important de noter que l'emploi de tâches de MP non écologiquement valides peut donner des résultats divergents par rapport aux paradigmes de recherche écologiquement valides (Marsh et al., 1998). Les tâches écologiquement valides convergent en grande partie vers la complexité et les exigences cognitives des tâches quotidiennes correspondantes (Chaytor & Schmitter-Edgecombe, 2003; Franzen & Wilhelm, 1996; Spooner & Pachana, 2006), ce qui permet de généraliser les résultats au fonctionnement quotidien (Chaytor & Schmitter-Edgecombe, 2003; Haines et al., 2019; Higginson et al., 2000; Mlinac & Feng, 2016; Parsons, 2015). Le développement et l'emploi de tâches écologiquement valides est donc nécessaire pour examiner le rôle des processus attentionnels, de la mémoire et des fonctions exécutives à l'œuvre dans le fonctionnement quotidien de la MP.

Par rapport aux centaines d'études de laboratoire sur la MP, le nombre de recherches sur la MP en milieu naturel est relativement modeste. On peut se demander pourquoi il y a moins d'études publiées sur la MP dans la vie réelle, et nous ne pouvons que spéculer sur les raisons. Pour commencer, l'emploi de méthodes d'échantillonnage de l'expérience (ESM), par l'évaluation de la pensée momentanée (ou sonde de pensée) dans la vie réelle, n'est devenu que récemment une méthode plus utilisée, ou du moins plus envisageable, pour les chercheurs en psychologie (Trull & Ebner-Priemer, 2014). Une étape clé dans le développement de ces

---

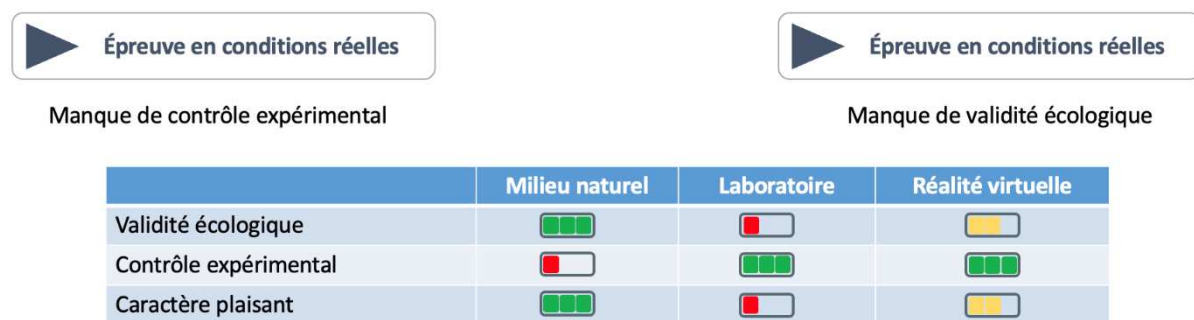
techniques d'évaluation dites « ambulatoires » a certainement été l'avènement des smartphones, les évaluations ambulatoires ne dépendant plus de l'emploi d'appareils spécifiques par les participants (Trull & Ebner-Priemer, 2014). Un point plus banal peut être le fait que les enquêtes dans la vie réelle ont tendance à être plus coûteuses. Elles requièrent régulièrement des investissements monétaires plus élevés (pour dédommager les participants du temps qu'ils doivent consacrer à l'évaluation ambulatoire et des inconvénients qui y sont associés) ainsi que des investissements en temps (pour que le chercheur puisse interagir de façon répétée avec les participants). Cependant, le bon côté des choses est que les résultats récents d'études ESM suggèrent que de courtes périodes d'évaluation pourraient être plus avantageuse car elles entraînent un niveau d'engagement plus important de la part des participants et des taux de réponses plus élevés, par rapport aux évaluations durant une semaine ou plus (Anderson & McDaniel, 2019; Laughland & Kvavilashvili, 2018; Warden et al., 2019). L'ESM est donc aujourd'hui l'une des méthodes les plus fiables pour enquêter sur le terrain. Elle consiste à contacter et interroger les individus sur leurs activités quotidiennes et leurs pensées à l'instant même où ils sont contactés, le tout à des moments aléatoires de la journée (Gardner & Ascoli, 2015; Killingsworth & Gilbert, 2010). Néanmoins, la collecte d'informations en temps réel auprès d'un grand nombre de personnes, au cours de leur vie quotidienne, étant si lourde et coûteuse que l'échantillonnage d'expérience reste rarement utilisé, et notamment pour étudier la relation entre le MW et la MP. Pourtant, l'emploi judicieusement adapté des nouvelles technologies permettrait de résoudre ces problèmes et de créer une base de données de réponses conséquentes, sur les activités et les pensées concomitantes, d'un large éventail de personnes tout au long de la journée. Il sera ainsi possible de faire le lien entre ce que font les individus, ce à quoi ils pensent en le faisant, la réalisation de l'intention prospective et si leurs pensées sont davantage orientées vers le passé ou le futur, délibérées ou spontanées. Malgré des avantages indéniables, la méthode d'échantillonnage de l'expérience n'est pas simple à mettre en place. S'il faut bien entendu veiller à conserver une rigueur expérimentale dans la conception du protocole, il est absolument indispensable d'anticiper les modalités de récupération des données et leur format brut, afin d'éviter les écueils potentiels d'une compilation fastidieuse et chronophage des données récoltés. Pour cela, le choix et la conception des outils envisagés, en amont, sont cruciaux. Par ailleurs, l'utilisation d'application pour smartphone, de questionnaire en ligne ou l'emploi des services de site de démarchages commerciaux (pour l'envoi des sondes par téléphone), impliqueront nécessairement le stockage temporaire des données issues de l'échantillonnage de l'expérience. Ces données pouvant être

---

reliées à l'identité des participants, via leur adresse IP ou numéro de téléphone personnel, une évaluation auprès d'un comité d'éthique de la recherche est obligatoire, ajoutant une complexité administrative supplémentaire à ce qui paraissent être une méthodologie simple et rapide à mettre en place. Enfin, ces méthodes naturalistes souffrent de plusieurs limitations méthodologiques, telles que l'impossibilité d'être normées, une faisabilité réduite avec certaines populations pathologiques (patients schizophrènes), une durée expérimentale pouvant être importante, des coûts financiers, procéduraux et bureaucratiques non négligeables, ainsi qu'un faible contrôle expérimental des facteurs externes (Parsons, 2015). En effet, ces méthodes sont particulièrement sujettes aux biais, car les participants peuvent facilement « tricher » en utilisant des rappels externes ou d'autres aide-mémoire, pour mieux se souvenir de leurs intentions. Même lorsque les participants ne trichent pas, les chercheurs doivent s'appuyer sur des déclarations subjectives entachées de biais. Les études naturalistes ne permettent donc pas un contrôle expérimental strict (Kvavilashvili, 1992) et, par conséquent, semblent moins adaptées à l'étude des processus cognitifs *via* une manipulation efficace de différentes variables indépendantes. Une solution à plusieurs de ces problèmes pourrait venir d'approches (semi-) naturalistes plus contrôlées, comme les environnements virtuels.

Face à ces problématiques de conciliation entre validité écologique et contrôle expérimental, la réalité virtuelle (RV) est apparue comme une solution prometteuse et un bon compromis pour évaluer la MP (Debarnot et al., 2015; Duivon, Perrier, Desgranges, et al., 2018; Lecouvey et al., 2017, 2019; Man et al., 2018) (voir **Figure 5**). Il existe différents niveaux d'immersion et de réalisme de l'interaction avec l'environnement dans les tâches de RV, les systèmes de RV sont fréquemment divisés en systèmes non immersifs et immersifs en fonction de leur immersivité (c'est-à-dire la capacité à immerger l'utilisateur ; (Fuchs, 2017; Fuchs et al., 2011; Plechatá et al., 2019; Slater & Sanchez-Vives, 2016; Smith, 2019; Steed & Schroeder, 2015). La RV non immersive fait référence à des programmes (environnements virtuels) projetés sur des écrans bidimensionnels (le matériel) tels que les écrans d'ordinateur, les ordinateurs portables, les tablettes et les appareils mobiles (Plechatá et al., 2019; Slater & Sanchez-Vives, 2016; Steed & Schroeder, 2015). La RV immersive fait référence aux environnements virtuels projetés sur des dispositifs tels que des casques de RV et des systèmes CAVE (cube immersif 3D ; Kourtesis et al., 2019; Plechatá et al., 2019; Slater & Sanchez-Vives, 2016; Steed & Schroeder, 2015). La RV non immersive fournit un environnement de test moins valide sur le plan écologique que les tests de RV immersive (Bohil et al., 2011; Parsons, 2015; Rizzo et al., 2004; Teo et al., 2016). Il est important de noter que les différences de performance

entre les joueurs et les non-joueurs sont atténuées par la vue à la première personne et les interactions ergonomiques proches des actions de la vie réelle, dans les environnements VR immersifs (Zaidi et al., 2018). Par conséquent, un paradigme de recherche en RV immersif fournit l'approche la plus efficace pour évaluer la MP dans des conditions naturalistes et interactives qui favorise le sentiment de présence (Armougum et al., 2019; Lenormand & Piolino, 2022). En plaçant les sujets dans une multitude de situations de la vie quotidienne, au sein desquelles ils devront se remémorer une grande variété d'intentions, la RV permet de simuler la complexité des activités quotidiennes, tout en maintenant une rigueur expérimentale, et ainsi obtenir une mesure à la fois sensible, complète et spécifique au fonctionnement de la MP et de ses différentes composantes.



**Figure 5.** Caractéristiques des différents types d'épreuves de mémoire prospective en milieu naturel, en laboratoire et en réalité virtuelle. Adapté de Lecouvey et al. (2012).

Cependant, aucune de ces approches n'apparaît comme idéale, c'est pourquoi, considérant que l'équilibre est vraisemblablement dans le juste milieu, nous avons souhaité utiliser, selon les études, les 3 types de tâches utilisées aujourd'hui en recherche pour étudier la MP : épreuve en laboratoire, en milieu naturel et en RV.

## 4.2. Les inductions courtes de *mindfulness*

L'étude de la méditation en psychologie expérimentale fait face à de nombreuses problématiques pour conclure à un effet direct des pratiques méditatives sur l'amélioration des performances dans une tâche expérimentale. À l'heure actuelle, la majorité des études utilisent deux paradigmes principaux pour mesurer les effets de la méditation sur la cognition : l'approche longitudinale et celle transversale.

---

L'approche longitudinale, consiste à recruter des sujets novices et à leur proposer un entraînement à la méditation, généralement sur plusieurs semaines (Chételat et al., 2017). Ceci permet de comparer les performances des sujets avant et après un entraînement à la méditation, et de mesurer les fonctions et processus qui s'en sont trouvées améliorés. Si ce genre de paradigme offre des avantages considérables, notamment de mettre en évidence des liens de causes à effets très forts entre l'intervention et les résultats, il comporte de nombreux inconvénients en matière de charge méthodologique. En plus d'être très coûteux en termes d'organisation et très chronophage, ce type d'approche longitudinale ne permet pas d'évaluer avec précision l'expertise méditative, les conditions de pratique méditative hors du laboratoire n'étant pas contrôlées.

Une autre approche expérimentale largement utilisée consiste à comparer deux cohortes de sujets, comprenant des experts en méditation et des novices, appariés sur des critères sociodémographiques (i.e., âge, niveau d'étude). Si ce type de paradigme, bien que plus simple à mettre en place, permet d'éviter les problèmes de temps et de coût, il pose néanmoins de nombreux problèmes de causalité. En effet, de nombreux facteurs non contrôlés peuvent être à l'origine des effets observés. Les experts en méditation adoptent souvent un style de vie en accord avec leurs croyances, ce qui empêche de conclure à un effet direct de la méditation. De multiples variables peuvent en effet améliorer la qualité de vie (alimentation, sommeil) et de nombreuses pratiques de la vie quotidienne, pouvant s'apparenter à une forme de méditation (prière religieuse, pêche, ballade, contemplation...) ou bien reconnues pour être des facteurs d'amélioration cognitive (musique, sport, ...). De plus, aucune norme n'existe pour quantifier le statut d'experts en méditation, et les chercheurs utilisent comme critère le nombre d'heures totales de pratique méditative au cours de la vie. Cependant, non seulement ce nombre d'heures varie d'une étude à l'autre, mais de surcroît, Chan & Woollacott (2007) ont montré que ce paramètre ne corrélait pas avec les performances des tests exécutifs (Stroop et Global/Local), et que ce serait plutôt le nombre de minutes par jour qui serait un bon prédicteur des résultats. Les deux paradigmes sont donc très critiquables, et il importe de réfléchir particulièrement à ce que l'on cherche à mesurer pour sélectionner la méthode appropriée. Par ailleurs, quel que soit le type d'approche favorisée, l'absence régulière de protocole en double aveugle dans les études expérimentales (hors clinique), permettant d'éviter de possibles effets d'attente susceptibles d'influencer les résultats, laisse planer le doute sur la pertinence des effets observés.

---

Pour contourner ces problématiques, un troisième type de paradigme est récemment apparu et consiste en la pratique d'une méditation brève chez des novices, juste avant la réalisation d'une tâche. Ce type de protocole a l'avantage de résoudre les nombreux problèmes méthodologiques précédemment évoqués. Il est à la fois simple à mettre en place, ne requiert pas de lourds critères d'inclusion et ne requiert pas d'investissement sur le long terme. Tout comme l'approche longitudinale, ce type de paradigme permet une interprétation claire des liens de causes à effets. C'est ce type de paradigme qui a été retenu dans cette thèse. Cependant, est-ce qu'une simple session de méditation suffit pour avoir un impact sur les capacités cognitives ? Un éventail assez large de résultats vient conforter la faisabilité et l'efficacité de ce type de paradigme. Colzato et al., (2015) mettent en évidence une différence de performances dans la gestion d'un conflit attentionnel après une écoute de seulement 17 minutes de méditation d'AF ou d'AO. Kramer et al. (2013) ont montré que 10 minutes d'écoute de méditation suffisent à induire une surestimation des durées temporelles. Les auteurs expliquent ce résultat comme une modification des traitements attentionnels poussant ceux ayant médité à allouer plus d'attention au temps qui passe, perçu ainsi comme plus long. Brown et al. (2016) ont par exemple démontré qu'une induction de *mindfulness* de seulement 10 minutes permettait d'améliorer les performances en rappel libre et de reconnaissance, en partie dues à un engagement plus important dans les tâches. Larson et al. (2013), de même qu'Immink et al. (2017), ont respectivement observé une augmentation des capacités attentionnelles (focus et switch attentionnel) et une amélioration des performances d'apprentissage après des inductions de 14 et 17 minutes. Une réduction du biais de négativité dans le traitement de stimuli émotionnels a également été montré (Kiken & Shook, 2011, 2014), de même qu'une empathie et une lecture des émotions améliorées (Tan et al., 2014), une amélioration de la régulation émotionnelle (Arch & Craske, 2006), ou encore une diminution du taux de fausses reconnaissances dans une tâche de mémoire (Lloyd et al., 2016). Cependant, bien que Droit-Volet et al. (2015) aient observé qu'après 10 minutes de body-scan les sujets avaient une perception différente du temps, se caractérisant par une surestimation du temps écoulé, ils n'ont pas remarqué d'effet significatif sur une amélioration des performances aux tâches attentionnelles et sur la mémoire de travail. Selon ces mêmes auteurs, une induction seule n'est parfois pas suffisante pour qu'un effet puisse être observé, d'une part notamment, parce qu'une première expérience de méditation dépend grandement des capacités de *mindfulness* dispositionnelle des participants et d'autre part, parce qu'il est relativement difficile pour un novice de s'engager dans un exercice de focus attentionnel ou d'attention ouverte de type *mindfulness*.



---

Si une seule induction de *mindfulness* a moins d'effet sur la cognition qu'un entraînement à moyen ou long-terme ne peut le permettre, certains auteurs montrent qu'elle peut être suffisante, à condition de maîtriser les conditions expérimentales. Ces études ont toutes en commun d'avoir utilisé une induction de MW comme condition contrôle et ont toutes pu observer un effet délétère du MW sur les performances mesurées.

### 4.3. Les mesures de MW

Bien que le MW soit une expérience mentale courante, il constitue un sujet difficile à étudier scientifiquement. Les chercheurs qui étudient les sources exogènes de distraction (la capture de l'attention) peuvent manipuler efficacement les attributs des stimuli exogènes et établir des relations causales entre les manipulations expérimentales et les réponses des participants. Cependant, l'état de MW est difficile à induire par des manipulations externes ou à déduire de comportements externes. Par conséquent, l'étude du MW, jusqu'à présent, repose fortement sur l'introspection des participants concernant leurs pensées internes.

Une méthode populaire d'échantillonnage de l'expérience est appelée la méthode des « sondes de pensées » (probe-caught – Smallwood & Schooler, 2006b). Les participants sont interrompus par intermittence et invités à rapporter le contenu de leur expérience de pensée au cours d'une tâche continue qui exige une attention soutenue. La période qui précède une réponse positive à la sonde est alors considérée comme un épisode de MW. Il est intéressant de noter qu'il existe une grande variation dans la formulation des questions posées, ce qui fait écho au fait que différents groupes de recherche ont conceptualisé différemment le MW. Certaines études ont simplement demandé aux participants s'ils avaient l'esprit vagabond ou non (Franklin et al., 2014). D'autres ont demandé aux participants d'évaluer leur niveau d'attention sur une échelle de Likert (Wammes & Smilek, 2017). Il est également possible de demander aux participants de faire la différence entre le MW volontaire et spontané (Seli, Risko, & Smilek, 2016b). D'autres encore ont demandé aux participants de choisir parmi plusieurs catégories de pensées telles que l'interférence liée à la tâche, la distraction externe, le MW, etc... (Kane et al., 2017). Les participants peuvent également être invités à décrire librement leurs expériences conscientes avant la sonde sans aucune contrainte (Stawarczyk et al., 2013). Les différences substantielles dans les mesures par sondes posent des défis aux chercheurs qui espèrent établir des hypothèses sur le MW, généralisables au-delà d'une seule étude (Robison et al., 2019; Weinstein, 2018; Weinstein et al., 2018). Néanmoins, nous avons opté, dans cette

---

thèse, pour les sondes de pensées car elles permettent une catégorisation précise des pensées spontanées.

Une méthode d'échantillonnage moins usitée est appelée la méthode de l'auto-capture (« self-caught » – Smallwood et al., 2003). Dans cette méthode, on demande aux participants d'indiquer les épisodes de MW chaque fois qu'ils se surprennent à le faire. Là aussi, la courte période précédant le rapport est généralement considérée comme étant un épisode de MW. Un avantage de la méthode de l'auto-capture est qu'il n'y a pas de limite supérieure au nombre d'auto-rapports, ce qui conduit souvent à un plus grand nombre de données et donc à une puissance statistique plus élevée. Cependant, la méthode de l'auto-capture exige des participants qu'ils allouent davantage de ressources attentionnelles à la fois pour surveiller leurs états attentionnels et exécuter la tâche en cours, ce qui pourrait être encore plus intrusif que les sondes de pensée. De plus, un défi unique pour la méthode de l'auto-capture est de définir les périodes pendant lesquelles les participants ne sont pas en train de vagabonder, et une façon typique d'y parvenir est d'utiliser des épisodes sans rapports subjectifs du MW (Faber et al., 2018; Mills et al., 2016). Cependant, il est souvent difficile de savoir si les participants étaient vraiment concentrés sur leur tâche pendant ces épisodes ou s'ils n'ont pas remarqué leur propre MW.

Une étude a montré que la consommation d'alcool augmente les rapports de capture par sonde mais diminue l'incidence des rapports d'auto-capture, ce qui suggère que les rapports d'auto-capture et les rapports de capture par sonde peuvent indiquer différents niveaux ou types de MW (Sayette et al., 2009). Cependant, les chercheurs doivent également tenir compte de la possibilité que l'intrusion accrue lorsque les deux méthodes sont utilisées ensemble puisse perturber gravement la nature de la tâche.

Enfin, une troisième façon de mesurer le MW consiste à utiliser des questionnaires au terme de la tâche (Barron et al., 2011; Forster & Lavie, 2014; Seli et al., 2015). La méthode du questionnaire peut souvent préserver la nature de la tâche et permettre aux chercheurs d'évaluer le MW au niveau des traits. Cependant, l'un des inconvénients de l'utilisation des questionnaires est de ne pas pouvoir mesurer la concentration sur la tâche au moment de la passation, ce qui peut s'avérer essentiel (ou non) selon l'objectif de la recherche. Nous avons donc utilisé ces types de questionnaires comme mesure de contrôle, en complément des mesures objectives expérimentales.

Effet d'une courte induction de pleine  
conscience sur la mémoire prospective :  
étude en réalité virtuelle

---

## 5.1. Étude 1 : Introduction

L'étude de la *mindfulness*, en tant qu'état ou trait dispositionnel, a suscité un intérêt considérable ces dernières années. Au-delà des bénéfices sur le bien-être, la pratique de la *mindfulness* a montré des bénéfices sur différents processus cognitifs, notamment le contrôle attentionnel et les fonctions exécutives. Malgré la multiplication des recherches mettant en évidence les bénéfices de la méditation sur la cognition, son impact sur la mémoire est moins connu. En particulier, à notre connaissance, il n'existe aucune étude explorant les bénéfices potentiels d'une telle pratique sur la MP. Or, cette mémoire, consistant à se souvenir d'effectuer une action préalablement planifiée, repose essentiellement sur des processus cognitifs divers tels que sont les fonctions exécutives, l'attention et la mémoire (encodage, stockage et récupération). Dans ce travail, nous avons donc étudié l'effet d'une courte induction de *mindfulness* sur les performances de la MP, en comparaison avec une session de MW, un état cognitif opposé lié à des défaillances attentionnelles. Dans ce but, nous avons employé une tâche écologique en réalité virtuelle permettant de surmonter le manque de contrôle expérimental observé dans les tâches naturalistes courantes et le manque de validité écologique des paradigmes traditionnels de laboratoire. Cette première étude vise donc à répondre à la question de recherche N°1 (**QR1**) de notre thèse, à savoir l'effet de la régulation attentionnelle sur la mémoire prospective. Le rôle du trait individuel de *mindfulness* dans l'étude du lien entre *mindfulness* et MP est également examiné à l'aide du *Five Fact Mindfulness Questionnaire*. Si la littérature semble ne s'être jamais vraiment penché sur la question, des recherches supplémentaires devraient permettre d'étudier le gain positif de la *mindfulness* sur la MP afin d'identifier une méthode efficace pour améliorer les mécanismes d'adaptation cognitive dans la vie quotidienne des personnes âgées.

---

## Résumé de l'Article 1

Dans la présente étude, nous examinons comment les deux modalités de la *mindfulness* (état-trait) affecte la MP en utilisant une tâche écologique en réalité virtuelle. La MP consiste à se souvenir d'exécuter, au moment opportun, une action que l'on a préalablement planifiée. La MP est une fonction cognitive complexe dont le fonctionnement nécessite l'allocation dynamique et la synchronisation de processus cognitifs partiellement distincts selon la nature de la tâche et son contexte de réalisation. Nous contrastons deux états de conscience considérés comme opposés, la *mindfulness* et le MW. La *mindfulness*, qu'elle soit induite ou dispositionnelle, c'est-à-dire présent à « l'état naturel » sous forme de trait, a montré des bénéfices sur ces différentes capacités cognitives. À l'inverse, le MW est depuis longtemps associé à une multitude de conséquences négatives sur les performances cognitives. Ainsi, du fait qu'ils soient associés à une amélioration de l'attention, des fonctions exécutives et de la gestion du temps, nous nous attendons à ce que le trait et l'état de *mindfulness* aient un impact positif sur la MP.

À l'aide d'une tâche écologique de MP en réalité virtuelle, 80 participants ont été invités à mémoriser 15 associations indices/actions et de les rappeler à certains moments (*time-based*) ou à certains endroits dans une ville virtuelle (*event-based*, liés ou non de manière sémantique au lieu de rappel). Entre l'encodage et la récupération de ces associations, les participants ont été assignés aléatoirement à une session de méditation ou de MW (condition contrôle). Le trait de *mindfulness* a été mesuré via un questionnaire.

Nous reproduisons le pattern de résultats présent dans la littérature concernant le type d'indice prospectif. De fait, les items *time-based* sont moins bien rappelés que les items *event-based non liés* et *event-based liés*, ces dernières étant les plus facilement rappelées. Nous ne trouvons aucune différence entre les deux groupes au niveau des scores de mémoire prospective. Cependant, certains traits de *mindfulness* étaient liés à la MP. La tendance naturelle à la description de ses propres sensations prédisait les performances aux items *time-based*.

Nous discutons ce résultat à la lumière des résultats récents concernant l'impact du MW sur la cognition orientée vers le futur. Par ailleurs, la pleine conscience dispositionnelle ayant prédit les performances *time-based*, basées sur la gestion du temps, nous proposons que ce lien puisse être dû à l'association commune entre la *mindfulness* dispositionnelle et la MP, et les capacités attentionnelles et intéroceptives.

---

## 5.2. Article 1: “The impact of state and dispositional *mindfulness* on prospective memory: a virtual reality study”

- **Girardeau, J. C.**, Blondé, P., Makowski, D., Abram, M., Piolino, P., & Sperduti, M. (2020). The impact of state and dispositional *mindfulness* on prospective memory: a virtual reality study. *Consciousness and cognition*, *81*, 102920.



# The impact of state and dispositional mindfulness on prospective memory: A virtual reality study

Jean-Charles Girardeau<sup>a,\*</sup>, Philippe Blondé<sup>a</sup>, Dominique Makowski<sup>b</sup>, Maria Abram<sup>a</sup>, Pascale Piolino<sup>a,c,1</sup>, Marco Sperduti<sup>a,1</sup>

<sup>a</sup> Laboratoire Mémoire, Cerveau & Cognition (MC<sup>2</sup>Lab, EA7536), Institut de Psychologie, Université de Paris, Paris, France

<sup>b</sup> School of Social Sciences, Nanyang Technological University, Singapore, Singapore

<sup>c</sup> Institut Universitaire de France (IUF), France

## ARTICLE INFO

### Keywords:

Mindfulness  
Mind wandering  
Prospective memory  
Five Facets Mindfulness Questionnaire  
Virtual reality

## ABSTRACT

Prospective memory (PM) consists of remembering to perform an action that was previously planned. The recovery and execution of these actions require attentional resources. *Mindfulness*, as a state or a dispositional trait, has been associated with better attentional abilities while *mind wandering* is linked with attentional failures. In this study, we investigated the impact of *mindfulness* on PM. Eighty participants learned 15 cue-action associations. They were, then, asked to recall the actions at certain moments (time-based items) or places (event-based items) during a walk in a virtual town. Before the PM task, participants were randomly assigned to a *mindfulness* or *mind wandering* (control condition) session. Dispositional *mindfulness* was measured via the Five Facets Mindfulness Questionnaire (FFMQ). Although considered as two opposite states, we did not report any difference between the two groups on PM abilities. Nevertheless, the natural tendency to describe one's own sensations (the *Describing* facet of the FFMQ) predicted *time-based* performance in both groups. We discuss different hypotheses to explain this finding in light of recent findings on the impact of *mind wandering* on future oriented cognition. Our main observation is a positive link between the *Describing* facet and *time-based* PM performances. We propose that this link could be due to the common association of this *mindfulness* facets and PM with attentional and interoceptive abilities. Additional studies are needed to explore this hypothesis.

## 1. Introduction

“Memory is the future of the past” (Valery, 1975)

Planning, organizing, thinking up, foreseeing are daily mental activities everyone has to handle. Particularly useful for these activities, prospective memory (PM) is much more essential than we can realize in maintaining an adaptive behavior and a personal and social autonomy. It is indispensable, for example to remember to send a message to wish a birthday, to honor an appointment, to pay taxes before the deadline or to take medicines at a precise time of the day. A failure of PM constitutes an important social discomfort and a major decline of this memory can hinder a person's autonomy. PM failures are a hallmark of normal and

\* Corresponding author at: Laboratoire Mémoire, Cerveau & Cognition (MC<sup>2</sup>Lab EA7536), Institut de Psychologie, Université Paris Descartes, 71 Ave Édouard Vaillant, 92100 Boulogne-Billancourt, France.

E-mail address: [jean-charles.girardeau@parisdescartes.fr](mailto:jean-charles.girardeau@parisdescartes.fr) (J.-C. Girardeau).

<sup>1</sup> Sharing last co-authorship.

<https://doi.org/10.1016/j.concog.2020.102920>

Received 29 April 2019; Received in revised form 4 February 2020; Accepted 19 March 2020  
1053-8100/ © 2020 Elsevier Inc. All rights reserved.

pathological cognitive aging (Gonneaud, Eustache, & Desgranges, 2009; Kalpouzos, Eustache, & Desgranges, 2008; Kliegel & Martin, 2003; Rouleau et al., 2016). Thus, defining a cognitive intervention program aimed at stimulating PM could have important clinical applications.

PM is a rather singular form of memory. It consists of “remembering to remember”. In other words, it is the ability to remember to carry out, at the appropriate moment, an action that was previously planned. PM encompasses different phases such as: the formation and encoding of an intention; its maintenance over a given period of time occupied by other ongoing activities; the recovery, at the opportune moment, of the intention in memory; and finally, the execution of the corresponding action (Kliegel, Martin, McDaniel, & Einstein, 2002). All these phases are underpinned by various cognitive processes such as planning, cognitive flexibility, inhibition and attention (Bisiacchi, Schiff, Ciccola, & Kliegel, 2009; Kliegel, Jäger, & Phillips, 2008; Kliegel, Martin, McDaniel, Einstein, & Moor, 2007; Schnitzspahn, Stahl, Zeintl, Kaller, & Kliegel, 2013; Smith & Bayen, 2004).

Nevertheless, not all PM tasks require the same cognitive resources. Indeed, according to the multiprocess theory (Einstein et al., 2005), the performance of PM can be modulated by different features of the PM task such as when few attentional resources are devoted to the ongoing task or when the detection of prospective cues rests on the same processes (e.g., perceptive, semantic) as the one involved in the current task, or when the prospective cues are semantically linked to the corresponding action (Einstein & McDaniel, 2005; Einstein, Smith, McDaniel, & Shaw, 1997; Gonneaud, Piolino, Lecouvey, Madeleine, Orriols, Fleury, & Desgranges, 2012; Marsh, Hicks, & Watson, 2002; McDaniel & Einstein, 1993). Thus, in certain situations, the recovery of an intention can be done automatically, while in other circumstances, the commitment of controlled processes is required. This theory is supported by cerebral activations specific to the two modes of operation. Frontal regions are engaged when strategic processes are at stake, while medio-temporal structures (especially the hippocampus) are recruited when a more automatic recall occurs (Kalpouzos et al., 2008; McDaniel & Einstein, 2011).

Additionally, the recovery of PM intentions can be triggered by an external event (e.g., remembering to buy bread when encountering a bakery) or can be auto-initiated at a specific moment (e.g., remembering to take the cake out of the oven after 30 min). In the first case, we talk about *event-based*, and in the latter of *time-based* (Kvavilashvili & Ellis, 1996). Contrary to *event-based*, *time-based* actions do not depend on environmental monitoring but are based on the internal time monitoring. Time estimation requires more self-initiation by individuals and the commitment of attentional and executive processes allocated to time management. As a consequence, *time-based* intentions are more costly and difficult to implement (Einstein, McDaniel, Richardson, Guynn, & Cunfer, 1995). Thus, *time-based* PM are significantly more sensitive to a modification of the cognitive load and are more prone to errors than *event-based* ones (Khan, Sharma, & Dixit, 2008).

If *time-based* and *event-based* PM share common brain activations reflecting the involvement of strategic processes (Gonneaud et al., 2014), a lesional approach (Volle, Gonen-Yaacovi, de Lacy Costello, Gilbert, & Burgess, 2011) and a transcranial magnetic stimulation study (Debarnot et al., 2015) revealed some dissociation between the two. A large network comprising the dorsolateral prefrontal cortex, the cuneus/precuneus and, to a lesser extent, the inferior parietal lobule, the superior temporal gyrus and the cerebellum, is particularly involved in *time-based* PM, notably because it would underlie the management and time perception (Gonneaud et al., 2014). Conversely, the left frontopolar cortex and occipital areas were more activated during *event-based* PM, probably reflecting target-checking (Gonneaud et al., 2014). These observations confirm the results of a previous study on the involvement of a broad frontoparietal network throughout the entire task for the maintenance of intentions, followed by an activation of the occipital cortex during target-searching and finally the activation of a fronto-hippocampal network during the retrieval of intentional content (Kalpouzos, Eriksson, Sjölie, Molin, & Nyberg, 2010).

Given the importance of attentional and executive functions for the correct function of PM, and the growing body of literature showing a positive impact of *mindfulness* on these functions, this could be a promising candidate as a cognitive stimulation tool for the PM.

*Mindfulness* is a cognitive state emerging from intentionally bringing attention on the present moment with a non-reactive, non-judgmental and accepting stance toward the current experience (Kabat-Zinn, 1982). As such, *mindfulness* can be trained by meditation practices, but also be considered as personality trait (Baer et al., 2008). In the following, we will refer to these two aspects as *mindfulness* meditation and dispositional *mindfulness*, respectively. *Mindfulness* meditation necessitates attentional regulation processes allowing keeping one's attentional focus on the lived experience, while ignoring distraction. There is nowadays a quite general scientific consensus on the positive impact of *mindfulness* meditation (Jha, Krompinger, & Baime, 2007; Lutz, Slagter, Dunne, & Davidson, 2008; Tang et al., 2007; Tang, Hölzel, & Posner, 2015) on attentional abilities, in particular of the executive component. Concerning dispositional *mindfulness*, several studies have reported a positive correlation between self-reported *mindfulness* and sustained attention performance (Galla, Hale, Shrestha, Loo, & Smalley, 2012; Josefsson & Broberg, 2011) or the efficiency of the executive component of attention (Ainsworth, Eddershaw, Meron, Baldwin, & Garner, 2013; Galla et al., 2012; Josefsson & Broberg, 2011). Nevertheless, one study did not find any association between dispositional *mindfulness* and the efficiency of the alerting, the orienting or the executive attentional network (Jaiswal, Tsai, Juan, Liang, & Muggleton, 2018). Di Francesco et al. (2016) even reported that dispositional *mindfulness* was associated with longer reaction times under conflict resolution. Interestingly, Sørensen et al. (2018) replicated the null findings concerning the association between dispositional *mindfulness* and the efficiency of the three attentional networks, but they did show a positive correlation with the interaction scores of orienting by conflict detection. The authors interpreted this finding as a more flexible and efficient orienting of attention with increased dispositional *mindfulness*. This is coherent with a more recent study showing that dispositional *mindfulness* was related to reduced attentional blink driven by emotional material, likely witnessing a faster disengagement of attentional resources from irrelevant distractors (Makowski, Sperduti, Lavallée, Nicolas, & Piolino, 2019). Beyond attention, meditation practice has also been shown to have a positive effect on executive functions (Mrazek, Franklin, Phillips, Baird, & Schooler, 2013), in particular on inhibition (Gallant, 2016).



Since attention and executive functions play a pivotal role in PM, it is likely that *mindfulness* meditation could enhance PM performances. *Mindfulness* meditation could also have a positive influence on the retrospective aspect of memory necessary to PM. Indeed, during PM, we do not have to remember to just doing something, but we have to remember exactly what to do. Brown, Goodman, Ryan, and Anālayo (2016), for example, have shown that a single brief *mindfulness* meditation session (10 min) improved free recall and recognition. Moreover, recently, a positive link between the rate of self-caught *mind wandering* and the monitoring of PM *time-based* goals has been reported (Seli, Smilek, Ralph, & Schacter, 2018). This finding suggests a common monitoring system for the content of consciousness and PM intentions. Given that even the most basic *mindfulness* meditation exercise consists in catching the occurrence of *mind wandering* in order to re-orient the attentional focus on the chosen object of attention, these data ground a direct theoretical link between *mindfulness* and PM.

Our main hypothesis is that *mindfulness* meditation and dispositional *mindfulness* should be linked with better PM performance. This effect should be more important for *time-based* intentions given the higher involvement of attentional resources (Einstein et al., 1995; Khan et al., 2008). Moreover, we expected that the effect of *mindfulness* meditation on PM performances would be amplified in subjects showing higher scores of dispositional *mindfulness*. To test our hypotheses, we employed a virtual reality PM task (Debartot et al., 2015) permitting to assess both *event-* and *time-based* PM in a naturalistic context similar to real life. Before the PM task, participants were randomly assigned to a *mindfulness* meditation exercise of 15 min or to a *mind wandering* induction (control condition) of the same duration. Indeed, *mind wandering*, being characterized by the occurrence of task-unrelated and stimulus-independent thoughts (Stawarczyk, Majerus, Maquet, & D'Argembeau, 2011; Xu, Purdon, Seli, & Smilek, 2017), is consensually held to be antithetical to *mindfulness* (Arch & Craske, 2006; Garland, Hanley, Farb, & Froeliger, 2015). This is the main reason why it has been commonly employed as a control condition in studies investigating the effect of short *mindfulness* sessions on cognition (Dickenson, Berkman, Arch, & Lieberman, 2012; Garland et al., 2015; Rosenstreich & Ruderman, 2017; Wilson, Mickes, Stolarz-Fantino, Evrard, & Fantino, 2015). Moreover, *mind wandering* occupies a large portion of our waking everyday mental activity (Killingsworth & Gilbert, 2010), thus having a good ecological validity (Cahn & Polich, 2009). Finally, we chose this control condition as we wanted to conduct a double-blind study in order to minimize biases linked to the subjects' expectations. We reasoned that an induction of *mind wandering* could reasonably be taken, by meditation naive subjects, as a meditation session. Other control conditions such as listening to a story, reading a book or doing nothing could have hardly be presented as a meditation session.

Brief *mindfulness* inductions have successfully been employed to affect different cognitive functions in numerous studies (Droit-Volet, Fanget, & Dambun, 2015; Immink, Colzato, Stolte, & Hommel, 2017; Larson, Steffen, & Pimosch, 2013). This approach permits experimentally manipulating the participants' cognitive state comparing a meditation induction with an appropriate control condition. Thus, on the one hand, it allows a more straightforward conclusion compared to cross sectional studies, about causality, and on the other hand, it is less burdening compared to longitudinal studies. To our knowledge, this is the first study directly investigating the links between *mindfulness* and PM.

## 2. Material and methods

### 2.1. Subjects

Participants were recruited from the Institute of Psychology at the University of Paris Descartes. To be eligible for the study, subjects should: i) be aged between 18 and 30 years old; ii) not practice meditation, ii) be native French speakers. They received credits for their participation. We recruited 80 young adults that were randomly assigned to a *mindfulness* (N = 39, 34 females and 5 males, age 21.69 ± 2.95 years) or a *mind wandering* (N = 41, 36 females and 5 males, age 20.97 ± 2.23 years) induction. Subjects in the two groups were matched on demographic (age, academic level), affective (Anxiety assessed by the State-Trait Anxiety Inventory; Spielberger, Gorsuch, & Lushene, 1970; Depression assessed by the Beck Depression Inventory; Beck, Steer, & Brown, 1996) and executive functions abilities (Inhibition measured by the STROOP; Stroop, 1935; Flexibility measured by the Trail Making Test; Crowe, 1998) (See Table 1). This study was conducted in double blind. All subjects were recruited by an announcement offering to test meditation, and experimenters were blind to what condition subjects were assigned. They were informed of the academic nature of the study and accepted that their responses would be processed anonymously. After the nature of the procedure had been fully explained, all participants gave written informed consent before carrying out the study. The protocol was carried out in accordance with the local ethical standards.

**Table 1**

Demographic data. BDI = Beck Depression Inventory; STAI = State-Trait Anxiety Inventory; TMT = Trail Making Test.

	Mindfulness	Mind-wandering	t-test
Participants	39 (34 female)	41 (36 female)	
Age	21.69 ± 2.95	20.97 ± 2.23	t(78) = 1.23, p = 0.22
BDI	6.69 ± 4.98	6.28 ± 6.27	t(78) = 0.007, p = 0.99
STAI	47.05 ± 10.51	44.17 ± 12.06	t(78) = 1.14, p = 0.26
STROOP	0.3 ± 1.24	0.27 ± 1.98	t(78) = 0.09, p = 0.92
TMT	-0.1 ± 1.43	-0.1 ± 1.39	t(78) = 0.001, p = 0.99
Retrospective score	24.77 ± 4.02	24.56 ± 3.72	t(78) = 0.24, p = 0.81

## 2.2. Procedure

The protocol started with a brief neuropsychological assessment, followed by a familiarization phase with the virtual reality equipment consisting in a walk in a virtual town similar to that employed in the main experimental task. This familiarization phase also served as a retrospective task leading to a recognition task. Then, participants carried out the encoding phase of the prospective task, before being randomly assigned to one of the inductions (administered through headphones). After each induction participant had to answer 6 questions assessing their cognitive state during the induction, immediately following by the virtual reality PM task. Finally, a free and a cued recall of *event/time* action associations were carried out. At the end of the protocol, participants completed the last questionnaires containing ad-hoc questions on the induction experience. The whole protocol lasted about 90 minutes.

## 2.3. Questionnaire

Dispositional *mindfulness* was assessed by the Five Facet Mindfulness Questionnaire - FFMQ (Baer et al., 2008; Heeren, Douilliez, Peschard, Debrauwere, & Philippot, 2011). It is composed by 39 items (5-point Likert scales) evaluating 5 sub-components: *Observing* (tendency to pay attention to our feelings and what surrounds us), *Describing* (ability to verbalize feelings), *Acting with awareness* (degree of attention to what one does), *Nonjudging of inner experience* (adopting a neutral attitude towards one's thoughts and actions), and *Nonreactivity to inner experience* (tendency to not react to our thoughts and feelings). In [Supplementary Material](#) are reported the descriptive statistics and the comparisons between the groups for each facet.

A self-assessment comprising 6 questions (visual analog scales ranging from 0 to 100) assessed the participants' cognitive state during the induction. The questions assessed: the degrees of sleepiness ("I felt sleepy", *Drowsiness*), the tendency to mindwander ("My thoughts flowed freely, without control", *Mind wandering*), the degrees of focused attention ("I was focused on a particular idea, sensation or perception", *Focused Attention*), the tendency to remain focused on bodily sensations ("My thoughts were directed to what was happening in my body (physical sensations, breathing, heart..., *Absorption Body*), the tendency to stay focused on thoughts ("My thoughts were focused on events that I imagined or remembered", *Absorption Internal*), or to be focused on external elements of the environment ("My thoughts were focused on what was happening around me (noises, voices..., *Absorption External*).

To control the impact of inductions on mood, we used a mood assessment grid inspired by Russell, Weis, and Mendelsohn (1989). Participants had to complete the assessment at the beginning of the experience and just after the inductions. Individuals indicated the valence and intensity of their mood by affixing a mark at the intersection of the two axes. The scale of the two axes (valence and arousal) ranged from 0 to 9, providing two scores, one for valence and one for intensity.

At the end of the protocol we employed two ad-hoc questions (5-point Likert scales) to assess the degree of effort during the inductions (Follow the instructions was effortful), and the time spent thinking to the PM action during the inductions (I have often thought back to the actions I had to perform during the task).

## 2.4. Memory task in virtual reality

The memory task was carried out in a virtual urban environment representing a city inspired by Paris with buildings, passers, signs and background sounds evoking an urban environment. It was constructed with Virtools and in-house software for creation and visualization of virtual environments (EditoMem and SimulaMem). The same task has been already employed by Abram, Cuny, Picard, and Piolino (2014) and Debarnot et al. (2015). The participant moved with a joystick and followed street signs indicating the route leading to the train station. This was done to be sure that all participants followed the same itinerary and, thus, met the same events in the same order.

### 2.4.1. Retrospective task

The retrospective phase consisted of a first walk in the virtual city in order to become familiar with the environment. Participants followed a precise route with the instructions "to go to the station" (following signs for this purpose) and to pay attention to the elements/events encountered along the way. They were told that they would be subsequently asked to recognize pictures of the elements encountered during their walk. Immediately after the end of navigation, they performed a recognition task. During recognition, 24 items that actually belonged to the virtual environment (e.g., fire hydrant, cars, letter box) and 12 new items (lures) were presented. We computed a correct response score (max = 36).

### 2.4.2. Prospective task

The PM task was composed of two parts: the encoding of 15 event-action pairs (phase preceding the inductions) and the proper prospective task (after the inductions). During the encoding phase, participants were asked to memorize a series of 15 pairs of items composed of a cue-event (spatial or temporal) and an action which they had to carry out during a second exploration of the virtual environment. The items were divided into 3 categories: *event-based* semantically linked (e.g., At the kiosk, buy crosswords); *event-based* semantically non-linked (e.g., In front of the church, eat an ice cream) and *time-based* (e.g., After 1 min, call a friend). The subjects had to read aloud the whole list of event-action pairs that were visually presented one-by-one. At the end of this encoding phase, they were immediately submitted to a cued recall to verify that they had correctly memorized each event-action pair (the cue corresponded to the event and the subjects had to recall the associated action). Participants had a maximum of three trials to correctly memorize the event-action list. If at the end of the three trials, the subjects could not recall more than 8 items, we excluded it from the subsequent analysis (no participants had to be excluded for this reason). Participants were not subjected to any temporal pressure

during this encoding and recall phase. During the prospective recall phase, participants were again invited to navigate the same virtual environment. Their task was to stop whenever a prospective cue (spatial or temporal) was detected and had to enunciate the associated action. To allow them to recall *time-based* items, a stopwatch was placed next to the computer screen. One point was awarded for each correct action recalled at the right time/right place. The maximum total score was 15 (5 points for each type of cues). A tolerance of  $\pm 10$ s for *time-based* cues was accepted to assign the point for stopping at the time. The total duration of the task, from the starting point to the station, lasted approximately 4 min ( $234 \pm 62$ s).

Finally, subjects were submitted to a free and a cued recall of event/time action associations. This was done to control that any eventual differences in PM between groups were not due to differences in the retrospective component of PM.

### 2.5. Induction

Inductions lasted 15-min and were recorded by the same male voice. The *mindfulness* and *mind wandering* inductions were constructed on the basis of various inductions used in different studies (Arch & Craske, 2006; Colzato, Sellaro, Samara, Baas, & Hommel, 2015; Kiken & Shook, 2011, 2014). The structure of the *mindfulness* and *mind wandering* inductions was identical, only the instructions differed. Inductions began in the same way by instructing the participant about posture (sit straight, put their hands on their thighs and keep their eyes half closed). Induction of *mindfulness* invited the subjects to focus their attention on their breathing and to come back to the breath each time their mind wandered. On the contrary, the *mind wandering* induction encouraged participants to follow any of their thoughts. The two texts were constructed in symmetry by alternating periods of instructions and period of silence.

## 3. Statistical analysis

We employed independent sample *t*-test (bilateral) to compare the two groups (*mindfulness*, *mind wandering*) on demographic, neuropsychological and manipulation check variables. In order to examine the effects of the inductions and the type of PM cue, we ran a mixed ANOVA on the PM scores with Induction Type (*mindfulness*, *mind wandering*) as a between-subjects factor and the Cue Type (*event-based linked*, *event-based not linked* and *time-based*) as a within-subjects factor. Post-hoc tests were carried out using Holm correction for multiple comparisons. Separate multiple regressions were conducted to predict the scores of each of the three prospective cues with the different facets of the FFMQ. We reported effect size for ANOVA with partial eta squared ( $\eta_p^2$ ) and Cohen's *d* for *t*-tests. All statistical analyzes were performed using R (version 3.5.2).

## 4. Results

### 4.1. Verification of experimental manipulation

In order to verify whether the type of induction had the expected effect on the participants' cognitive state, we calculated a mood modification score by subtracting the measured pre/post induction of the valence and the arousal scores of the self-assessment mood grid. The two group did not differ on the valence score, with  $t(78) = -1.11$ ,  $p = 0.27$ ,  $d = 0.12$  (*Mindfulness*:  $0.16 \pm 0.34$ , *Mind wandering*:  $0.37 \pm 1.12$ ). Similarly, the difference on arousal was not significant, with  $t(78) = 0.53$ ,  $p = 0.59$ ,  $d = -0.25$  (*Mindfulness*:  $-0.24 \pm 0.75$ , *Mind wandering*:  $-0.31 \pm 0.47$ ). We also tested for each group this differential score against 0. We reported a significant increase of 0.16 points in valence score after the *mindfulness* induction,  $t(38) = 2.99$ ,  $p < 0.005$ , 95% CI [0.05 ; 0.27]. For the *mind wandering* induction, a significant increase of 0.37 points was observed,  $t(40) = 2.11$ ,  $p < 0.05$ , 95% CI [0.016 ; 0.72]. Similarly, we obtained a significant decrease of 0.24 points in arousal scores after *mindfulness* induction,  $t(38) = -2.00$ ,  $p < 0.05$ , 95% CI [-0.48 ; 0.003]. In the same way, we noticed a significant decrease of 0.31 points in arousal scores after the *mind wandering* induction,  $t(40) = -4.25$ ,  $p < 0.001$ , 95% CI [-0.46 ; -0.16].

Then we compared the two groups on the scores of each of the 6 post-induction questions aiming at evaluating the participants' cognitive state during the inductions. We reported here only significant differences, complete results are reported in [Supplementary Material](#). The *t*-test on *Absorption Internal*, showed a significant effect of induction type  $t(78) = -3.73$ ,  $p < 0.001$ ,  $d = -0.83$ . *Mind wandering* group's score was higher ( $0.86 \pm 0.17$ ) compared to the *Mindfulness* group's score ( $0.68 \pm 0.25$ ). The *t*-test conducted on *Absorption Body*, showed a significant effect of induction type  $t(78) = -2.01$ ,  $p < 0.05$ ,  $d = 0.45$ . *Mindfulness* group's score was higher ( $0.7 \pm 0.27$ ) compared to the *Mind wandering* group's score ( $0.57 \pm 0.28$ ).

The *t*-test on the level of effort reported to follow the induction exercise showed a significant group effect, with  $t(78) = 2.69$ ,  $p < 0.009$ ,  $d = 0.6$ . *Mindfulness* group ( $3.51 \pm 1.29$ ) reported more effort to follow the induction compared to the *Mind wandering* group ( $2.76 \pm 1.22$ ). The two groups did not differ with respect to the time that participants spent thinking to the prospective actions during the inductions, with  $t(78) = 1.52$ ,  $p = 0.13$ ,  $d = 0.34$  (*Mindfulness*:  $2.92 \pm 1.26$  and *Mind wandering*:  $2.49 \pm 1.29$ ).

The length of the navigation in the virtual city during the PM task did not significantly differ between the two groups, with  $t(78) = -1.03$ ,  $p = 0.31$ ,  $d = -0.23$  (*Mindfulness*:  $241.25 \pm 71.55$  and *Mind wandering*:  $257.11 \pm 66.68$ ).

### 4.2. Effect of induction and prospective cue on PM performance

We did not observe neither a significant main effect of the Induction Type,  $F(1,234) = 0.35$ ,  $p = 0.56$ ,  $\eta_p^2 = 0.001$ , nor a significant interaction between Induction Type and Cue Type,  $F(2,234) = 0.25$ ,  $p = 0.78$ ,  $\eta_p^2 = 0.002$ . Nevertheless, the main effect of Cue Type was significant, with  $F(2,234) = 25.76$ ,  $p < 0.001$ ,  $\eta_p^2 = 0.18$ . Post-hoc comparisons revealed that the *time-based* actions were

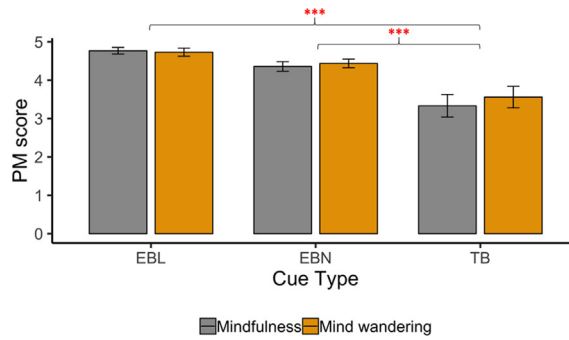


Fig. 1. Mean prospective memory score for each Cue Type in the two groups. Error bars represent standard error mean (SEM). \*\*\* $p < 0.001$ .

significantly less well recovered ( $3.45 \pm 1.81$ , 95% CI [3.19 ; 3.71]) than *event-based not linked* ( $4.4 \pm 0.74$ , 95% CI [4.14 ; 4.66],  $p < 0.001$ ) and *event-based linked* ( $4.75 \pm 0.61$ , 95% CI [4.49 ; 5],  $p < 0.001$ ). The difference between the two types of *event-based* actions showed a trend, but was not significant ( $p=0.06$ ). For a graphical representation of the results (see Fig. 1).

#### 4.3. Effect of induction and prospective cue on retrospective action cued-recall

We observed a significant main effect of the Cue Type,  $F(2,234) = 33.28$ ,  $p < 0.001$ ,  $\eta_p^2 = 0.22$ . Post-hoc comparisons revealed that the *time-based* cues ( $4.15 \pm 1.22$ , 95% CI [3.99 ; 4.31]) were significantly less recalled than the *event-based not linked* cues ( $4.92 \pm 0.31$ , 95% CI [4.76 ; 5.08],  $p < 0.001$ ) and *event-based linked* cues ( $5.00 \pm 0.00$ , 95% CI [4.84 ; 5.16], with  $p < 0.001$ ). The two *event-based* cues did not differ from each other ( $p=0.52$ ). Critically, the main effect of the Induction Type, with  $F(1,234) = 0.76$ ,  $p=0.38$ ,  $\eta_p^2 = 0.003$ , as well as the interaction between the two factors,  $F(2,234) = 0.72$ ,  $p = 0.48$ ,  $\eta_p^2 = 0.006$ , were not significant.

#### 4.4. Relationship between dispositional mindfulness and prospective memory

We conducted separate multiple regressions for each PM cues. We entered each PM score as a dependent variable, and the scores of the five facet of the FFMQ as continuous predictors. The *Describing* trait significantly predicted better PM performance for *time-based* cues,  $t(74) = 4.24$ ,  $p < 0.001$ , 95% CI [0.62 ; 1.75],  $\beta = 1.21$  (Fig. 2). Moreover, the global model was significant,  $F(5,74) = 4.95$ ,  $p < 0.001$ . The regression models for the other two type of cues were not significant, with  $F(5,74) = 1.06$ ,  $p = 0.39$  for *event-based linked* cues and  $F(5,74) = 0.23$ ,  $p = 0.95$  for *event-based not linked* cues.

We ran the same analysis on the *time-based* cued-recall score. We reported that the global model was not significant,  $F(5,74) = 2.24$ ,  $p = 0.06$ . Crucially, the *Describing* facet did not significantly predict this score,  $t(74) = 0.76$ ,  $p = 0.45$ .

### 5. Discussion

The goal of this study was to explore the impact of state and dispositional *mindfulness* on PM. On the one hand, we compared the effect of a one-shot short *mindfulness* session to a *mind wandering* control condition on PM performance. On the other hand, we investigated the link between dispositional *mindfulness*, assessed with a standard questionnaire, and PM. Our main findings suggest that dispositional *mindfulness* is linked with better PM performances, while we did not report an effect of the short *mindfulness* exercise.

Firstly, our results on the different aspects of PM showing a greater difficulty for *time-based* PM, compared to the *event-based*, are coherent with previous findings (Debarnot et al., 2015; Einstein et al., 1995; Henry, MacLeod, Phillips, & Crawford, 2004; Kalpouzos et al., 2008). They thus confirm the validity and relevance of our virtual reality PM task.

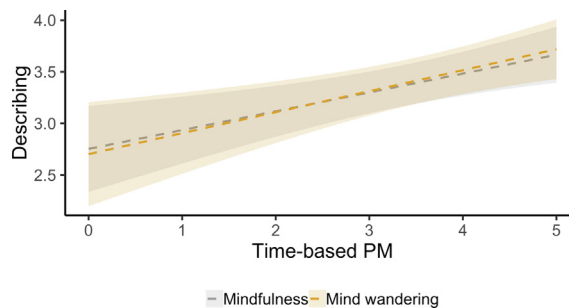


Fig. 2. Relationship between the Describing facets of mindfulness and time-based prospective memory score for the *mindfulness* and *mind wandering* group separately. Dotted lines represent regression lines and transparent areas represent 95% confidence interval.

Contrary to our first hypothesis, we did not observe any difference in PM performances after a *mindfulness*, compared to a *mind wandering* session. Several hypotheses could be advanced to explain this null result. The first one is that we employed a double-blind protocol, thus minimizing the risk of biases linked to the subjects and experimenters' expectations. This is not the case in most of previous studies reporting an effect of short *mindfulness* inductions on cognition. A second explanation would be that these two exercises do not differ enough to differently impact the participants' performances. This suggestion is supported by the fact that the two inductions similarly impacted participants' self-reported mood (decrease in arousal and increase in valence). Interestingly, Johnson, Gur, David, and Currier (2015) found similar result on mood comparing a *mindfulness* and a sham-*mindfulness* induction, without reporting any effect on cognitive measures (attention and working memory tasks). However, it seems that the two inductions were lived differently by the subjects. Indeed, the *mindfulness* group reported significantly more effort to follow the instructions than the *mind wandering* group. This observation is not surprising considering the difficulty of the exercise, above all for naïve subjects. This is coherent with the results of Imminck et al. (2017), demonstrating that the degree of effort deployed during a meditation exercise was a determining factor for its effectiveness. In addition, the tendency to remain focused on bodily sensations was significantly higher in *mindfulness* group compared to the *mind wandering* group. On the contrary, the reported tendency to stay focused on thoughts was greater for the *mind wandering* group. These differences suggest that the two inductions produced two different cognitive states corresponding to the desired experimental manipulation. Obviously, these results should be taken with caution since they are based on subjective reports. Future studies should employ objective measure of meditative engagement, such as physiological ones, to verify the effectiveness of the experimental manipulation.

If we accept the idea that the two exercises indeed produced different cognitive states, a third hypothesis could be that 15 min of meditation are not enough to produce a measurable effect on PM. Accordingly, some previous studies also did not find any effect on cognition after a short meditation session (Droit-Volet et al., 2015; Johnson et al., 2015; Larson et al., 2013). While these studies did not report an effect after a single *mindfulness* meditation session, other studies reported an effect after 5 days of training (Droit-Volet et al., 2015; Tang et al., 2015). So, these results emphasize the fact that an induction alone is sometimes not sufficient to show an effect. The dose effect in meditation research is certainly a crucial topic for both methodological reasons and clinical applications.

An alternative intriguing hypothesis is that the two inductions had divergent effect on the participants' cognitive state, but similar effect on PM. *Mindfulness* and *mind wandering* are often considered as two opposite cognitive states being linked with positive and negative outcomes, respectively (for a review, see Schooler et al., 2014). *Mindfulness* indeed improves executive control and sustained attention (MacLean et al., 2010; Tang et al., 2007). Thus, the *mindfulness* induction may have facilitated the detection of temporal and contextual cues through a greater focus on the present moment and the environment. Even if *mind wandering* is negatively associated with attentional and memory capacities (Poerio et al., 2017), recently, its positive impact on cognitive functions is beginning to be recognized. Indeed, *mind wandering* is linked to elaborating and planning of future activities (Seli, Risko, Smilek, & Schacter, 2016). These cognitive processes are central to PM. Moreover, a distinction between two types of *mind wandering*, one intentional and the other involuntary, has been proposed (Seli et al., 2018). In contrast to involuntary *mind wandering*, intentional episodes of *mind wandering* are strongly associated with planning and the awareness of the initiation of the episode of *mind wandering*, resulting in a *meta-cognitive* awareness of its occurrence (Seli et al., 2016). Our manipulation was probably more similar to intentional *mind wandering* and could have had a positive impact on PM performances. Interestingly, Seli, Carriere, and Smilek (2015) reported that the self-reported tendency to deliberately and spontaneously engage in *mind wandering* in daily life was positively and negatively correlated with dispositional *mindfulness*, respectively. Thomson, Ralph, Besner, and Smilek (2015) reported a negative relationship between the tendency to mind wander and the magnitude of the attentional blink, even if in this study, the correlation was found with the spontaneous but not with the deliberate dimension of *mind wandering*. The authors noted that a similar effect has been reported in expert meditators under "open" as opposed to "focused" attention meditation (Van Vugt & Slagter, 2014). They interpreted these findings proposing that *mind wandering* could represent a natural tendency to engage with the world in an "open" attentional state as meditators do willfully. They conclude that "[...] *mind wandering* may be the behavioral outcome of a cognitive style that serves to prevent individuals from "over-investing" in particular events in the environment, since over-investment can be severely detrimental to the processing of other (potentially critical) stimuli" (Thomson et al., 2015, p. 189). This description fits well PM tasks. Indeed, during PM tasks, participants have to accomplish an ongoing task while detecting other critical stimuli (the PM cues). Thus, if this hypothesis is true, interindividual differences in the tendency to mind wander should likely predict PM performances. This proposal is also supported by a recent neuroimaging study showing a correlation between the tendency to mind wander and the resting state functional coupling between the default mode network and the frontoparietal control network (Godwin et al., 2017). The authors interpreted these results, in particular the contribution of the latter neural network, as the engagement in deliberate form of *mind wandering* such as prospective thoughts. Thus, while *mindfulness* and *mind wandering* are often seen as opposing sides of the same coin, the well-established disruptive role of *mind wandering* on cognition seems more nuanced. In particular, it seems that the nature of *mind wandering* (deliberate vs. spontaneous) could be a crucial feature that should be taken into account in future research. Given that we do not have a third passive control condition, our results can not directly sustain the hypothesis of a positive impact of *mind wandering* on PM. Nevertheless, investigating how and in which conditions state and dispositional *mind wandering* affect PM certainly deserve future efforts.

The last hypothesis to explain the lack of effect of the *mindfulness* induction is that the type of chosen meditation exercise was not the most appropriate to impact PM. Indeed, meditation techniques can be divided between focused attention (FA) and open monitoring (OM). FA practices are based on the concentration of attention on a single object (e.g., the breath) while ignoring all irrelevant stimuli. During OM meditation, practitioners try to enlarge the attentional focus to the ongoing stream of experience without engaging attention on a specific phenomenon (Lutz et al., 2008). According to Hommel and Colzato (2017), OM and FA would induce two different *meta-cognitive* control states. FA would enhance top-down attentional control favoring goal maintenance, while OM

would lessen the top-down influence prompting behavioral flexibility. Thus, OM practice could have a greater effect on PM performances than FA due to a more distributed attentional control allowing greater flexibility. To test this hypothesis, future studies could compare the effect of these two types of meditation on PM performances.

The major observation of our study is a correlation between the natural tendency to describe our internal feelings, like emotions or physical sensations, through words (Baer et al., 2008) and the *time-based* PM scores. Importantly, *Describing* was not associated with retrospective cued-recall performance of *time-based* action, suggesting that its impact is specific to the prospective component of PM. The ability of describing one's experience involves the capacity of verbalization and likely the awareness of one's personal cognitive state. Thus, our results seem coherent with the previously reported finding of a positive link between the ability to monitor one's conscious content and PM *time-based* performances (Seli et al., 2018). From a neuro-anatomical point of view, Zhuang et al. (2017) found that the FFMQ *Describing* facet was associated with greater surface area in the right dorsolateral prefrontal cortex, the right inferior parietal lobule and the grey matter volume of dorsolateral prefrontal cortex. These two structures belong to the frontoparietal network that is known to support cognitive control, enabling the dynamic top-down regulation and control of mental operations in response to environmental change and goal achievement (Duncan, Chylinski, Mitchell, & Bhandari, 2017). Moreover, the dorsal attentional network is involved in activities reflecting shifts of attention in space and predicting goal-directed attention (Fellrath, Mottaz, Schneider, Guggisberg, & Ptak, 2016). Finally, the inferior parietal lobule seems to be involved in attentional processes directed toward the maintenance of intention (Kalpouzos et al., 2010; Ramaekers, Kuypers, Wingen, Heinecke, & Formisano, 2009; Rusted, Ruest, & Gray, 2011). In addition to the links between the description facet and attentional processes, a positive association between the *Describing* facet and the gray matter volume of the right anterior insula has been observed (Murakami et al., 2012; Zhuang et al., 2017). The insula is involved in several cognitive processes, between others: time-estimation and interoceptive awareness (Craig, 2009; Critchley, Wiens, Rotshtein, Öhman, & Dolan, 2004; Wittmann et al., 2014). Thus, an intriguing explanation of the link between *Describing* facet and *time-based* PM would be that people higher in *Describing* would have greater awareness of their bodily states and, thus, a better monitoring of elapsing time. This hypothesis is supported by recent findings showing a direct link between interoceptive abilities and PM. Indeed, Umeda, Tochizawa, Shibata, and Terasawa (2016) reported that subjects with higher interoceptive accuracy had also better PM performances. Nevertheless, the authors only tested *event-based* PM. Future studies should investigate the relationship between interoception, time estimation abilities and *time-based* PM.

## 6. Conclusions and limitations

This is, to our knowledge, the first study on the effects of *mindfulness* on PM. We do not find a significant difference in PM performance between *mindfulness* and *mind wandering* inductions. We proposed several complementary hypotheses to explain this null finding. We acknowledge that some of these explications are speculative. Nevertheless, they are easily testable in future studies. For example, the possible impact of subjects' expectation on the efficacy of a *mindfulness* session could be tested by comparing a group of participants that are told that they will undergo a meditation session with another in which the same exercise is presented in a more neutral way (e.g., a relaxing pause). The impact of different forms of meditation can be easily implemented as has already been done in previous studies on other cognitive functions (Colzato et al., 2015; Colzato, van der Wel, Sellaro, & Hommel, 2016). The possibility that a single bout of *mindfulness* meditation is not enough to impact PM performances should be tested with longitudinal study employing several meditation sessions. One of the most intriguing suggestions is that *mind wandering* had a positive effect on PM. This proposal is in line with the increased interest for this cognitive state, in particular for its possible positive impact on some cognitive functions. We think that this hypothesis deserves further attention and that future studies should try to disentangle the differential role of spontaneous and voluntary *mind wandering* on PM.

Our main finding was that higher scores on the description facet of the FFMQ predicted the success of *time-based* prospective tasks. We propose that this link could be explained by two different, but possibly interacting, processes: attentional control, mediated by the frontoparietal network, and interoceptive awareness, mediated by the insular cortex. While the attentional contribution seems quite straightforward, the role of interoception in PM certainly deserves more studies.

In conclusion, our study is encouraging on the possible positive impact of *mindfulness* on PM. If a short induction is not sufficient to bring about a substantial effect, it is likely that a longer-term practice could enhance PM performance. Additional research is expected to investigate the positive gain of *mindfulness* in cognitive stimulation and remediation program in population suffering from a decline of PM, such as healthy or pathological elderly.

### Ethical approval

All procedures performed in studies involving human participants were in accordance with the ethical standards of the institutional research committee and with the 1964 Helsinki declaration and its later amendments or comparable ethical standards.

### Informed consent

Informed consent was obtained from all individual participants included in the study.

### Credit authorship contribution statement

**Jean-Charles Girardeau:** Conceptualization, Methodology, Investigation, Formal analysis, Data curation, Writing - original draft,

Writing - review & editing, Visualization. **Philippe Blondé**: Investigation. **Dominique Makowski**: Software, Resources. **Maria Abram**: Resources. **Pascale Piolino**: Project administration, Writing - review & editing, Supervision. **Marco Sperduti**: Conceptualization, Methodology, Writing - original draft, Writing - review & editing, Supervision.

### Declaration of Competing Interest

The authors declare that they have no known competing financial interests or personal relationships that could have appeared to influence the work reported in this paper.

### Acknowledgements

We would like to thank Morghane Aubert and Anaïs Giacomoni, Master's students at the University Paris Descartes for their help in collecting data. We are very grateful to the participants that took part in the study. Special thanks to Eloan Girardeau for his helpful naps.

### Appendix A. Supplementary material

Supplementary data to this article can be found online at <https://doi.org/10.1016/j.concog.2020.102920>.

### References

- Abram, M., Cuny, M., Picard, L., & Piolino, P. (2014). Retrospective and prospective memory, short-term binding and executive functions' abilities in two adolescents with medial temporal and frontal brain lesions: A virtual reality study. *International Journal of International Neuroscience*, *47*, 122.
- Ainsworth, B., Eddershaw, R., Meron, D., Baldwin, D. S., & Garner, M. (2013). The effect of focused attention and open monitoring meditation on attention network function in healthy volunteers. *Psychiatry Research*, *210*(3), 1226–1231.
- Arch, J. J., & Craske, M. G. (2006). Mechanisms of mindfulness: Emotion regulation following a focused breathing induction. *Behaviour Research and Therapy*, *44*(12), 1849–1858.
- Baer, R. A., Smith, G. T., Lykins, E., Button, D., Krietemeyer, J., Sauer, S., ... Williams, J. M. G. (2008). Construct validity of the five facet mindfulness questionnaire in meditating and nonmeditating samples. *Assessment*, *15*(3), 329–342.
- Beck, A. T., Steer, R. A., & Brown, G. K. (1996). Beck depression inventory-II. *San Antonio*, *78*(2), 490–498.
- Bisiacchi, P. S., Schiff, S., Ciccola, A., & Kliegel, M. (2009). The role of dual-task and task-switch in prospective memory: Behavioural data and neural correlates. *Neuropsychologia*, *47*(5), 1362–1373. <https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2009.01.034>.
- Brown, K. W., Goodman, R. J., Ryan, R. M., & Anālayo, B. (2016). Mindfulness enhances episodic memory performance: evidence from a multimethod investigation. *PLoS one*, *11*(4), e0153309.
- Cahn, B. R., & Polich, J. (2009). Meditation (Vipassana) and the P3a event-related brain potential. *International Journal of Psychophysiology*, *72*(1), 51–60.
- Colzato, L. S., Sellaro, R., Samara, I., Baas, M., & Hommel, B. (2015). Meditation-induced states predict attentional control over time. *Consciousness and Cognition*, *37*, 57–62.
- Colzato, L. S., van der Wel, P., Sellaro, R., & Hommel, B. (2016). A single bout of meditation biases cognitive control but not attentional focusing: Evidence from the global-local task. *Consciousness and Cognition*, *39*, 1–7.
- Craig, A. D. (2009). Emotional moments across time: A possible neural basis for time perception in the anterior insula. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, *364*(1525), 1933–1942.
- Critchley, H. D., Wiens, S., Rotshtein, P., Öhman, A., & Dolan, R. J. (2004). Neural systems supporting interoceptive awareness. *Nature Neuroscience*, *7*(2), 189.
- Crowe (1998). The differential contribution of mental tracking, cognitive flexibility, visual search, and motor speed to performance on parts A and B of the Trail Making Test. *Journal of Clinical Psychology*, *54*, 585–591.
- Debarnot, U., Crépon, B., Orriols, E., Abram, M., Charron, S., Lion, S., ... Piolino, P. (2015). Intermittent theta burst stimulation over left BA10 enhances virtual reality-based prospective memory in healthy aged subjects. *Neurobiology of Aging*, *36*(8), 2360–2369.
- Dickenson, J., Berkman, E. T., Arch, J., & Lieberman, M. D. (2012). Neural correlates of focused attention during a brief mindfulness induction. *Social Cognitive and Affective Neuroscience*, *8*(1), 40–47.
- Di Francesco, S. A., Simione, L., López-Ramón, M. F., Belardinelli, M. O., Lupiáñez, J., & Raffone, A. (2016). Dispositional mindfulness facets predict the efficiency of attentional networks. *Mindfulness*, 1–9.
- Droit-Volet, S., Fanget, M., & Damburn, M. (2015). Mindfulness meditation and relaxation training increases time sensitivity. *Consciousness and Cognition*, *31*, 86–97.
- Duncan, J., Chylinski, D., Mitchell, D. J., & Bhandari, A. (2017). Complexity and compositionality in fluid intelligence. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, *114*, 5295–5299.
- Einstein, G. O., McDaniel, M. A., Richardson, S. L., Guynn, M. J., & Cunfer, A. R. (1995). Aging and prospective memory: Examining the influences of self-initiated retrieval processes. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, *21*(4), 996.
- Einstein, G. O., Smith, R. E., McDaniel, M. A., & Shaw, P. (1997). Aging and prospective memory: The influence of increased task demands at encoding and retrieval. *Psychology and Aging*, *12*, 479–488.
- Einstein, G. O., & McDaniel, M. A. (2005). Prospective memory multiple retrieval processes. *Current Directions in Psychological Science*, *14*(6), 286–290.
- Einstein, G. O., McDaniel, M. A., Thomas, R., Mayfield, S., Shank, H., Morrisette, N., & Breneiser, J. (2005). Multiple processes in prospective memory retrieval: Factors determining monitoring versus spontaneous retrieval. *Journal of Experimental Psychology: General*, *134*(3), 327.
- Fellrath, J., Mottaz, A., Schnider, A., Guggisberg, A. G., & Ptak, R. (2016). Theta-band functional connectivity in the dorsal fronto-parietal network predicts goal-directed attention. *Neuropsychologia*, *92*, 20–30.
- Galla, B. M., Hale, T. S., Shrestha, A., Loo, S. K., & Smalley, S. L. (2012). The disciplined mind: Associations between the Kentucky Inventory of Mindfulness Skills and attention control. *Mindfulness*, *3*(2), 95–103.
- Gallant, S. N. (2016). Mindfulness meditation practice and executive functioning: Breaking down the benefit. *Consciousness and cognition*, *40*, 116–130.
- Garland, E. L., Hanley, A., Farb, N. A., & Froeliger, B. (2015). State mindfulness during meditation predicts enhanced cognitive reappraisal. *Mindfulness*, *6*(2), 234–242.
- Godwin, C. A., Hunter, M. A., Bezdek, M. A., Lieberman, G., Elkin-Frankston, S., Romero, V. L., ... Schumacher, E. H. (2017). Functional connectivity within and between intrinsic brain networks correlates with trait mind wandering. *Neuropsychologia*, *103*, 140–153.
- Gonneaud, J., Eustache, F., & Desgranges, B. (2009). La mémoire prospective dans le vieillissement normal et la maladie d'Alzheimer: intérêts et limites des études actuelles. *Revue de neuropsychologie*, *1*(3), 238–246.
- Gonneaud, J., Piolino, P., Lecouvey, G., Madeleine, S., Orriols, E., Fleury, P., ... & Desgranges, B. (2012). Assessing prospective memory in young healthy adults using virtual reality. In *Disability, virtual reality, and associated technologies*, Proc. of the 9th Int. Conf (pp. 211–218).

- Gonneaud, J., Rauchs, G., Groussard, M., Landeau, B., Mézenge, F., de La Sayette, V., ... Desgranges, B. (2014). How do we process event-based and time-based intentions in the brain? An fMRI study of prospective memory in healthy individuals. *Human Brain Mapping*, 35(7), 3066–3082.
- Heeren, A., Douilliez, C., Peschard, V., Debrauwere, L., & Philippot, P. (2011). Cross-cultural validity of the Five Facets Mindfulness Questionnaire: Adaptation and validation in a French-speaking sample. *Revue européenne de psychologie appliquée/European Review of Applied Psychology*, 61(3), 147–151.
- Henry, J. D., MacLeod, M. S., Phillips, L. H., & Crawford, J. R. (2004). A meta-analytic review of prospective memory and aging. *Psychology and Aging*, 19(1), 27–39.
- Hommel, B., & Colzato, L. S. (2017). Meditation and metacontrol. *Journal of Cognitive Enhancement*, 1(2), 115–121.
- Immink, M. A., Colzato, L. S., Stolte, M., & Hommel, B. (2017). Sequence learning enhancement following single-session meditation is dependent on metacontrol mode and experienced effort. *Journal of Cognitive Enhancement*, 1–14.
- Jaiswal, S., Tsai, S. Y., Juan, C. H., Liang, W. K., & Muggleton, N. G. (2018). Better cognitive performance is associated with the combination of high trait mindfulness and low trait anxiety. *Frontiers in Psychology*, 9, 627.
- Jha, A. P., Krompinger, J., & Baime, M. J. (2007). Mindfulness training modifies subsystems of attention. *Cognitive, Affective, & Behavioral Neuroscience*, 7(2), 109–119.
- Johnson, S., Gur, R. M., David, Z., & Currier, E. (2015). One-session mindfulness meditation: A randomized controlled study of effects on cognition and mood. *Mindfulness*, 6(1), 88–98.
- Josefsson, T., & Broberg, A. (2011). Meditators and non-meditators on sustained and executive attentional performance. *Mental Health, Religion & Culture*, 14(3), 291–309.
- 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.
- Kalpouzos, G., Eustache, F., & Desgranges, B. (2008). La mémoire prospective au cours du vieillissement: déclin ou préservation. *NPG Neurologie - Psychiatrie - Gériatrie*, 8, 25–31.
- Kalpouzos, G., Eriksson, J., Sjölie, D., Molin, J., & Nyberg, L. (2010). Neurocognitive systems related to real-world prospective memory. *PLoS one*, 5(10), e13304.
- Khan, A., Sharma, N. K., & Dixit, S. (2008). Cognitive load and task condition in event-and time-based prospective memory: An experimental investigation. *The Journal of Psychology*, 142(5), 517–532.
- Kiken, L. G., & Shook, N. J. (2011). Looking up: Mindfulness increases positive judgments and reduces negativity bias. *Social Psychological and Personality Science*, 2(4), 425–431.
- Kiken, L. G., & Shook, N. J. (2014). Does mindfulness attenuate thoughts emphasizing negativity, but not positivity? *Journal of Research in Personality*, 53, 22–30.
- Killingsworth, M. A., & Gilbert, D. T. (2010). A wandering mind is an unhappy mind. *Science*, 330(6006), 932.
- Kliegel, M., Martin, M., McDaniel, M. A., & Einstein, G. O. (2002). Complex prospective memory and executive control of working memory: A process model. *Psychologische Beiträge*, 44(2), 303–318.
- Kliegel, M., & Martin, M. (2003). Prospective memory research: Why is it relevant? *International Journal of Psychology*, 38(4), 193–194.
- Kliegel, M., Martin, M., McDaniel, M. A., Einstein, G. O., & Moor, C. (2007). Realizing complex delayed intentions in young and old adults: The role of planning aids. *Memory & Cognition*, 35(7), 1735–1746.
- Kliegel, M., Jäger, T., & Phillips, L. H. (2008). Adult age differences in event-based prospective memory: A meta-analysis on the role of focal versus nonfocal cues. *Psychology and Aging*, 23(1), 203.
- Kvavilashvili, L., & Ellis, J. (1996). Varieties of intention: Some distinctions and classifications. *Prospective memory. Theory and applications*, 6, 183–207.
- Larson, M. J., Steffen, P. R., & Pimosch, M. (2013). The impact of a brief mindfulness meditation intervention on cognitive control and error-related performance monitoring. *Frontiers in Human Neuroscience*, 7.
- Lutz, A., Slagter, H. A., Dunne, J. D., & Davidson, R. J. (2008). Attention regulation and monitoring in meditation. *Trends in Cognitive Sciences*, 12(4), 163–169.
- Makowski, D., Sperduti, M., Lavallée, S., Nicolas, S., & Piolino, P. (2019). Dispositional mindfulness attenuates the emotional attentional blink. *Consciousness and Cognition*, 67, 16–25.
- Marsh, R. L., Hicks, J. L., & Watson, V. (2002). The dynamics of intention retrieval and coordination of action in event-based prospective memory. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 28(4), 652.
- McDaniel, M. A., & Einstein, G. O. (1993). The importance of cue familiarity and cue distinctiveness in prospective memory. *Memory*, 1, 23–41.
- McDaniel, M. A., & Einstein, G. O. (2011). The neuropsychology of prospective memory in normal aging: A componential approach. *Neuropsychologia*, 49(8), 2147–2155.
- MacLean, K. A., Ferrer, E., Aichele, S. R., Bridwell, D. A., Zanesco, A. P., Jacobs, T. L., ... Saron, C. D. (2010). Intensive meditation training improves perceptual discrimination and sustained attention. *Psychological Science*, 21(6), 829–839.
- Mrazek, M. D., Franklin, M. S., Phillips, D. T., Baird, B., & Schooler, J. W. (2013). Mindfulness training improves working memory capacity and GRE performance while reducing mind wandering. *Psychological Science*, 24(5), 776–781.
- Murakami, H., Nakao, T., Matsunaga, M., Kasuya, Y., Shinoda, J., Yamada, J., & Ohira, H. (2012). The structure of mindful brain. *PLoS one*, 7(9), e46377.
- Poerio, G. L., Sormaz, M., Wang, H. T., Margulies, D., Jefferies, E., & Smallwood, J. (2017). The role of the default mode network in component processes underlying the wandering mind. *Social Cognitive and Affective Neuroscience*, nsx041.
- Ramaekers, J. G., Kuypers, K. P. C., Wingen, M., Heinecke, A., & Formisano, E. (2009). Involvement of inferior parietal lobules in prospective memory impairment during acute MDMA (ecstasy) intoxication: An event-related fMRI study. *Neuropsychopharmacology*, 34, 1641–1648.
- Rosenstreich, E., & Ruderman, L. (2017). A dual-process perspective on mindfulness, memory, and consciousness. *Mindfulness*, 8(2), 505–516.
- Rouleau, I., Lajeunesse, A., Drolet, V., Potvin, M. J., Marcone, S., Lecomte, S., ... Joubert, S. (2016). L'évaluation clinique de la mémoire prospective dans le MCI. *NPG Neurologie-Psychiatrie-Gériatrie*, 16(93), 152–158.
- Russell, J. A., Weis, A., & Mendelsohn, G. A. (1989). Affect grid: A single-item scale of pleasure and arousal. *Journal of Personality and Social Psychology*, 57, 493–502.
- Rusted, J., Ruest, T., & Gray, M. A. (2011). Acute effects of nicotine administration during prospective memory, an event related fMRI study. *Neuropsychologia*, 49, 2362–2368.
- Schooler, J. W., Mrazek, M. D., Franklin, M. S., Baird, B., Mooneyham, B. W., Zedelius, C., & Broadway, J. M. (2014). The middle way: Finding the balance between mindfulness and mind-wandering. In *Psychology of learning and motivation* (Vol. 60, pp. 1–33). Academic Press.
- Schnitzspahn, K. M., Stahl, C., Zeintl, M., Kaller, C. P., & Kliegel, M. (2013). The role of shifting, updating, and inhibition in prospective memory performance in young and older adults. *Developmental Psychology*, 49(8), 1544–1553. <https://doi.org/10.1037/a0030579>.
- Seli, P., Carriere, J. S., & Smilek, D. (2015). Not all mind wandering is created equal: Dissociating deliberate from spontaneous mind wandering. *Psychological Research*, 79(5), 750–758.
- Seli, P., Risko, E. F., Smilek, D., & Schacter, D. L. (2016). Mind-wandering with and without intention. *Trends in Cognitive Sciences*, 20(8), 605–617.
- Seli, P., Kane, M., Smallwood, J., Schacter, D. L., Maillet, D., Schooler, J., & Smilek, D. (2018). Mind-wandering as a natural kind: A family-resemblances view. *Trends in Cognitive Sciences*, 22(6), 479–490.
- Seli, P., Smilek, D., Ralph, B. C., & Schacter, D. L. (2018). The awakening of the attention: Evidence for a link between the monitoring of mind wandering and prospective goals. *Journal of Experimental Psychology: General*, 147(3), 431.
- Smith, R. E., & Bayen, U. J. (2004). A multinomial model of event-based prospective memory. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 30(4), 756–777. <https://doi.org/10.1037/0278-7393.30.4.756>.
- Sørensen, L., Osnes, B., Visted, E., Svendsen, J. L., Adolfsdottir, S., Binder, P. E., & Schanche, E. (2018). Dispositional mindfulness and attentional control: The specific association between the mindfulness facets of non-judgment and describing with flexibility of early operating orienting in conflict detection. *Frontiers in Psychology*, 9, 2359.
- Spielberger, C. D., Gorsuch, R. L., & Lushene, R. E. (1970). *State-trait anxiety inventory manual*. Mind Garden Inc.
- Stawarczyk, D., Majerus, S., Maquet, P., & D'Argembeau, A. (2011). Neural correlates of ongoing conscious experience: both task-unrelatedness and stimulus-independence are related to default network activity. *PLoS one*, 6(2).
- Stroop, J. R. (1935). Studies of interference in serial verbal reactions. *Journal of Experimental Psychology*, 18(6), 643.



- Tang, Y. Y., Ma, Y., Wang, J., Fan, Y., Feng, S., Lu, Q., ... Posner, M. I. (2007). Short-term meditation training improves attention and self-regulation. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 104(43), 17152–17156.
- Tang, Y. Y., Hölzel, B. K., & Posner, M. I. (2015). The neuroscience of mindfulness meditation. *Nature Reviews Neuroscience*, 16(4), 213–225.
- Thomson, D. R., Ralph, B. C., Besner, D., & Smilek, D. (2015). The more your mind wanders, the smaller your attentional blink: An individual differences study. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 68(1), 181–191.
- Umeda, S., Tochizawa, S., Shibata, M., & Terasawa, Y. (2016). Prospective memory mediated by interoceptive accuracy: A psychophysiological approach. *Philosophical Transactions of the Royal Society B*, 371(1708), 20160005.
- Valéry, P. (1975) Cahiers I. Gallimard, 248p.
- Van Vugt, M. K., & Slagter, H. A. (2014). Control over experience? Magnitude of the attentional blink depends on meditative state. *Consciousness and Cognition*, 23, 32–39.
- Volle, E., Gonen-Yaacovi, G., de Lacy Costello, A., Gilbert, S. J., & Burgess, P. W. (2011). The role of rostral prefrontal cortex in prospective memory: A voxel-based lesion study. *Neuropsychologia*, 49(8), 2185–2198.
- Wilson, B. M., Mickes, L., Stolarz-Fantino, S., Evrard, M., & Fantino, E. (2015). Increased false-memory susceptibility after mindfulness meditation. *Psychological Science*, 26(10), 1567–1573.
- Wittmann, M., Peter, J., Gutina, O., Otten, S., Kohls, N., & Meissner, K. (2014). Individual differences in self-attributed mindfulness levels are related to the experience of time and cognitive self-control. *Personality and Individual Differences*, 64, 41–45.
- Xu, M., Purdon, C., Seli, P., & Smilek, D. (2017). Mindfulness and mind wandering: The protective effects of brief meditation in anxious individuals. *Consciousness and cognition*, 51, 157–165.
- Zhuang, K., Bi, M., Li, Y., Xia, Y., Guo, X., Chen, Q., ... Qiu, J. (2017). A distinction between two instruments measuring dispositional mindfulness and the correlations between those measurements and the neuroanatomical structure. *Scientific Reports*, 7(1), 6252.

---

### 5.3. Article 1: Conclusions, Analyses supplémentaires & Perspectives

Si la MF et le MW sont souvent considérées comme les faces opposées d'une même pièce, le rôle perturbateur bien établi du MW sur la cognition semble plus nuancé. À la lumière de la distinction établie entre les deux formes de spontanéité du MW (volontaire et involontaire) (Seli, Risko, & Smilek, 2016b) et du biais prospectif associé aux épisodes volontaires (Seli, Smilek, et al., 2018), notre condition contrôle a pu avoir un impact positif sur les performances en MP. En effet, selon Kvavilashvili & Rummel (2020) dans leur revue de la littérature, lorsque les individus s'engagent naturellement dans la pensée future, ils pensent principalement à leurs tâches à venir et aux activités planifiées, plutôt que de simuler des scénarios hypothétiques. Or, notre manipulation était probablement plus proche d'un MW intentionnel, étant donné que nous incitions les participants à délibérément laisser leur esprit vagabonder. Cette induction de MW ayant eu lieu au cours de l'intervalle de rétention, cela aura donc pu soit servir à renforcer la planification (composante prospective) des intentions encodées préalablement, soit peut-être à consolider le contenu des intentions (composante rétrospective). Cette proposition s'inscrit dans le cadre de l'intérêt accru pour cet état cognitif, notamment pour son possible impact positif sur certaines fonctions cognitives. Nous pensons que cette hypothèse mérite une plus grande attention et que les études futures devront essayer de démêler le rôle différentiel du contenu (orientation temporelle) et du type (spontané et volontaire) de MW sur la MP. Cette perspective constitue les objectifs théoriques de l'**Étude 2** et **3**.

Les premières recherches sur la MP utilisaient plusieurs tâches naturalistes pour son étude (Kvavilashvili, 1992). Cependant, avec le développement d'un paradigme de laboratoire désormais standard par Einstein & McDaniel (1990), le champ d'étude de la MP en a été modifié et, au cours des dernières décennies, il s'est fortement concentré sur l'étude des mécanismes cognitifs de la MP dans des conditions contrôlées. Peut-être est venu le temps, avec l'essor des nouvelles technologies, de revenir à l'étude de la MP en dehors du laboratoire, afin de reconnecter et de généraliser les résultats de laboratoire à la vie réelle. De très nombreuses expériences en laboratoire ont livré beaucoup d'informations sur les bases cognitives et neurales du MW (Blondé et al., 2022; Blondé et al., 2022; Christoff et al., 2009; D'Argembeau, 2016; Deng et al., 2019; Fox et al., 2018; Fox & Christoff, 2015; Kam & Handy, 2013; Medea et al., 2018; Mooneyham & Schooler, 2013; Poerio et al., 2017; Robison &

---

Unsworth, 2018; Seli et al., 2017, 2018; Smallwood et al., 2006, 2008; Stawarczyk et al., 2013; Zedelius et al., 2015), mais peu sur ses conséquences dans la vie quotidienne (D'Argembeau et al., 2011a; Hoffmann et al., 2016a; Kane et al., 2017; Killingsworth & Gilbert, 2010; Maillet et al., 2018; Song & Wang, 2012a; Stawarczyk et al., 2011; Warden et al., 2018). L'étude du MW en laboratoire souffre néanmoins de quelques écueils. En effet, bien souvent, sont utilisés des stimuli relativement basiques et assez peu écologiques, pouvant limiter toute velléité de rendre compte des processus cognitifs tels qu'ils se manifestent au quotidien. Une approche écologique permettrait d'effectuer une analyse approfondie des liens entre MW et MP. L'étude du lien entre MW et la MP est une approche qui se prête facilement aux évaluations écologiques, étant donné que le MW correspond à une forme naturelle de division de l'attention. L'étude de ce lien, dans des conditions de laboratoires écologiques ou dans le contexte de la vie quotidienne, permettrait de rendre compte de l'importance du MW sur la MP, sans avoir recours à des manipulations artificielles de l'attention ou de la MP.

Concernant la *mindfulness*, l'une des hypothèses formulées dans la discussion de l'article relatif à l'**Étude 1** a retenu toute notre attention pour les études futures. En effet, peut-être que l'induction de *mindfulness* n'a pas eu d'effet parce que le type d'exercice de méditation choisi n'était pas adapté pour observer un impact sur la MP. Comme nous avons pu le voir dans le corps théorique de cette thèse, cela pourrait être dû au fait que les techniques de méditation peuvent être divisées entre l'attention focalisée (AF) et l'attention ouverte (AO). En effet, l'AF et l'AO induiraient deux états de contrôle métacognitif différents. Les pratiques de l'AF sont basées sur la concentration de l'attention sur un seul objet (par exemple, la respiration) en ignorant tous les stimuli non pertinents. Pendant la méditation AF, les praticiens tentent d'élargir la focalisation attentionnelle sur le flux continu de l'expérience sans engager l'attention sur un phénomène spécifique. L'AF renforcerait donc le contrôle attentionnel top-down favorisant le maintien des objectifs, tandis que l'AO diminuerait l'influence top-down favorisant la flexibilité comportementale. Ainsi, la pratique de l'OM pourrait avoir un effet plus important sur les performances de la MP que la FA en raison d'un contrôle attentionnel plus distribué permettant une plus grande flexibilité. Ainsi, nous pourrions envisager de mesurer l'effet différencié de ces deux pratiques sur la MP, comparativement à une condition contrôle. Cette perspective constitue les objectifs théoriques de l'**Étude 4**.

Enfin, si les résultats de cette étude concernant les différents scores aux indices prospectifs sont cohérents avec la littérature, il se peut que le manque de notre tâche ait manqué

---

de sensibilité. Dépourvu de tâche concurrente, qui solliciterait davantage les processus attentionnels et exécutifs d'inhibition et de flexibilité, rendant ainsi plus difficile l'émergence (ou auto-initiation) des indices externes (*event-based*) et internes (*time-based*), la possible (trop) grande facilité de notre tâche MP a pu jouer un rôle dans le manque de différence entre les groupes. En effet, une tâche éventuellement trop simple, susceptible de ne pas engager pleinement les mécanismes cognitifs, nous peut être empêché de mettre en évidence des différences, surtout sur un groupe de jeunes ayant de bonnes performances de MP. La volonté de développer de nouvelles tâches de MP de laboratoires plus exigeantes, plus contrôlées et plus écologiques sera notre objectif pour les études à venir. La conception, entre autres, d'un nouveau test de MP en réalité virtuelle serait d'un intérêt particulier pour simuler la multitude de situations complexes de la vie quotidienne. Ces perspectives constituent les objectifs méthodologiques de l'**Étude 3** et **4**.

Des analyses non présentées dans l'**Article 1** ont été menées pour vérifier que l'effet des deux inductions comparativement à un groupe contrôle (écoute d'une histoire). Ainsi, dans une seconde phase de l'**Étude 1**, nous avons recruté 39 sujets que nous avons appariés sur les mêmes critères démographiques (âge), affectifs (dépression, anxiété), cognitifs (fonctions exécutives, mémoire épisodique) et *mindfulness* dispositionnelle, que ceux ayant été utilisés pour appairer nos deux groupes expérimentaux. Une attention toute particulière a été portée à ce que le protocole, le contexte expérimental et les outils (papiers, informatique, etc..) ait été rigoureusement identique entre les deux phases expérimentales. Seule l'annonce de recrutement avait changé. Nous avons utilisé un protocole en double aveugle dans lequel l'induction de *mind-wandering* pouvait passer pour une induction de *mindfulness* auprès de novices. En revanche, l'histoire ne pouvant, en aucun cas, paraître pour de la méditation (raison pour laquelle ce groupe n'a pas été intégré à l'article), nous avons utilisé l'expression « moment de détente ».

Les résultats confirment une partie des conclusions que nous avons avancé dans la discussion de l'**article 1**, sur l'absence de différence entre les groupes *mindfulness* et *mind-wandering*. Nous avons ainsi pu observer des scores de MP significativement meilleurs pour les groupes *mindfulness* et *mind-wandering*, en comparaison au groupe contrôle,  $F(2,100) = 4.85$ ,  $p = 0.009$ . Les comparaisons post-hocs (correction Holm) ont révélé que le groupe **Histoire** (mean =  $3.93 \pm 1.19$ , 95% IC [3.73 ; 4.14]) a eu des performances significativement inférieures aux performances du groupe **Mindfulness** (mean =  $4.27 \pm 1.22$ , 95% IC [4.04 ; 4.5]), avec  $p < 0.03$ . Elles sont également significativement inférieures aux performances du groupe **Mind**

---

*wandering* (mean =  $4.43 \pm 0.95$ , 95% IC [4.2 ; 4.65], avec  $p < 0.002$ . En revanche, les deux groupes *Mindfulness* et *Mind wandering* ne diffèrent pas, avec  $p < 0.34$ . De plus, la *mindfulness dispositionnelle* corrélait positivement avec les performances en MP et **uniquement** chez les sujets ayant suivi l'induction de *mindfulness*. Le lien prédictif entre le score de Description et le score total de MP était significatif uniquement pour le groupe *Mindfulness*, avec  $t(97) = 3.3$ ,  $p = 0.001$ , 95 % IC [4.03 ; 4.51],  $\beta = 0.76$ . En ce qui concerne le groupe *Mindwandering*, l'effet n'affichait qu'une tendance, avec  $t(97) = 1.84$ ,  $p = 0.068$ , 95 % IC [4.18 ; 4.67],  $\beta = 0.4$ . Quant au groupe *Histoire*, l'effet n'était pas significatif, avec  $t(97) = -0.71$ ,  $p = 0.48$ , 95 % IC [3.71 ; 4.15],  $\beta = -0.10$ .

Ces deux états cognitifs opposés ont donc eu un effet bénéfique sur les performances en MP, les bénéfices de la *mindfulness* dépendant en plus des différences interindividuelles. Ce dernier résultat est particulièrement encourageant puisqu'il met en évidence le rôle essentiel des différences interindividuelles dans les bénéfices apportés par la *mindfulness* sur la PM. Ce nouvel éclairage différentiel est essentiel dans le cadre de la prise en charge clinique de patients à l'aide d'un protocole de méditation. Si les bénéfices de la *mindfulness* dépendent de différences interindividuelles, les sujets disposant d'un trait de *mindfulness* dispositionnelle plus marqué seront davantage favorisés par une induction de *mindfulness*, cette dernière se montrant plus efficace, au point qu'une simple induction courte suffise pour voir apparaître des effets significatifs. L'exercice de la méditation se révélant difficile au cours des premiers essais, l'apparition des premiers effets significatifs peut tarder à survenir. Cela peut avoir des conséquences directes sur l'application clinique de la *mindfulness* dans le cadre de programmes de remédiation cognitive. Les études scientifiques concluant trop rapidement à l'absence d'effet ou à des effets trop limités pourrait nous induire en erreur. La prise en compte des facteurs interindividuels permettrait de repenser la réhabilitation neuropsychologique à travers la *mindfulness* en adaptant la prise en charge des patients, à la fois selon le degré et la spécificité de leurs troubles mais également selon leurs prédispositions (Bulzacka et al., 2018).

---

### Points-clés du Chapitre 5

- Le MW semble avoir eu un effet positif sur la MP. Les épisodes intentionnels de MW pourraient être spécifiquement associés à la planification.
- L'attention focalisée (AF) et l'attention ouverte (AO), deux **techniques de méditation, induiraient deux états de contrôle** métacognitif différents, pouvant exercer une influence différenciée sur la MP.
- L'échantillonnage de l'expérience représente une formidable opportunité de mesurer la tendance au MW au quotidien, en particulier en ce qui concerne la prévalence des pensées prospectives et de leurs déclencheurs (spontanéité), et son impact sur les capacités de MP.
- La MP étant une fonction cognitive complexe nécessitant l'allocation et la synchronisation dynamiques de processus cognitifs partiellement distincts en fonction de la nature de la tâche et de son contexte de réalisation, la réalité virtuelle représente un bon compromis pour évaluer la MP, en conciliant rigueur expérimentale et validité écologique.
- Le groupe « *mindfulness* » et « *mind-wandering* » ont eu de meilleures performances que le groupe « histoire »
- Rôle essentiel des différences interindividuelles dans les liens entre *mindfulness* et MP

Prévalence quotidienne, origine et  
contenu du *mind wandering* et leur influence  
sur la mémoire prospective

---

## 6.1. Article 2 : Introduction

Un constat général issu d'un nombre croissant d'études utilisant des sondes de pensées aléatoires en laboratoire pendant une tâche cognitive, est que le MW présente un « biais prospectif ». En d'autres termes, les pensées spontanées sont plus fréquemment classées comme étant liées à un avenir proche (plus ou moins lointain) et orientées vers un objectif personnel. Même si la fonction de ce biais prospectif a été théorisée comme facilitant l'exécution des intentions de la MP, son rôle réel soulève encore des questions. En outre, la question de son origine reste également peu claire. Le fait de penser à la tâche de MP à venir pendant l'intervalle de rétention peut être délibéré, par exemple lorsqu'on révise mentalement ses plans pour la journée, ou spontané, lorsque des pensées concernant l'intention surgissent simplement dans l'esprit d'une personne. Par conséquent, notre étude a cherché à examiner le lien entre le contenu (temporalité) et le type de MW (spontanéité) et la capacité à réaliser des intentions prospectives de type *time-based*. Pour répondre à cette question, nous avons évalué le MW en utilisant l'échantillonnage de l'expérience par SMS. Cette méthode consiste à contacter des personnes au moment où elles se livrent à leurs activités quotidiennes et à leur demander de faire part de leurs pensées, de leurs sentiments et de leurs actions à ce moment-là. En parallèle, nous avons demandé aux participants de réaliser une tâche de MP naturaliste (*time-based*) pendant plusieurs jours, toujours à la même heure (se rappeler d'activer un lien internet et répondre à différentes questions). Il sera ainsi possible de faire le lien entre ce que font les individus, ce à quoi ils pensent en le faisant, la réalisation de l'intention prospective et si leurs pensées sont davantage orientées vers le passé ou le futur, délibérées ou spontanées. Nous pourrions alors observer si la tendance au MW délibéré ou spontané, l'orientation temporelle du MW (passé/futur) et l'interaction MW délibéré/spontané – passé /futur favorisent ou entravent l'exécution des intentions prospectives.

Cette seconde étude vise, tout d'abord, à répondre à l'**Axe 1** de cette thèse, en explorant l'avantage potentiel d'avoir un esprit vagabond pour la MP. Ensuite, cette étude menée dans un contexte dit « naturaliste », en utilisant des mesures échantillonnées par des sondes de pensées, répond également à l'**Axe 2** de la présente thèse, en adaptant judicieusement l'emploi des nouvelles technologies afin de résoudre les problèmes de coûts et de temps d'une collecte traditionnelle d'informations en temps réel. Ainsi, nous avons pu créer une base de données de rapport conséquente sur les activités et les pensées spontanées concomitantes d'un large éventail de personnes tout au long de la journée. Il s'agit, à notre connaissance, de la première étude à examiner conjointement le lien entre le MW et la MP.



---

## Résumé de l'Article 2

Dans cette étude, nous cherchons à mesurer l'avantage d'avoir un esprit vagabond, au quotidien, pour les activités de planification, relatives à la mémoire prospective. Ainsi, nous étudions les liens entre le contenu du MW, son origine et la capacité à réaliser une intention prospective. Le MW est une caractéristique commune de l'expérience humaine, qui se produit lorsque notre attention se déplace spontanément de la tâche à accomplir vers des pensées intérieures. La MW est souvent orientée vers le futur et pourrait être utilisée pour aider les personnes à réaliser leurs actions planifiées (mémoire prospective).

Nous avons ainsi évalué le MW et la MP sur 15 jours en utilisant des sondes d'échantillonnage d'expériences par téléphone auprès de 226 participants. Nous avons demandé aux participants d'effectuer une tâche *time-based* de MP pendant plusieurs jours. Cette méthode permet à la fois d'inclure un grand nombre de participants et d'évaluer la MP dans des conditions écologiques. Elle est également particulièrement utile pour étudier les pensées spontanées liées à la MP sur de longs intervalles de rétention en dehors du laboratoire, et plus précisément pour déterminer si un biais prospectif, spontané ou volontaire, dans la MP prédit la réalisation d'une tâche de MP.

Nous confirmons le temps conséquent que nous passons à rêvasser au cours de nos journées (40%). Ce temps serait majoritairement employé à nous projeter dans l'avenir (64%), que ce soit pour anticiper le long terme (20%) ou (et surtout) pour planifier nos obligations quotidiennes (44%). Cette errance mentale pourrait donc servir, à la fois, à planifier les activités future (MP) de même qu'à les réaliser à bon moment. Cependant, de manière intrigante, seules les pensées orientées vers le passé (9%) permettent de prédire la performance de la MP. Nous discutons donc du possible rôle fonctionnel joué par le MW dans le maintien et la consolidation des intentions prospectives.

---

## 6.2. Étude 2: Where is my mind? The link between *mind wandering* and prospective memory

- **Girardeau, J. C.**, Sperduti, M., Blondé, P. & Piolino, P. (2022). Where is my mind? The link between *mind wandering* and prospective memory. *Brain Science*, 12(9),1139.

# Where Is My Mind...? The Link between Mind Wandering and Prospective Memory

Jean-Charles Girardeau <sup>1,\*</sup>, Marco Sperduti <sup>1</sup>, Philippe Blondé <sup>2</sup> and Pascale Piolino <sup>1</sup>

<sup>1</sup> Laboratoire Mémoire, Cerveau et Cognition (LMC<sup>2</sup> UR7536), Institut de Psychologie, Université Paris Cité, 92100 Boulogne-Billancourt, France; marco.sperduti@u-paris.fr (M.S.); pascale.piolino@u-paris.fr (P.P.)

<sup>2</sup> Laboratoire de Psychologie Sociale et Cognitive (LAPSCO), Université Clermont Auvergne, 63000 Clermont-Ferrand, France; philippe.blonde93@gmail.com

\* Correspondence: jean-charles.girardeau@wanadoo.fr

**Abstract:** Mind wandering (MW) is a common feature of the human experience occurring when our attention shifts from the task at hand to inner thoughts. MW seems to be often future-oriented and could be used to help people to carry out their planned actions (Prospective Memory PM). Here, we tested the link between MW and the ability to perform PM intentions. We assessed MW and PM over 15 days using experience-sampling probes via mobile phone (226 participants) associated with a naturalistic PM task. We confirmed that MW occupies a significant proportion of our mental activity (40%). This time seems to be mainly used to project ourselves into the future (64%), whether to anticipate and imagine the long term (20%) or to plan daily obligations (44%). Intriguingly, only past-oriented thoughts (9%) predict the PM performance. We discuss the possible functional role played by MW in maintaining intentions in mind.

**Keywords:** prospective memory; mind wandering; experience sampling

**Citation:** Girardeau, J.-C.; Sperduti, M.; Blondé, P.; Piolino, P. Where Is My Mind...? The Link between Mind Wandering and Prospective Memory. *Brain Sci.* **2022**, *12*, 1139. <https://doi.org/10.3390/brainsci12091139>

Academic Editor: Marco Cavallo

Received: 31 July 2022

Accepted: 20 August 2022

Published: 26 August 2022

**Publisher's Note:** MDPI stays neutral with regard to jurisdictional claims in published maps and institutional affiliations.



**Copyright:** © 2022 by the authors. Licensee MDPI, Basel, Switzerland. This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

## 1. Introduction

While reading the present paper, you may experience a situation in which your eyes pass over the lines of a paragraph, but your mind is focused elsewhere. Hence, although you are physically reading, you are not paying attention. This phenomenon, known as mind wandering (MW; [1,2], is a fairly common experience occupying between 30% and 50% of our waking life [3–5]. The core feature of MW is an attentional disengagement from processing the environment to focus on internal thoughts. Thus, when MW, external stimuli fade from conscious perception in favor of internal ones, a phenomenon called “perceptual decoupling” [6]. Although this anecdotal description of MW is easily relatable, its operationalization and theoretical definition have been heavily debated [7–9]. Some of the main characteristics used to characterize MW are task-unrelated thoughts [2,10], stimulus-independent thoughts [11,12], or a dynamic and unconstrained flow of thoughts [13]. Furthermore, it has been suggested to distinguish two forms of MW: spontaneous and voluntary [14,15]. The former corresponds to an involuntary switch from a task-related focus to a task-unrelated one, while the latter represents a conscious choice to stop paying attention to the task at hand. This distinction highlights two different causes for MW: spontaneous MW seems to be the consequence of executive control failure [16] and is associated with high distractibility [17,18], while voluntary MW seems more tied to a diminished motivation [19,20].

Whichever definition is used, the core of MW is an attentional disengagement from the environment, which is not a phenomenon without consequences. Several reviews underlie how MW can impact the functioning of various cognitive processes [21–24]. The overall consensus is that it has a broadly negative impact, hindering focused attention [25,26], working memory capacity [27,28] and episodic memory encoding [29] to name a

few. However, it would be curious if such a prevalent phenomenon served no purpose. Some experimental results suggest that MW can also lead to positive outcomes [21]. One of the more intriguing is that particular instances of MW could help improve memory encoding [30–32]. Notably, stimulus-dependent thoughts (i.e., thoughts associated with an environmental cue but not related to task resolution) can facilitate encoding by allowing for extra elaboration of the stimulus [31,32]. In addition to memory encoding, it has also been suggested that MW may also enhance memory consolidation. Indeed, recalling a memory has been shown to result in a re-encoding of the event, promoting its long-term consolidation [33,34]. Therefore, MW could be instrumental in the retention and distinctiveness of long-term memories by regularly retrieving these memories and re-encoding them [35]. Moreover, one likely adaptive function of MW could be to disengage cognition from the here and now to envision future goals. Several studies have reported that MW is mostly future-oriented and directed toward completing future self-relevant goals [12,36,37]. Accordingly, it has been suggested that MW is characterized by an autobiographical bias [36] and could be triggered by the current concerns of an individual [38]. More precisely, future-oriented MW would serve more the successful completion of particularly concrete goals (i.e., planned intentions), rather than less concrete episodic future thinking [39]. Surprisingly, very few studies have directly tested the link between the propensity to MW and prospective memory (PM).

PM consists of remembering to carry out an action that was previously planned, at some point in the future [40–42]. From planning to execution of an intention, the whole PM process is underpinned by various cognitive processes and requires attentional and executive resources [43–47]. The triggering of PM intention recovery, involving either automatic or controlled processes or both [42,48], could be triggered by external cues (*event-based*) or can be auto-initiated (*time-based*) when the action must be performed after a specific time, without external help. Unlike retrospective memory, on which PM relies in part, PM does not simply store memories or knowledge *per se*, but the intention to perform an action at the appropriate time or context. This means that the PM encoding process is twofold, including the formation of an action (e.g., I have to buy bread) and the moment at which it must be executed (e.g., when coming home to work). In between, the intention is set in the background for a more or less long period. During this delay, ongoing activities may capture attention and interfere with the execution of the PM intentions, both tasks relying on the same processes [49]. So, opportunities to complete intended tasks often require multitasking [50,51]. Yet, how people manage the competition between PM and on-going-task demands could partly be under metacognitive control [52].

As searching the PM target may rely on primarily controlled or automatic processing, it is important that one deploys their attentional resources strategically. Metacognition would explain the observed variation in PM costs by assuming that the awareness of PM-demand controls to what extent people rely on strategic versus spontaneous PM retrieval. The metacognitive top-down control process of PM could be based both on metacognitive expectations about the PM task and good metacognitive awareness of contextual PM demands [53]. Thus, participants having good metacognitive awareness of the situations would better coordinate PM monitoring [48,54]. This is precisely what Seli et al. [55] recently reported through the observation of a positive link between the rate of self-caught MW and the monitoring of PM time-based goal, highlighting a plausible common monitoring system for the content of consciousness in general and PM intentions. In the same vein, Girardeau et al. [56] compared the effect of mindfulness and an MW induction, two supposedly opposed cognitive states, on PM. Intriguingly, they did not report any difference between the two conditions on PM performance, even if the two inductions subjectively had a differential effect on the participants' cognitive state. It must be noted that the MW induction required participants to mind wander voluntarily. Intentional episodes of MW have been strongly associated with planning and the awareness of the initiation of the episode of MW, resulting in a meta-cognitive awareness of its occurrence [15]. Given the link between meta-awareness and PM, one likely explanation is that MW could have

had a similar beneficial effect on PM performance via a transient increase in PM monitoring. All these data seem to fit well with the theoretical account [9,55,57] stating that meta-awareness includes a monitoring system intermittently “checking” consciousness, thereby allowing people to consider the relation of the current contents of consciousness and goals. This description fits particularly well with PM tasks.

So far, MW has been mainly associated with attentional and memory failures. A general finding now emphasizes the existence of a “prospective bias” in MW as off-task thoughts are more frequently categorized as being about the future. If disengaging from a primary task can help one to accomplish a desired future goal, then these attentional shifts could, in fact, be constructive. MW episodes would thus be the given opportunity for a latent PM goal, according to attentional demand, to become active in the mind and to be accomplished. Furthermore, the possible common monitoring system that would monitor consciousness content and both PM goal and ongoing task progress [9], would thus maintain a balance between the content of consciousness and goals [57]. This ability to monitor would highly depend on individual differences in metacognitive mind-wandering abilities and individual differences in the ability to maintain continuous goal monitoring [55]. Lastly, people make implicit metacognitive judgments about how difficult the target condition will be to detect and alter their attentional allocation accordingly [58]. For this reason, it would be relevant to study if the MW dimensions, content or source, influence this metacognitive perception, and in turn, PM performance.

Even if this has been widely theorized that letting your mind wander could offer advantages for retrieval of PM intentions, to our knowledge, except for Girardeau et al. [56] who used MW as a control condition in a study on mindfulness, no study has investigated the direct link between the nature of MW and PM in a single study. Therefore, the objective of this study, using combining experience-sampling via mobile, was to investigate the link between the content and the type of MW and the ability to perform PM intentions. More precisely, we wanted to study the link between what individuals do, what they think about while doing it, and their ability to respond to a naturalistic PM task. We will then observe whether the tendency towards voluntary or spontaneous MW, the temporal orientation of MW (past/future), and the interaction between these features predict the execution of prospective intentions. Based on respective research on MW and PM [4,55,59,60], we argue that individuals not only spend more time thinking about the future rather than the past, and this deliberately, but that these future thoughts are directly related to the planning and execution of PM intentions. Additionally, engaging in a deliberate form of prospective-oriented MW will lead to better PM performance compared to engaging in a spontaneous prospective-oriented one.

To answer this question, the use of experience-sampling, via smartphone technology, offers a double advantage. First, it allows including a large number of participants and the assessment of MW under ecological conditions [4]. Secondly, it is particularly useful for investigating spontaneous PM-related thoughts over long retention intervals outside the laboratory, more specifically for addressing the question of whether prospective bias in MW predicts concurrent completion of a PM task. We restricted our investigation to time-based PM for methodological and theoretical reasons. Firstly, event-based tasks are harder to operationalize and control in an ecological setting. Secondly, the theoretical link between MW and time-based PM seems best supported by the previously mentioned study [55]. Naturalistic methodologies to study MW have long combined experience-sampling and thought probes methods [5,12,61,62]. In contrast, the amount of research using naturalistic PM assessments is relatively modest. Nevertheless, PM research seems to be moving towards naturalistic PM tasks [59,63–66], certainly because of the diffusion of mobile devices, in particular smartphones. These PM experience-sampling studies are inspired by those conducted to study the MW. The novelty of our methodology was to combine the long-lasting tradition of MW experience-sampling methods and the renewal of PM naturalistic tasks.

## 2. Materials and Methods

### 2.1. Procedure

#### 2.1.1. Participants

Three hundred and forty-two participants took part in this study. The exclusion criteria concerned all persons under 18 years of age and over 65 years of age, non-French speaking and with a neurological or psychiatric history. We had to deal with an important loss of subjects due to a variety of reasons such as withdrawal, incomplete identification of subjects or technical bugs (11 participants excluded). In addition to this experimental mortality, we excluded all participants who completed less than half of the thought probes (85 participants excluded). Lastly, PM is a cognitive function whose performance declines with aging. Typically, the development of PM abilities follows an inverted U-shaped curve that results in an increase in performance until age 20, followed by a gradual decrease throughout adulthood, especially after age 65 [67]. So, we exclude participants over 65 years old in order to avoid any experimental bias related to age. After data cleaning, this study concerned 226 participants (mean age  $37.85 \pm 12.88$ ; 180 female, 45 male, 1 other).

All participants were recruited by advertisement on various social networks such as LinkedIn, Facebook, Instagram and Risc (Relay of information on the sciences of cognition). Recruitment was performed via a web link provided in the study announcement. The webpage behind the link contained all the information concerning the nature and objectives of the study, its conduct and its potential risks. It also included the declaration of consent and a shared liability clause. Lastly, before the end of the subscription, participants were submitted to a brief anamnesis to collect socio-demographic information (age, gender, education, meditation expertise).

This project was approved by the Research Ethics Committee of Université Paris Cité. The different tools used in this study met the requirements of the General Data Protection Regulation (GDPR).

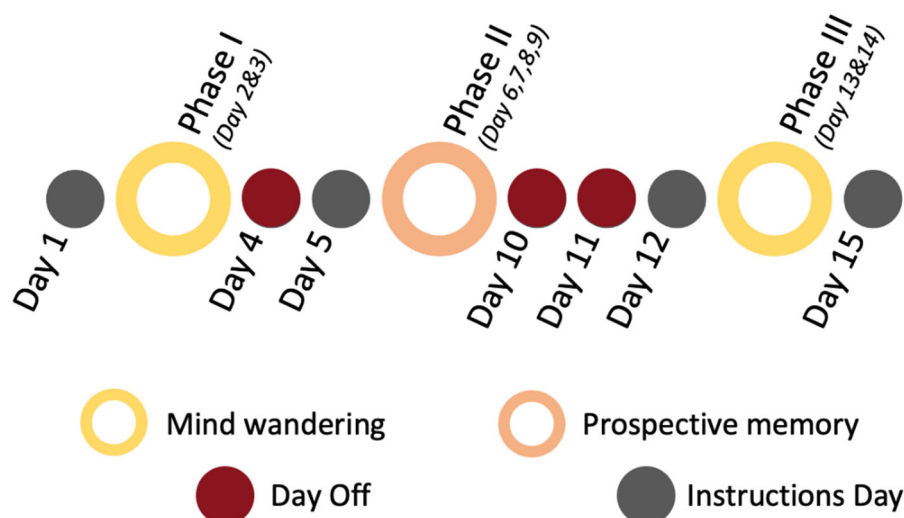
#### 2.1.2. Materials

All surveys were created and administered using LimeSurvey, a free and open-source online survey application. Text message signals were sent to participants' phones (each containing a link to a survey) using Sendinblue, a French Digital/Marketing Automation platform.

### 2.2. Overall Conduct

The study took place over 15 days and was divided into three parts (Figure 1). To start (Day 1), participants received the first text message, containing a link to the thought probing phase instructions and the MPMI-s. During the 1st and 3rd parts (Days 2 to 3, and 13 to 14), devoted to mind wandering assessment (Phase I—*at the beginning* and Phase III—*at the end of the study*), participants received a series of text messages inviting them to join an online questionnaire, containing 7 multiple answer questions. Just before Phase II begins (Day 5), participants received a single text message with a link to the prospective memory phase procedure instructions (Phase II). In particular, the procedure contained the link that they used to report the execution of their PM task. During Phase II (Days 6, 7, 8, 9), participants had to perform the same PM task every day over 4 days (Phase II—*Prospective Memory Phase*). Before starting Phase III (Day 12), a single text message containing a link to a reminder of the thought probes phase procedure instructions (identical to Phase I) was sanded to the participants to inform them that it will begin the day following receipt of this message. A final text message was sanded to the participants at the end of the experiment (Day 15), containing a link to a final survey, where they were suggested to complete two last questionnaires about mind wandering dispositional (MWQ) and anxiety/depression (PHQ4), and provided with additional information on the objectives of the study. Some days are missing in this procedure (4, 10, 11), this is mainly due to the

prohibition of cold calling on Sundays. In consequence, once registered, participants never started the first part of the study until the following Thursday, so that no phase was interrupted by a day off.



**Figure 1.** Overall conduct of the study process.

### 2.3. Experience Sampling

#### 2.3.1. Mind Wandering Assessment

During Phases I and III, corresponding to the thought probes phases (Mind wandering), six text messages were sent each day, bringing the total number of possible surveys to 24 per participant (Table 1). Text messages occurred pseudo-randomly between 8 a.m. and 10 p.m., with the constraint that two probes could not be delivered with a delay shorter than 1 h. We intentionally kept the number of surveys low enough to not be considered a burden, and more importantly, so participants would not be thinking about the study all the time. A minimum of 12 completed surveys was required to be included in the subsequent analysis. Participants were encouraged to respond immediately upon seeing the SMS; however, should they find themselves in the middle of an important or delicate activity, such as driving a car, for example, they will be asked not to take the survey. By using these procedures, we sought to minimize the number of incomplete surveys, without requiring participants to rely too much on their long-term memory. For each survey, questions remained in the same order (Table 2).

**Table 1.** Mind wandering's probes: Descriptive Statistics on 226 participants.

	<i>TOTAL</i>	<i>FOCUS</i>	<i>MIND WANDERING</i>
<i>Sent Probes</i>	5424	—	—
<i>Received Probes</i>	4465	2700	1765
<i>Average Probes Answered per participants (24 thought probes possible)</i>	19.75 ± 3.63 Min–12 Max–24	11.95 ± 4.06	7.81 ± 3.67

**Table 2.** Mind wandering's probes: Survey questions and their responses and coding.

Q1—What were you doing just before you got the message?	Reading, Walking, Houseworking, etc... (23 responses here)
Q2—Are you...	At home, At work, Other
Q3—Are you...	Alone, With another person, In a group
Q4—Were you thinking of anything other than what you were doing?	Yes, No
Q5—What were you thinking exactly? <i>conditioned on the answer "Yes" to Q4, otherwise end of survey</i>	- I was thinking about the future (next holiday, life goals, etc.)— <b>Episodic Future Thinking—EFT</b>
	- I was thinking about something specific I need to remember to do in the future (appointment, mail, shopping, etc.)— <b>Planning</b>
	- I was thinking of a past event (last holiday, evening with friends, exam or meeting, etc.)— <b>Episodic Past Thinking—EPT</b>
	- I was thinking of an imaginary situation (fictive, unreal)— <b>Imagination</b>
Q6—Did this thought arise while... <i>conditioned on the answer "Planning" to Q5, otherwise end of survey</i>	- I wasn't thinking about anything in particular, nor was I focused on a current task— <b>Nothing</b>
	You just planned this intention/You had already planned this intention
Q7—How did this thought come to your mind? <i>conditioned on the answer "Yes" to Q4</i>	- Something in my environment caught my attention and made me think about it— <b>External</b>
	- I thought about it as my mind wandered despite myself— <b>Voluntary</b>
	- Nothing special reminded me of it, I just thought of it spontaneously— <b>Spontaneous</b>

Though we were primarily interested in the frequency of thoughts related to PM, special care was taken not to bias participants, and each of the seven questions was given equal consideration, emphasis, and explanation.

Each participant received a total of 24 thought probes (4 × 6). For each probe, the participant had the choice between Focus (on his ongoing task) or Mind wandering (declined in detail, i.e., *episodic future thinking (EFT), Planning, episodic past thinking (EPT), Imagination, Nothing*). For each participant, we calculated an overall mind wandering frequency by dividing the number of responses off-task (MW) by the total number of probes answered by the participant (Focus and MW). We then applied the same calculation to compute the frequency of each content of mind wandering: *episodic future thinking (EFT), Planning, episodic past thinking (EPT), Imagination, Nothing*. In the same way, we computed the frequency of each type of mind wandering: *spontaneous, external, voluntary*.

### 2.3.2. Prospective Memory Assessment

During the 4 days of Phase II, corresponding to the prospective memory assessment, participants were invited to perform the same action every day (click on a link at 3:30 p.m.). The aim here is to measure the time-based capacities. We explicitly asked them to refrain from using external memory aids (for example, a phone notification) and instead try to implement the intention using only their "natural memory". At the target time, participants had to go to an online survey, thus signaling the execution of this action, and had to answer 5 questions examining the context of recalling the intention (Table 3).



**Table 3.** Prospective memory survey: questions and responses.

Q1—How often have you thought about doing this task?	Never/Rarely/Sometimes/Often/Very often
Q2—Around what time did you think about it for the first time?	In the awakening/6 a.m./7 a.m./8 a.m./9 a.m./10 a.m./11 a.m./12 p.m./1 p.m./2 p.m./3 p.m./Just before
Q3—Around what time did you think about it for the last time?	In the awakening/6 a.m./7 a.m./8 a.m./9 a.m./10 a.m./11 a.m./12 p.m./1 p.m./2 p.m./3 p.m./Just before
Q4—How did you remember that you were to complete this task?	Something in my environment caught my attention and made me think about it I thought about it as my mind wandered despite myself Nothing special reminded me of it, I just thought of it spontaneously
Q5—Has performing this task become automatic?	Yes/No

We considered as correct responses those given within a time window of 1 h (30 min before and 30 min after) around the target time. We then divided each of these scores by 4 (the total PM actions) to obtain a correct response, an incorrect response and an omission ratio.

### 2.3.3. Questionnaires

We assessed our participants' prospective memory abilities and strategy use with the short version of the Metacognitive Prospective Memory Inventory (MPMI-s—[68]). It consists of three 5-point Likert response scales ranging from 1 (Rarely) to 5 (Often), with eight items each and evaluating individuals' perceptions of their own prospective memory abilities (e.g., "If I've borrowed something from someone for a while, I remember to give it back to that person the next time we see each other"), their frequency of use of internal prospective memory strategies to help themselves remembering (e.g., "In my mind I make a list of things that I still have to complete"), and external prospective memory strategies to better remember their intentions (e.g., "I write shopping lists"). In each scale, scored on 8 points, higher scores indicate better prospective memory abilities or more frequent strategy use.

We also used the Mind Wandering Questionnaire (MWQ; [28]), a self-report 5-item questionnaire that evaluates our participants' natural tendency to experience episodes of mind wandering. It is composed of 5-point Likert response scales ranging from 1 (Almost never) to 5 (Almost always). The higher the score, the greater the propensity to wander.

Finally, we included the "Patient Health Questionnaire-4" (PHQ-4; [69,70]), a 4-item inventory useful for detecting cues of both depression and anxiety. It is composed of 4-points Likert response scales ranging from 1 (Never) to 4 (Almost every day). The higher the score, the greater the depressive and anxious traits. Its purpose is to allow for a very brief evaluation of depression and anxiety disorders. This questionnaire was included in order to nuance our results, participants presenting high depressive and anxious traits could present a different pattern of mind wandering [71–74] than healthy subjects.

### 2.4. Data Analysis

All statistical analyses were conducted with JASP (0.11.1) to test our different hypotheses. We conducted a repeated measure ANOVA on the ratio of MW with two factors: the content of MW (EFT, Planning, EPT and Imagination) and the type of MW (Spontaneous, External, Voluntary). The post-hoc analyses were corrected using the Bonferroni correction. Two multiple linear regressions were performed to predict the PM score with rates of the different components of mind wandering (content and source) and different independent measures collected with the questionnaires (prospective metamemory, mind

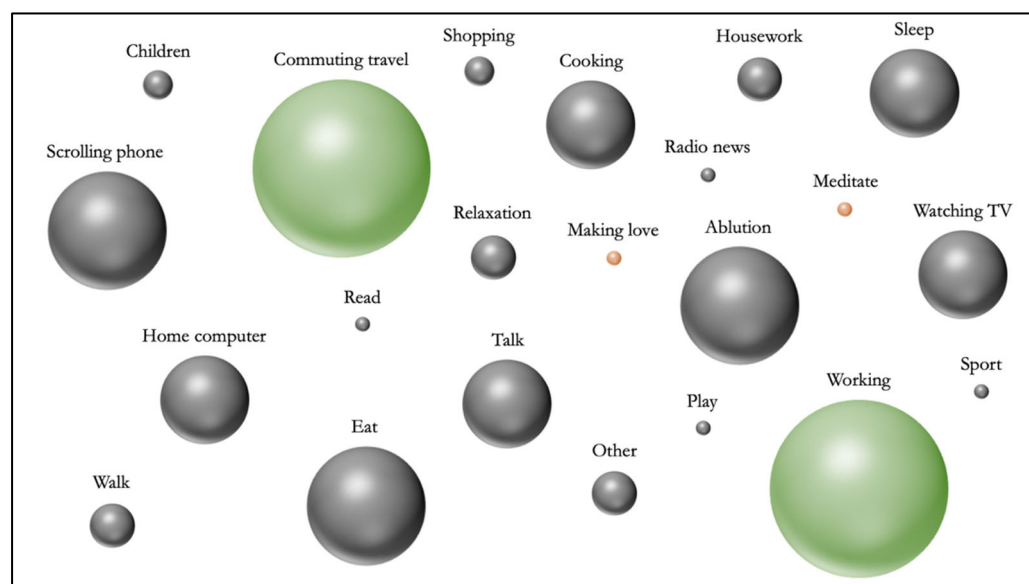
wandering trait). We also included some covariates that may influence predictions such as Age and Mood (Depression and Anxiety). We reported the effect size for ANOVAs with  $\eta^2_p$  (partial eta squared). A standard statistical significance level of 0.5 was used.

### 3. Results

#### 3.1. Consistency of Mind Wandering's Measure

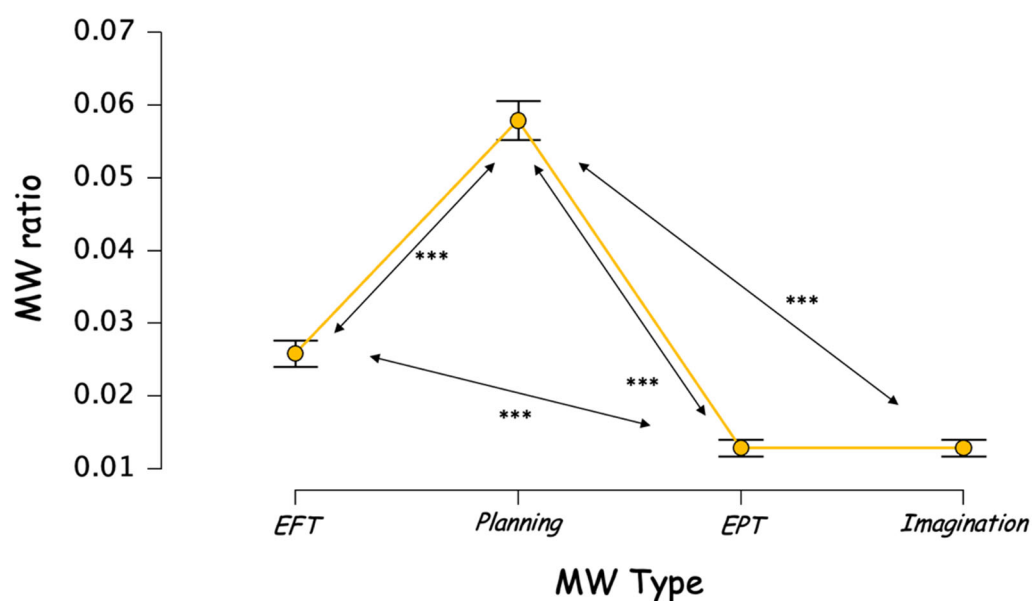
The reliability of our experience-sampling method of mind wandering is illustrated by the observation of a positive relationship between the MW trait, measured by the MWQ, and the MW frequency, measured by the thought probes,  $r = 0.232$ , CI [0.076; 0.377],  $p = 0.004$  (see detailed statistics in Supplementary Material S1).

Calculation of the number of mind-wandering episodes in relation to the number of surveys answered (frequency calculation) showed that mind wandering occurred in  $39.6\% \pm 0.168$  of thought probes answered (4465). Mind wandering seems to take place more while people are working (15.81%). Conversely, the activity during which people experience fewer episodes of mind wandering is making love (0.11%) (see Figure 2 and Table 4).



**Figure 2.** Frequency of different activity during MW episodes.

We observed a significant main effect of the content,  $F(3,675) = 189.661$ ,  $p < 0.001$ ,  $\eta^2_p = 0.457$  (Figure 3). A post-hoc analysis, with Bonferroni correction, revealed that the content of the mind wandering episodes was significantly more planning-oriented (17.4%, marginal mean = 0.058, 95% CI [0.053; 0.063]) than EFT-oriented (7.8%, marginal mean = 0.026, 95% CI [0.023; 0.029]), EPT-oriented (3.9%, marginal mean = 0.013, 95% CI [0.011; 0.015]), and Imagination-oriented (4.9%, 0.013, 95% CI [0.011; 0.015]). EFT-oriented thoughts were more frequent than EPT-oriented (mean<sub>difference</sub> = 0.013, 95% CI [0.007; 0.019]), or Imagination-oriented (mean<sub>difference</sub> = 0.013, 95% CI [0.007; 0.019]). The latter two being not significantly different (mean<sub>difference</sub> =  $3.979 \times 10^{-16}$ , 95% CI [-0.006; 0.006]).



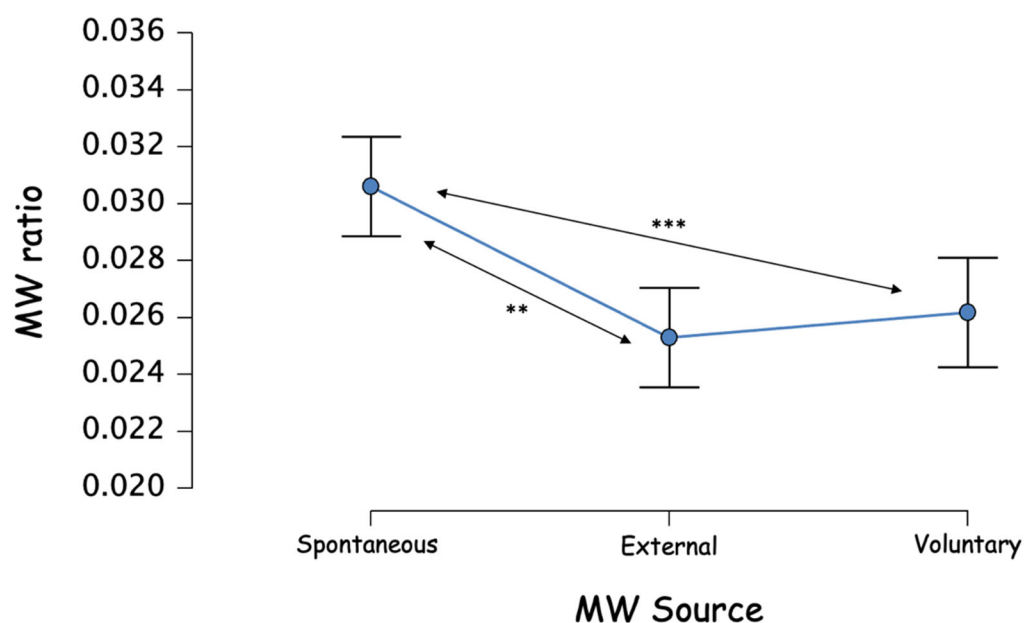
**Figure 3.** Frequency of different MW contents, calculated on all thought probes. \*\*\*  $p < 0.001$ .

**Table 4.** Mind wandering's probes: Descriptive statistics of ongoing activities during thought probes.

Activity	Frequency
Making love	0.11%
Meditate	0.23%
Play	0.62%
Radio news	0.74%
Sport	0.96%
Read	0.96%
Children	1.59%
Shopping	1.87%
Walk	3.06%
Relaxation	3.17%
Housework	3.34%
Other	3.91%
Cooking	4.76%
Home computer	5.27%
Talk	5.33%
Sleep	5.84%
Watching TV	5.84%
Ablution	7.31%
Scrolling phone	7.42%
Eat	8.95%
Commuting travel	12.92%
Work	15.81%

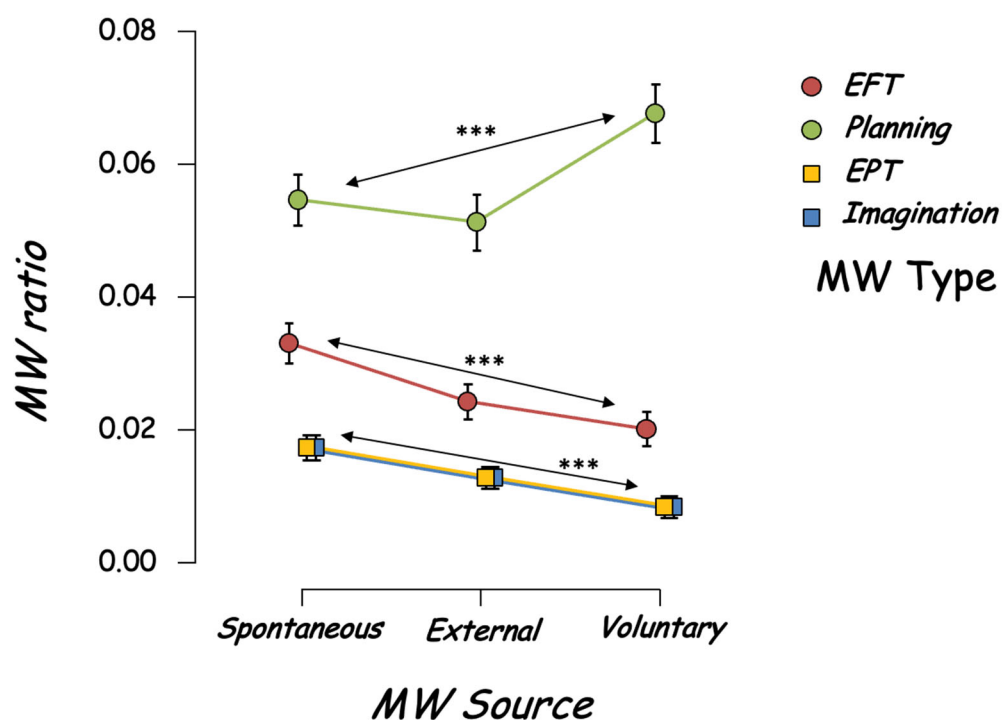
There was also a significant main effect of the MW source,  $F(2,450) = 6.520$ ,  $p = 0.002$ ,  $\eta_p^2 = 0.028$  (Figure 4). A post hoc analysis, with Bonferroni correction, showed that the source of the mind wandering episodes was more Spontaneous (0.031, 95% CI [0.027; 0.034]) than External (0.025, 95% CI [0.022; 0.029]) and Voluntary (0.026, 95% CI [0.023;

0.030]). The latter two being not significantly different (mean<sub>difference</sub> = -8.823, 95% CI [-0.007; 0.005]).



**Figure 4.** MW source frequency, calculated on all thought probes. \*\*  $p < 0.01$ , \*\*\*  $p < 0.001$ .

Lastly, we reported a significant interaction between the MW content and the MW source,  $F(6,1344) = 2.386$ ,  $p < 0.027$ ,  $\eta_p^2 = 0.011$  (Figure 5). Post hoc analyses showed that the observed interaction is due to the fact that for all MW sources, except for planning-oriented thoughts, MW was more Spontaneous than External and Voluntary (see detailed statistics in Supplementary Material S2). On the contrary, planning-oriented thoughts were more voluntary (0.068, 95% CI [0.059; 0.076]) than spontaneous (0.055, 95% CI [0.047; 0.063]) and external (0.051, 95% CI [0.043; 0.060]).



**Figure 5.** Interaction between MW contents and source frequency. \*\*\*  $p < 0.001$ .

### 3.2. Consistency of Prospective Memory's Measure

We conducted a backward hierarchical regression on the PM correct ratio of prospective memory responses to verify the reliability of our prospective memory task. We entered as predictors the three components of Prospective metamemory: Aptitude, Internal strategy and External strategy. As age, depression and anxiety may impact PM performance, we included these factors as covariates in the regression. We only observed a positive relation between Aptitude and the PM correct ratio. The Aptitude component significantly predicted better PM performance,  $t(136) = 2.618$ ,  $p = 0.010$ , 95% CI [0.002; 0.015],  $\beta = 0.220$ . The global model was significant,  $F(3,136) = 6.852$ ,  $p = 0.010$ .  $R^2 = 0.048$ .

### 3.3. Predictors of PM Correct Ratio

We conducted another backward hierarchical regression on the PM correct ratio of prospective memory responses with the following predictors: MWQ, Global MW frequency, ratio of MW of each Type (EFT, Planning, EPT, Imagination) and Source (Spontaneous, External, Voluntary). Meta Aptitude, Age, Depression and Anxiety were used as covariates in the regression.

The Meta Aptitude still predicted the PM correct ratio  $t(136) = 2.099$ ,  $p = 0.038$ , 95% CI [5.295<sup>-4</sup>; 0.018],  $\beta = 0.172$ . We also reported that the "trait" of mind wandering, measured by the MWQ questionnaire, negatively and significantly predicted PM correct ratio,  $t(136) = -2.123$ ,  $p = 0.036$ , 95% CI [-0.027; -9.402<sup>-4</sup>],  $\beta = -0.174$ . Moreover, episodes of past-oriented mind wandering significantly and positively predicted PM correct ratio,  $t(136) = 2.280$ ,  $p = 0.024$ , 95% CI [0.065; 0.919],  $\beta = 0.186$ . No other MW content predicted the PM correct ratio. We reported that the global model was significant,  $F(2,136) = 5.368$ ,  $p = 0.002$ ,  $R^2 = 0.108$ .

## 4. Discussion

The main objective of this study was to investigate the link between MW content and source and the ability to perform (time-based) PM intentions. In addition to replicating literature [3–5], i.e., the high proportion (30–50%) of daily MW, we expected that individuals spend more time thinking about the future rather than the past, highlighting a prospective bias in the MW. Furthermore, as we argued that PM-oriented thoughts MW episodes would be more deliberate, we expected that engaging in a deliberate form of PM-oriented MW would lead to better PM performance compared to any other spontaneous WM content. To resume, we also wanted to study whether the tendency towards voluntary or spontaneous MW, or the content of MW (past/future), or the interaction between these characteristics predicted the execution of prospective intentions.

### 4.1. Validation of the Mind Wandering's Experimental Protocol

Coherently with previous findings [4], we observe a strong propensity to perform MW (39,6%) in daily life, thus confirming the prevalence of this human cognitive phenomenon. Additionally, do episodes of MW represent a significant proportion of daily waking time and seem to occur mostly in the context of work (15,1%), during which boredom and external distractions are common. In contrast, as Killingsworth and Gilbert [4] have shown, few or no episodes of MW are experienced during the physical act of love (0,11%). In addition to replicating these observations, our results highlight the presence of a prospective bias in the content of the MW (significantly higher rate of planning-oriented thoughts). Our results are also in line with the literature [62,66,75] and seem to point to a potential function of mind wandering. This could explain why future-oriented thoughts are so common in everyday life [76–78]. Actually, it seems unlikely that such a prominent phenomenon of our mental life serves no purpose.

#### 4.2. Validation of the Prospective Memory's Experimental Protocol

Metacognition is a factor strongly related to memory abilities, specifically with PM as it requires us to reflect on our intentions while they are being formed as well as when they are retrieved [79,80]. It is becoming increasingly evident that the metamemory capacities of individuals can modulate the nature of the processes recruited in PM functioning [81,82]. The nature of the processes engaged would thus be defined by our estimation of our attentional and memory capacities and by the difficulty we attribute to the task. It is therefore expected to observe links between metamemory and prospective memory in the same study measuring these two aspects. This would, in a way, support the methodology used. As anticipated, we report a positive relationship between the metamemory's aptitude, as measured subjectively by the MPMI\_s questionnaire [68] and our objective measure of prospective memory. This observation tends to confirm the reliability of our prospective memory task.

#### 4.3. Investigating the Link between MW and MP

The existence of the prospective bias within the MW content is therefore confirmed, but its role and origin still raise questions. Contrary to what the literature would lead us to believe our results show that prospective thoughts occur more voluntarily than spontaneously. Indeed, Cole [83] hypothesized that the majority of future thoughts in MW were spontaneous and "pre-fabricated". Because spontaneous thoughts oriented towards the future would come to consciousness much more quickly than those oriented towards the past, those "ready-made" thoughts would be mainly about future tasks and goals. Thus, each spontaneous future thought would simply be a re-iteration of a previously constructed future event. Furthermore, Stawarczyk et al. [74] theorized that future-oriented MW episodes involved more inner speech, and would be de facto more personally relevant and more realistic or concrete than visual imagery contained in past-oriented thoughts, which are less structured. Inner speech would so allow for the future mental representation of intentions through the internal enunciation of future action, to better plan it. Lastly, in their review, Kvavilashvili and Rummel [37] agree wholeheartedly with this view, by concluding that future-oriented thinking is largely spontaneous, focused on the near future and concerned with concrete projects rather than abstract projections. Nevertheless, thinking about the upcoming prospective memory task in the retention interval could be also deliberate, notably when mentally revising one's plans for a day [37].

If the MW prospective bias seems to check all the boxes to be a determining factor in the successful realization of an intention, it does not predict prospective memory performance in our study. Quite the opposite, we reported that the mind wandering trait predicts negatively the PM correct ratio. This is not really surprising considering that MW could have a negative effect on PM performance, particularly if it occurs during the encoding or recall phases [29]. Indeed, if during the encoding and planning of future intentions, our mind wanders, the quality of encoding will be strongly altered and will therefore lead to poorer prospective recall performance. Similarly, when an episode of MW occurs during the period in which we should be confronted with various prospective cues, normally allowing us to correctly retrieve the intention in memory, attention is then decoupled from the environment and we cannot be challenged by the salience of the prospective cues, which would in fine go unnoticed [53,54]. Nevertheless, our results seem to rather show a link between past-oriented thoughts and the execution of a prospective intention. This might make sense if you consider that if the MW appears during the intention retention period, after the encoding phase and prior to the recall phase, there would be a potential improvement in prospective memory capacities. Some studies tend to show that MW could contribute to improving memory encoding [31,32,84], and even memory consolidation [33,34]. The recall of a memory leads to a re-encoding of the event, promoting its long-term consolidation. Thus, during a phase of retention of prospective information following prospective encoding, MW would allow for consolidation of the

memory of these intentions, by recalling them to mind regularly [85]. This idea is all the more valid since, if we take up the distinction between voluntary and spontaneous MW, i.e., one based on mental imagery and the other on internal speech. Mental imagery in PM, which consists of imagining, at the time of encoding the intention, the context of the action, as well as its actual realization by borrowing a personal perspective, could facilitate the retrieval of intentions in PM. This mechanism of projection into the future deployed at the time of encoding, or re-encoding during the consolidation period, would have a beneficial effect on the subsequent recall of intentions by facilitating the identification and automatic processing of prospective cues [86]. This technique has been shown to improve recall of event-based and time-based intentions [87]. Thus, it is likely that the reactivation or reinforcement of the representation of the intention through the MW in the retention phase would be at the origin of the relationship between past-oriented thoughts and the realization of prospective intentions.

The beneficial intervention of MW during a retention period is also found in the literature, particularly in the theoretical field of creativity. Indeed, some studies seem to point to the possibility that MW (both the state and the trait) improves divergent thinking abilities, as it would allow, through the free association of thoughts, to generate new ideas or solve problems [88–91]. Thus, the emergence of MW episodes during the incubation phase of a problem would improve its success [92] and allow for greater flexibility in a divergent thinking task [93]. However, this potential benefic aspect does not appear to be systematic [94,95] and could depend on the distance between the establishment of a problem and its resolution: a short distance would mobilize more controlled processes, making the influence of mind wandering harmful, while a longer distance would rely mainly on associative, more automatic processes. It would be mainly in this second case that the beneficial effect of MW would be manifested. Even if the results are relatively heterogeneous, these studies on creativity suggest that the content of mind wandering can be used to create associations with other information, suggesting better processing and retention of this information.

When mind wandering is totally disconnected from what the participant is doing at the moment, the impact of mind wandering will be analogous to a divided attention situation and will negatively impact the processing of environmental stimuli (PM encoding and retrieval). However, when the content of the mind wandering is linked more or less directly with certain external stimuli, it may favor their processing, generating spontaneous associations. If we apply this pattern of results to encoding in episodic memory, then we can predict that, in the majority of cases, mind wandering will have a negative impact on encoding. Nonetheless, in certain specific cases, where the participant experiences thoughts related to the stimuli, this associative processing will probably allow for better encoding them, notably during the PM retention period. In conclusion, while the use of future-oriented thoughts will obviously improve the planning of an intention, it may well be that episodes of MW during the retention period also allow participants to re-encode intentions. This assumption makes sense with the literature, in that past-oriented thoughts would be more mental imagery than inner speech, in contrast to future-oriented thinking [74]. If it is just the inner speech that would be the source of the beneficial impact of prospective bias, notably via the involvement of spontaneous mental rehearsal of an action on its future execution [63,65,96], the beneficial effect of using this mental rehearsal intention technique could be due that we use our episodic memory to imagine future scenarios [97]. We hypothesize that rather than repeating the intention inwardly, in a literal way, we use mental imagery to visually recall the source of the encoding, or imagine ourselves carrying out the intention, associating all the context that surrounds the realization, at the appropriate time, of the prospective action. Past-oriented thoughts would thus serve, in this case, to consolidate an already programmed intention.

Nonetheless, these interpretations remain largely speculative since our two tasks were completely independent. Indeed, we had to distinguish the phases in which we measured MW from those in which we measured the PM. This was performed in order to

avoid a bias in our prospective memory task since sending thought probes at the same time as the subjects had to perform the PM task would have likely serve as prospective reminder.

## 5. Conclusions

If we confirm the presence of an important prospective bias, supporting the hypothesis of a memory system strongly committed to the future, we do not find a significant effect of such a bias on the achievement of prospective intentions. On the contrary, we found that past-oriented MW positively predicted PM performances. We propose that this link could be explained by the fact that encoded intentions are re-encoded when reactivated during MW. Thus, MW could enhance intention representation and increase intention retrieval. Although the proposed hypotheses to explain these findings are largely speculative, they are easily testable in future studies. For instance, we could explore the impact of an induced MW condition on PM performance. For example, it would be possible to compare the effect of MW induction after the encoding of prospective intentions to a control condition (with MW removed) on PM performance. For the experimental MW induction, research has already suggested that manipulations of task difficulty (cognitive load) could differentially affect rates of intentional and unintentional MW [55] and this kind of manipulation could have opposing effects on intentional and unintentional MW: whereas participants reported more intentional MW in an easy task (low cognitive load) than in a difficult task (high cognitive load), they reported more unintentional MW in a difficult task than in an easy task [98]. Our results would have been strengthened by using a standardized PM assessment. Nevertheless, the online recruitment on smartphones hardly permits the administration of experimental tasks. This problem unfortunately concerns all PM studies conducted in real-life contexts and it seems that this issue has not yet been solved. Faced with this Cornelian choice, stuck between a lack of ecological validity of PM lab-based task and the lack of experimental control of PM real-life tasks, virtual reality could represent a good compromise to assess PM, bypassing the biases of classical evaluations. By placing subjects in a multitude of naturalistic situations for which they can recall a wide variety of intentions, it allows us to simulate the complexity of the activities of daily life and while maintaining experimental rigor, to obtain a measurement that is both sensitive, complete, and specific to the functioning of the PM and its various components, that is difficult to uphold in real-life PM tasks. We think that such a methodology deserves further attention that future studies should try to definitively settle the question of the benefic role of the prospective bias in the achievement of prospective intentions.

In conclusion, our study is inspiring on the inextricable and surprising link between MW and PM. Firstly, future-oriented thoughts are more voluntary than we think, and secondly, the projection of the MW into the past might play a more important role in the potential function of MW on PM. Additional research is expected to explore the subtle nuances of the MW content. Lastly, the use of other methods (ESM) to measure MW and PM is of interest for the study and understanding of PM outside the laboratory in everyday life.

**Supplementary Materials:** The following supporting information can be downloaded at: [www.mdpi.com/article/10.3390/brainsci12091139/s1](http://www.mdpi.com/article/10.3390/brainsci12091139/s1), S1: Correlation\_Matrix; S2: Interaction-Post\_Hoc.

**Author Contributions:** Conceptualization, J.-C.G.; methodology, J.-C.G. and M.S.; software, J.-C.G. and M.S.; formal analysis, J.-C.G. and M.S.; investigation, J.-C.G.; data curation, J.-C.G. and M.S.; writing—original draft preparation, J.-C.G., P.B.; writing—review and editing, J.-C.G., M.S. and P.P.; visualization, J.-C.G.; supervision, M.S. and P.P.; project administration, M.S. and P.P.; funding acquisition, P.P. All authors have read and agreed to the published version of the manuscript.

**Funding:** This research received no external funding.



**Institutional Review Board Statement:** The study was conducted in accordance with the Declaration of Helsinki, and approved by Research Ethics Committee of Université Paris Cité (N° IRB: 00012020-89).

**Informed Consent Statement:** Informed consent was obtained from all subjects involved in the study.

**Data Availability Statement:** The data that support the findings of this study are available from the corresponding author upon request.

**Acknowledgments:** We would like to thank all the participants who participated in this study. And Malo for your spirit of protest which cultivates my dispositional mindfulness.

**Conflicts of Interest:** The authors declare no conflict of interest.

## References

1. Callard, F.; Smallwood, J.; Golchert, J.; Margulies, D.S. The Era of the Wandering Mind? Twenty-First Century Research on Self-Generated Mental Activity. *Front. Psychol.* **2013**, *4*, 891. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2013.00891>.
2. Smallwood, J.; Schooler, J.W. The Restless Mind. *Psychol. Bull.* **2006**, *132*, 946–958. <https://doi.org/10.1037/0033-2909.132.6.946>.
3. Kane, M.J.; Brown, L.H.; McVay, J.C.; Silvia, P.J.; Myin-Germeys, I.; Kwapil, T.R. For Whom the Mind Wanders, and When: An Experience-Sampling Study of Working Memory and Executive Control in Daily Life. *Psychol. Sci.* **2007**, *18*, 614–621. <https://doi.org/10.1111/j.1467-9280.2007.01948.x>.
4. Killingsworth, M.A.; Gilbert, D.T. A Wandering Mind Is an Unhappy Mind. *Science* **2010**, *330*, 932. <https://doi.org/10.1126/science.1192439>.
5. McVay, J.C.; Kane, M.J.; Kwapil, T.R. Tracking the Train of Thought from the Laboratory into Everyday Life: An Experience-Sampling Study of Mind Wandering across Controlled and Ecological Contexts. *Psychon. Bull. Rev.* **2009**, *16*, 857–863. <https://doi.org/10.3758/PBR.16.5.857>.
6. Schooler, J.W.; Smallwood, J.; Christoff, K.; Handy, T.C.; Reichle, E.D.; Sayette, M.A. Meta-Awareness, Perceptual Decoupling and the Wandering Mind. *Trends Cogn. Sci.* **2011**, *15*, 319–326. <https://doi.org/10.1016/j.tics.2011.05.006>.
7. Seli, P.; Kane, M.J.; Metzinger, T.; Smallwood, J.; Schacter, D.L.; Maillet, D.; Schooler, J.W.; Smilek, D. The Family-Resemblances Framework for Mind-Wandering Remains Well Clad. *Trends Cogn. Sci.* **2018**, *22*, 959–961. <https://doi.org/10.1016/j.tics.2018.07.007>.
8. Christoff, K.; Mills, C.; Andrews-Hanna, J.R.; Irving, Z.C.; Thompson, E.; Fox, K.C.R.; Kam, J.W.Y. Mind-Wandering as a Scientific Concept: Cutting through the Definitional Haze. *Trends Cogn. Sci.* **2018**, *22*, 957–959. <https://doi.org/10.1016/j.tics.2018.07.004>.
9. Seli, P.; Kane, M.J.; Smallwood, J.; Schacter, D.L.; Maillet, D.; Schooler, J.W.; Smilek, D. Mind-Wandering as a Natural Kind: A Family-Resemblances View. *Trends Cogn. Sci.* **2018**, *22*, 479–490. <https://doi.org/10.1016/j.tics.2018.03.010>.
10. Giambra, L.M. Task-Unrelated-Thought Frequency as a Function of Age: A Laboratory Study. *Psychol. Aging* **1989**, *4*, 136–143. <https://doi.org/10.1037/0882-7974.4.2.136>.
11. Antrobus, J.S. Information Theory and Stimulus-Independent Thought. *Br. J. Psychol.* **1968**, *59*, 423–430. <https://doi.org/10.1111/j.2044-8295.1968.tb01157.x>.
12. Stawarczyk, D.; Majerus, S.; Maj, M.; Van der Linden, M.; D’Argembeau, A. Mind-Wandering: Phenomenology and Function as Assessed with a Novel Experience Sampling Method. *Acta Psychol.* **2011**, *136*, 370–381. <https://doi.org/10.1016/j.actpsy.2011.01.002>.
13. Christoff, K.; Irving, Z.C.; Fox, K.C.R.; Spreng, R.N.; Andrews-Hanna, J.R. Mind-Wandering as Spontaneous Thought: A Dynamic Framework. *Nat. Rev. Neurosci.* **2016**, *17*, 718–731. <https://doi.org/10.1038/nrn.2016.113>.
14. Carriere, J.S.A.; Seli, P.; Smilek, D. Wandering in Both Mind and Body: Individual Differences in Mind Wandering and Inattention Predict Fidgeting. *Can. J. Exp. Psychol.* **2013**, *67*, 19–31. <https://doi.org/10.1037/a0031438>.
15. Seli, P.; Risko, E.F.; Smilek, D.; Schacter, D.L. Mind-Wandering With and Without Intention. *Trends Cogn. Sci.* **2016**, *20*, 605–617. <https://doi.org/10.1016/j.tics.2016.05.010>.
16. McVay, J.C.; Kane, M.J. Does Mind Wandering Reflect Executive Function or Executive Failure? Comment on Smallwood and Schooler (2006) and Watkins (2008). *Psychol. Bull.* **2010**, *136*, 188–197. <https://doi.org/10.1037/a0018298>.
17. Chiorri, C.; Vannucci, M. Replicability of the Psychometric Properties of Trait-Levels Measures of Spontaneous and Deliberate Mind Wandering. *Eur. J. Psychol. Assess.* **2019**, *35*, 459–468. <https://doi.org/10.1027/1015-5759/a000422>.
18. Vannucci, M.; Chiorri, C.; Nocentini, A.; Menesini, E. Distinguishing Spontaneous from Deliberate Mind Wandering in Adolescents: The Role of Attentional Control and Depressive Symptoms. *Br. J. Dev. Psychol.* **2020**, *38*, 434–441. <https://doi.org/10.1111/bjdp.12325>.
19. Robison, M.K.; Unsworth, N. Cognitive and Contextual Correlates of Spontaneous and Deliberate Mind-Wandering. *J. Exp. Psychol. Learn. Mem. Cogn.* **2017**, *44*, 85–98. <https://doi.org/10.1037/xlm0000444>.

20. Seli, P.; Cheyne, J.A.; Xu, M.; Purdon, C.; Smilek, D. Motivation, Intentionality, and Mind Wandering: Implications for Assessments of Task-Unrelated Thought. *J. Exp. Psychol. Learn. Mem. Cogn.* **2015**, *41*, 1417–1425. <https://doi.org/10.1037/xlm0000116>.
21. Mooneyham, B.W.; Schooler, J.W. The Costs and Benefits of Mind-Wandering: A Review. *Can. J. Exp. Psychol.* **2013**, *67*, 11–18. <https://doi.org/10.1037/a0031569>.
22. Smallwood, J.; Schooler, J.W. The Science of Mind Wandering: Empirically Navigating the Stream of Consciousness. *Annu. Rev. Psychol.* **2015**, *66*, 487–518. <https://doi.org/10.1146/annurev-psych-010814-015331>.
23. Randall, J.G.; Oswald, F.L.; Beier, M.E. Mind-Wandering, Cognition, and Performance: A Theory-Driven Meta-Analysis of Attention Regulation. *Psychol. Bull.* **2014**, *140*, 1411–1431. <https://doi.org/10.1037/a0037428>.
24. Kam, J.W.Y.; Handy, T.C. The Neurocognitive Consequences of the Wandering Mind: A Mechanistic Account of Sensory-Motor Decoupling. *Front. Psychol.* **2013**, *4*, 1–13. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2013.00725>.
25. McVay, J.C.; Kane, M.J. Conducting the Train of Thought: Working Memory Capacity, Goal Neglect, and Mind Wandering in an Executive-Control Task. *J. Exp. Psychol. Learn. Mem. Cogn.* **2009**, *35*, 196–204. <https://doi.org/10.1037/a0014104>.
26. Thomson, D.R.; Besner, D.; Smilek, D. A Resource-Control Account of Sustained Attention. *Perspect. Psychol. Sci.* **2015**, *10*, 82–96. <https://doi.org/10.1177/1745691614556681>.
27. Unsworth, N.; Robison, M.K. The Influence of Lapses of Attention on Working Memory Capacity. *Mem. Cognit.* **2016**, *44*, 188–196. <https://doi.org/10.3758/s13421-015-0560-0>.
28. Mrazek, M.D.; Smallwood, J.; Franklin, M.S.; Chin, J.M.; Baird, B.; Schooler, J.W. The Role of Mind-Wandering in Measurements of General Aptitude. *J. Exp. Psychol. Gen.* **2012**, *141*, 788–798. <https://doi.org/10.1037/a0027968>.
29. Blondé, P.; Girardeau, J.-C.; Sperduti, M.; Piolino, P. A Wandering Mind Is a Forgetful Mind: A Systematic Review on the Influence of Mind Wandering on Episodic Memory Encoding. *Neurosci. Biobehav. Rev.* **2022**, *132*, 774–792. <https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2021.11.015>.
30. Wammes, J.D.; Seli, P.; Cheyne, J.A.; Boucher, P.O.; Smilek, D. Mind Wandering during Lectures II: Relation to Academic Performance. *Scholarsh. Teach. Learn. Psychol.* **2016**, *2*, 33–48. <https://doi.org/10.1037/stl0000055>.
31. Maillet, D.; Seli, P.; Schacter, D.L. Mind-Wandering and Task Stimuli: Stimulus-Dependent Thoughts Influence Performance on Memory Tasks and Are More Often Past- versus Future-Oriented. *Conscious. Cogn.* **2017**, *52*, 55–67. <https://doi.org/10.1016/j.concog.2017.04.014>.
32. Maillet, D.; Schacter, D.L. When the Mind Wanders: Distinguishing Stimulus-Dependent from Stimulus-Independent Thoughts during Incidental Encoding in Young and Older Adults. *Psychol. Aging* **2016**, *31*, 370–379. <https://doi.org/10.1037/pag0000099>.
33. Nadel, L.; Hupbach, A.; Gomez, R.; Newman-Smith, K. Memory Formation, Consolidation and Transformation. *Neurosci. Biobehav. Rev.* **2012**, *36*, 1640–1645. <https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2012.03.001>.
34. Alberini, C.M.; LeDoux, J.E. Memory Reconsolidation. *Curr. Biol.* **2013**, *23*, R746–R750. <https://doi.org/10.1016/j.cub.2013.06.046>.
35. Mills, C.; Herrera-Bennett, A.; Faber, M.; Christoff, K. Why the Mind Wanders: How Spontaneous Thought's Default Variability May Support Episodic Efficiency and Semantic Optimization. In *The Oxford Handbook of Spontaneous Thought: Mind-Wandering, Creativity and Dreaming*; Oxford University Press: Oxford, UK, 2018; pp. 11–22. <https://doi.org/10.1093/oxfordhb/9780190464745.013.42>.
36. Baird, B.; Smallwood, J.; Schooler, J.W. Back to the Future: Autobiographical Planning and the Functionality of Mind-Wandering. *Conscious. Cogn.* **2011**, *20*, 1604–1611. <https://doi.org/10.1016/j.concog.2011.08.007>.
37. Kvavilashvili, L.; Rummel, J. On the Nature of Everyday Prospection: A Review and Theoretical Integration of Research on Mind-Wandering, Future Thinking, and Prospective Memory. *Rev. Gen. Psychol.* **2020**, *24*, 210–237. <https://doi.org/10.1177/1089268020918843>.
38. Klinger, E. Thought Flow: Properties and Mechanisms Underlying Shifts in Content. In *At Play in Fields of Consciousness: Essays in Honor of Jerome L. Singer*; Lawrence Erlbaum Associates Publishers: Mahwah, NJ, USA, 1999; pp. 29–50.
39. Medea, B.; Karapanagiotidis, T.; Konishi, M.; Ottaviani, C.; Margulies, D.; Bernasconi, A.; Bernasconi, N.; Bernhardt, B.C.; Jefferies, E.; Smallwood, J. How Do We Decide What to Do? Resting-State Connectivity Patterns and Components of Self-Generated Thought Linked to the Development of More Concrete Personal Goals. *Exp. Brain Res.* **2018**, *236*, 2469–2481. <https://doi.org/10.1007/s00221-016-4729-y>.
40. Einstein, G.O.; McDaniel, M.A. Normal Aging and Prospective Memory. *J. Exp. Psychol. Learn. Mem. Cogn.* **1990**, *16*, 717–726. <https://doi.org/10.1037/0278-7393.16.4.717>.
41. Kalpouzos, G.; Eustache, F.; Desgranges, B. La mémoire prospective au cours du vieillissement : Déclin ou préservation ? *NPG Neurol.-Psychiatr.-Gériatrie* **2008**, *8*, 25–31. <https://doi.org/10.1016/j.npg.2008.06.003>.
42. McDaniel, M.A.; Einstein, G.O. Strategic and Automatic Processes in Prospective Memory Retrieval: A Multiprocess Framework. *Appl. Cogn. Psychol.* **2000**, *14*, S127–S144. <https://doi.org/10.1002/acp.775>.
43. Chen, X.; Wang, Y.; Liu, L.; Cui, J.; Gan, M.; Shum, D.H.K.; Chan, R.C.K. The Effect of Implementation Intention on Prospective Memory: A Systematic and Meta-Analytic Review. *Psychiatry Res.* **2015**, *226*, 14–22. <https://doi.org/10.1016/j.psychres.2015.01.011>.
44. Gonneaud, J.; Kalpouzos, G.; Bon, L.; Viader, F.; Eustache, F.; Desgranges, B. Distinct and Shared Cognitive Functions Mediate Event- and Time-Based Prospective Memory Impairment in Normal Ageing. *Memory* **2011**, *19*, 360–377. <https://doi.org/10.1080/09658211.2011.570765>.

45. Martin, M.; Kliegel, M.; McDaniel, M.A. The Involvement of Executive Functions in Prospective Memory Performance of Adults. *Int. J. Psychol.* **2003**, *38*, 195–206. <https://doi.org/10.1080/00207590344000123>.
46. Rose, N.S.; Rendell, P.G.; Hering, A.; Kliegel, M.; Bidelman, G.M.; Craik, F.I.M. Cognitive and Neural Plasticity in Older Adults' Prospective Memory Following Training with the Virtual Week Computer Game. *Front. Hum. Neurosci.* **2015**, *9*, 592. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2015.00592>.
47. Schnitzspahn, K.M.; Stahl, C.; Zeintl, M.; Kaller, C.P.; Kliegel, M. The Role of Shifting, Updating, and Inhibition in Prospective Memory Performance in Young and Older Adults. *Dev. Psychol.* **2013**, *49*, 1544–1553. <https://doi.org/10.1037/a0030579>.
48. Smith, R.E. The Cost of Remembering to Remember in Event-Based Prospective Memory: Investigating the Capacity Demands of Delayed Intention Performance. *J. Exp. Psychol. Learn. Mem. Cogn.* **2003**, *29*, 347–361. <https://doi.org/10.1037/0278-7393.29.3.347>.
49. Rouleau, I.; Lajeunesse, A.; Drolet, V.; Potvin, M.-J.; Marcone, S.; Lecomte, S.; Imbeault, H.; Limoges, F.; Labelle, V.; Gagnon, J.-F.; et al. L'évaluation clinique de la mémoire prospective dans le MCI. *NPG Neurol.-Psychiatr.-Gériatrie* **2016**, *16*, 152–158. <https://doi.org/10.1016/j.npg.2015.07.010>.
50. Logie, R.H.; Law, A.; Trawley, S.; Nissan, J. Multitasking, Working Memory and Remembering Intentions. *Psychol. Belg.* **2010**, *50*, 309. <https://doi.org/10.5334/pb-50-3-4-309>.
51. Shallice, T.; Burgess, P.W. Deficits in strategy application following frontal lobe damage in man. *Brain* **1991**, *114*, 727–741. <https://doi.org/10.1093/brain/114.2.727>.
52. Rummel, J.; McDaniel, M.A. (Eds.). *Prospective Memory*; Routledge: Abingdon, Oxon, UK; New York, NY, USA, 2019; ISBN 978-1-138-54580-9.
53. Scullin, M.K.; McDaniel, M.A.; Shelton, J.T. The Dynamic Multiprocess Framework: Evidence from Prospective Memory with Contextual Variability. *Cognit. Psychol.* **2013**, *67*, 55–71. <https://doi.org/10.1016/j.cogpsych.2013.07.001>.
54. Einstein, G.O.; McDaniel, M.A. Prospective Memory: Multiple Retrieval Processes. *Curr. Dir. Psychol. Sci.* **2005**, *14*, 286–290. <https://doi.org/10.1111/j.0963-7214.2005.00382.x>.
55. Seli, P.; Smilek, D.; Ralph, B.C.W.; Schacter, D.L. The Awakening of the Attention: Evidence for a Link between the Monitoring of Mind Wandering and Prospective Goals. *J. Exp. Psychol. Gen.* **2018**, *147*, 431–443. <https://doi.org/10.1037/xge0000385>.
56. Girardeau, J.-C.; Blondé, P.; Makowski, D.; Abram, M.; Piolino, P.; Sperduti, M. The Impact of State and Dispositional Mindfulness on Prospective Memory: A Virtual Reality Study. *Conscious. Cogn.* **2020**, *81*, 102920. <https://doi.org/10.1016/j.concog.2020.102920>.
57. Schooler, J.W. Re-Representing Consciousness: Dissociations between Experience and Meta-Consciousness. *Trends Cogn. Sci.* **2002**, *6*, 339–344. [https://doi.org/10.1016/S1364-6613\(02\)01949-6](https://doi.org/10.1016/S1364-6613(02)01949-6).
58. Thaddeus Meeks, J.; Hicks, J.L.; Marsh, R.L. Metacognitive Awareness of Event-Based Prospective Memory. *Conscious. Cogn.* **2007**, *16*, 997–1004. <https://doi.org/10.1016/j.concog.2006.09.005>.
59. Anderson, F.T.; McDaniel, M.A. Hey Buddy, Why Don't We Take It Outside: An Experience Sampling Study of Prospective Memory. *Mem. Cognit.* **2019**, *47*, 47–62. <https://doi.org/10.3758/s13421-018-0849-x>.
60. Rummel, J.; Smeekens, B.A.; Kane, M.J. Dealing with Prospective Memory Demands While Performing an Ongoing Task: Shared Processing, Increased on-Task Focus, or Both? *J. Exp. Psychol. Learn. Mem. Cogn.* **2017**, *43*, 1047–1062. <https://doi.org/10.1037/xlm0000359>.
61. Christoff, K.; Gordon, A.M.; Smallwood, J.; Smith, R.; Schooler, J.W. Experience Sampling during fMRI Reveals Default Network and Executive System Contributions to Mind Wandering. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* **2009**, *106*, 8719–8724. <https://doi.org/10.1073/pnas.0900234106>.
62. Song, X.; Wang, X. Mind Wandering in Chinese Daily Lives—An Experience Sampling Study. *PLoS ONE* **2012**, *7*, e44423. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0044423>.
63. Szarras, K.; Niedźwieńska, A. The Role of Rehearsals in Self-Generated Prospective Memory Tasks. *Int. J. Psychol.* **2011**, *46*, 346–353. <https://doi.org/10.1080/00207594.2011.565342>.
64. Gardner, R.S.; Ascoli, G.A. The Natural Frequency of Human Prospective Memory Increases with Age. *Psychol. Aging* **2015**, *30*, 209–219. <https://doi.org/10.1037/a0038876>.
65. Mason, M.F.; Reinholtz, N. Avenues down Which a Self-Reminding Mind Can Wander. *Motiv. Sci.* **2015**, *1*, 1–21. <https://doi.org/10.1037/mot0000011>.
66. Warden, E.A.; Plimpton, B.; Kvavilashvili, L. Absence of Age Effects on Spontaneous Past and Future Thinking in Daily Life. *Psychol. Res.* **2019**, *83*, 727–746. <https://doi.org/10.1007/s00426-018-1103-7>.
67. Zuber, S.; Kliegel, M. Prospective Memory Development Across the Lifespan: An Integrative Framework. *Eur. Psychol.* **2020**, *25*, 162–173. <https://doi.org/10.1027/1016-9040/a000380>.
68. Rummel, J.; Danner, D.; Kuhlmann, B.G. The Short Version of the Metacognitive Prospective Memory Inventory (MPMI-s): Factor Structure, Reliability, Validity, and Reference Data. *Meas. Instrum. Soc. Sci.* **2019**, *1*, 6. <https://doi.org/10.1186/s42409-019-0008-6>.
69. Kroenke, K.; Spitzer, R.L.; Williams, J.B.W.; Löwe, B. An Ultra-Brief Screening Scale for Anxiety and Depression: The PHQ-4. *Psychosomatics* **2009**, *50*, 613–621. [https://doi.org/10.1016/S0033-3182\(09\)70864-3](https://doi.org/10.1016/S0033-3182(09)70864-3).

70. Löwe, B.; Wahl, I.; Rose, M.; Spitzer, C.; Glaesmer, H.; Wingenfeld, K.; Schneider, A.; Brähler, E. A 4-Item Measure of Depression and Anxiety: Validation and Standardization of the Patient Health Questionnaire-4 (PHQ-4) in the General Population. *J. Affect. Disord.* **2010**, *122*, 86–95. <https://doi.org/10.1016/j.jad.2009.06.019>.
71. Deng, Y.-Q.; Li, S.; Tang, Y.-Y. The Relationship Between Wandering Mind, Depression and Mindfulness. *Mindfulness* **2014**, *5*, 124–128. <https://doi.org/10.1007/s12671-012-0157-7>.
72. Hoffmann, F.; Banzhaf, C.; Kanske, P.; Bermpohl, F.; Singer, T. Where the Depressed Mind Wanders: Self-Generated Thought Patterns as Assessed through Experience Sampling as a State Marker of Depression. *J. Affect. Disord.* **2016**, *198*, 127–134. <https://doi.org/10.1016/j.jad.2016.03.005>.
73. Marchetti, I.; Koster, E.H.W.; De Raedt, R. Mindwandering Heightens the Accessibility of Negative Relative to Positive Thought. *Conscious. Cogn.* **2012**, *21*, 1517–1525. <https://doi.org/10.1016/j.concog.2012.05.013>.
74. Stawarczyk, D.; Cassol, H.; D'Argembeau, A. Phenomenology of Future-Oriented Mind-Wandering Episodes. *Front. Psychol.* **2013**, *4*, 425. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2013.00425>.
75. Baumeister, R.F.; Hofmann, W.; Summerville, A.; Reiss, P.T.; Vohs, K.D. Everyday Thoughts in Time: Experience Sampling Studies of Mental Time Travel. *Pers. Soc. Psychol. Bull.* **2020**, *46*, 1631–1648. <https://doi.org/10.1177/0146167220908411>.
76. Berntsen, D.; Jacobsen, A.S. Involuntary (Spontaneous) Mental Time Travel into the Past and Future. *Conscious. Cogn.* **2008**, *17*, 1093–1104. <https://doi.org/10.1016/j.concog.2008.03.001>.
77. D'Argembeau, A.; Renaud, O.; Van der Linden, M. Frequency, Characteristics and Functions of Future-Oriented Thoughts in Daily Life. *Appl. Cogn. Psychol.* **2011**, *25*, 96–103. <https://doi.org/10.1002/acp.1647>.
78. Jason, L.A.; Schade, J.; Furo, L.; Reichler, A.; Brickman, C. Time Orientation: Past, Present, and Future Perceptions. *Psychol. Rep.* **1989**, *64*, 1199–1205. <https://doi.org/10.2466/pr0.1989.64.3c.1199>.
79. Rummel, J.; Meiser, T. The Role of Metacognition in Prospective Memory: Anticipated Task Demands Influence Attention Allocation Strategies. *Conscious. Cogn.* **2013**, *22*, 931–943. <https://doi.org/10.1016/j.concog.2013.06.006>.
80. Smith, R.E. Prospective Memory: A Framework for Research on Metaintentions. In *The Oxford Handbook of Metamemory*; Oxford Library of Psychology; Oxford University Press: Oxford, UK, 2016; pp. 217–244, ISBN 978-0-19-933674-6.
81. Meier, B.; von Wartburg, P.; Matter, S.; Rothen, N.; Reber, R. Performance Predictions Improve Prospective Memory and Influence Retrieval Experience. *Can. J. Exp. Psychol.* **2011**, *65*, 12–18. <https://doi.org/10.1037/a0022784>.
82. Smith, S.J.; Souchay, C.; Moulin, C.J.A. Metamemory and Prospective Memory in Parkinson's Disease. *Neuropsychology* **2011**, *25*, 734–740. <https://doi.org/10.1037/a0025475>.
83. Cole, S.; Kvavilashvili, L. Spontaneous Future Cognition: The Past, Present and Future of an Emerging Topic. *Psychol. Res.* **2019**, *83*, 631–650. <https://doi.org/10.1007/s00426-019-01193-3>.
84. Wammes, J.D.; Boucher, P.O.; Seli, P.; Cheyne, J.A.; Smilek, D. Mind Wandering during Lectures I: Changes in Rates across an Entire Semester. *Scholarsh. Teach. Learn. Psychol.* **2016**, *2*, 13–32. <https://doi.org/10.1037/stl0000053>.
85. Mills, C.; Herrera-Bennett, A.; Faber, M.; Christoff, K. *Why the Mind Wanders*; Christoff, K., Fox, K.C.R., Eds.; Oxford University Press: Oxford, UK, 2018; Volume 1.
86. Grilli, M.D.; McFarland, C.P. Imagine That: Self-Imagination Improves Prospective Memory in Memory-Impaired Individuals with Neurological Damage. *Neuropsychol. Rehabil.* **2011**, *21*, 847–859. <https://doi.org/10.1080/09602011.2011.627263>.
87. Potvin, M.-J.; Rouleau, I.; Audy, J.; Charbonneau, S.; Giguère, J.-F. Ecological Prospective Memory Assessment in Patients with Traumatic Brain Injury. *Brain Inj.* **2011**, *25*, 192–205. <https://doi.org/10.3109/02699052.2010.541896>.
88. Gable, S.L.; Hopper, E.A.; Schooler, J.W. When the Muses Strike: Creative Ideas of Physicists and Writers Routinely Occur During Mind Wandering. *Psychol. Sci.* **2019**, *30*, 396–404. <https://doi.org/10.1177/0956797618820626>.
89. Preiss, D.D.; Cosmelli, D.; Grau, V.; Ortiz, D. Examining the Influence of Mind Wandering and Metacognition on Creativity in University and Vocational Students. *Learn. Individ. Differ.* **2016**, *51*, 417–426. <https://doi.org/10.1016/j.lindif.2016.07.010>.
90. Yamaoka, A.; Yukawa, S. Mind Wandering in Creative Problem-Solving: Relationships with Divergent Thinking and Mental Health. *PLoS ONE* **2020**, *15*, e0231946. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0231946>.
91. Zedelius, C.M.; Schooler, J.W. Mind Wandering “Ahas” versus Mindful Reasoning: Alternative Routes to Creative Solutions. *Front. Psychol.* **2015**, *6*, 834–834. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2015.00834>.
92. Leszczynski, M.; Chaieb, L.; Reber, T.P.; Derner, M.; Axmacher, N.; Fell, J. Mind Wandering Simultaneously Prolongs Reactions and Promotes Creative Incubation. *Sci. Rep.* **2017**, *7*, 10197–10197. <https://doi.org/10.1038/s41598-017-10616-3>.
93. Yamaoka, A.; Yukawa, S. Does Mind Wandering During the Thought Incubation Period Improve Creativity and Worsen Mood? *Psychol. Rep.* **2020**, *123*, 1785–1800. <https://doi.org/10.1177/0033294119896039>.
94. Smeekens, B.A.; Kane, M.J. Working Memory Capacity, Mind Wandering, and Creative Cognition: An Individual-Differences Investigation Into the Benefits of Controlled Versus Spontaneous Thought. *Psychol. Aesthet. Creat. Arts* **2016**, *10*, 389–415. <https://doi.org/10.1037/aca0000046>.
95. Steindorf, L.; Hammerton, H.A.; Rummel, J. Mind Wandering Outside the Box—About the Role of off-Task Thoughts and Their Assessment during Creative Incubation. *Psychol. Aesthet. Creat. Arts* **2020**, *15*, 584–595. <https://doi.org/10.1037/aca0000373>.

- 
96. Kvavilashvili, L.; Fisher, L. Is Time-Based Prospective Remembering Mediated by Self-Initiated Rehearsals? Role of Incidental Cues, Ongoing Activity, Age, and Motivation. *J. Exp. Psychol. Gen.* **2007**, *136*, 112–132. <https://doi.org/10.1037/0096-3445.136.1.112>.
  97. Brewer, G.A.; Marsh, R.L. On the Role of Episodic Future Simulation in Encoding of Prospective Memories. *Cogn. Neurosci.* **2010**, *1*, 81–88. <https://doi.org/10.1080/17588920903373960>.
  98. Seli, P.; Risko, E.F.; Smilek, D. On the Necessity of Distinguishing Between Unintentional and Intentional Mind Wandering. *Psychol. Sci.* **2016**, *27*, 685–691. <https://doi.org/10.1177/0956797616634068>.

---

### 6.3. Étude 2 : Conclusions, Analyses supplémentaires & Perspectives

Afin d'appuyer méthodologiquement nos résultats, nous avons porté un soin tout particulier à reproduire les résultats d'études princeps précédentes. C'est le cas avec l'étude bien connu de Killingsworth & Gilbert (2010). À l'instar de cette étude, nous rapportons non seulement la même proportion élevée (40%) de MW quotidien, mais également, une distribution équivalente du taux de MW selon le type d'activité, à savoir bien plus d'occurrence de MW au travail ou dans les transports que pendant l'acte physique d'amour ou la méditation. En ce qui concerne la MP, nous souhaitons pouvoir asseoir la fiabilité de notre tâche de MP en établissant un lien entre le trait de métamémoire et les performances à la tâche de MP, compte tenu des relations bien établies entre ces deux dimensions. Nous avons ainsi pu observer une relation positive entre la composante aptitude de la métamémoire, telle que mesurée subjectivement par le questionnaire MPMI\_s et notre mesure objective de la mémoire prospective.

Bien que l'**Étude 2** ait répliquée la prévalence du biais prospectif dans le contenu du MW, elle a surtout mis en évidence le rôle potentiel du contenu orienté vers le passé du MW sur la MP. En effet, malgré une faible proportion, les pensées spontanées vers le passé ont suffi à prédire la réussite à la tâche de MP. Pour tenter d'expliquer ce résultat, nous faisons l'hypothèse que des épisodes de MW, intervenant pendant l'intervalle de rétention des intentions prospectives, pourrait contribuer à améliorer la consolidation des intentions préalablement encodées. En réactivant à plusieurs reprises les intentions en suspens, le MW orienté vers le passé entraînerait un ré-encodage du souvenir de ces intentions (Mills et al., 2018). Cependant, la méthodologie employée dans cette étude ne permet pas d'étayer cette hypothèse, notamment car les phases de MW et de MP étaient distinctes, que les observations ne reposaient que sur un seul type de tâche de MP (*time-based*) et qu'aucune distinction n'a pu être faite entre la composante rétrospective et la composante prospective de l'intention. Cette hypothèse sera testée dans l'**Étude 3**.

Des analyses complémentaires ont permis d'établir des liens entre *mindfulness*, MW et MP. En effet, parmi les 226 sujets de l'étude, 86 avaient une pratique régulière de la *mindfulness* (2,7h/semaine en moyenne depuis moins d'un an) et 64 d'entre eux ont été considérés comme

---

experts, leur nombre d'année de pratique étant supérieur à 1 an et pouvant aller jusqu'à 11 ans (3,9 ans en moyenne et 3,4h/semaine), les autres (26) sont considérés comme novices.

Tout d'abord, trois régressions multiples *backward* ont été menées, dans lesquelles les niveaux de méditation (non méditant, novice et expert) ont été entrés comme prédicteur catégoriel et chacune des fréquences liées aux différentes orientations de l'attention (Focus, MW et Externe) comme variable dépendante. Il en ressort que le niveau d'expertise en méditation prédit significativement une moindre fréquence de MW,  $t(225) = -2.552$ ,  $p = 0.011$ , 95 % IC [-0.111 ; -0.14],  $\beta = -0.161$ . Aucun lien significatif n'a été observé concernant les autres orientations de l'attention (Focus, Externe). Le modèle global est significatif,  $F(1,225) = 6.511$ ,  $p = 0.011$ ,  $R^2 = 0.028$ .

Aucune différence n'a ensuite été observée entre les groupes sur les différents ratio de MP (correct, incorrect et omission) à l'aide d'une ANOVA à mesures répétées,  $F(2,223) = 1.37^{12}$ ,  $p = 1.000$ ,  $\eta^2_p = 1.227^{14}$ . Si nous pouvions nous attendre à un effet de la méditation sur la MP, ce résultat peut néanmoins s'expliquer par un faible niveau de contrôle méthodologique concernant la variable médiation. En particulier, l'absence d'effet peut être due à des niveaux de pratique très hétérogène dans notre groupe expert. En effet, ce groupe est à la fois composé de pratiquant n'ayant qu'une année d'expérience, et au sein de laquelle la régularité de pratique a pu être très variable, et des pratiquant ayant une dizaine d'année d'expérience, là-aussi avec une régularité et une expérience (retraite, mode de vie, etc...) potentiellement différentes. Compte tenu de ces nombreuses hétérogénéités, nous nous sommes donc intéressés à voir si, en plus du nombre d'année de pratique, le nombre d'heures de pratique par semaine prédisait les performances en MP. Une régression multiple avec le nombre d'heure et le nombre d'année de pratique par semaine comme prédicteur continu et le ratio de bonnes réponses en MP comme variable dépendante, a permis de montrer que la pratique régulière et intensive (Expert) prédisait le ratio de bonne réponse en MP,  $t(225) = 2.620$ ,  $p = 0.009$ , 95 % IC [0.041 ; 0.293],  $\beta = 0.258$ . Plus encore, quel que soit le nombre d'année de pratique, le nombre d'heure par semaine prédirait davantage le ratio de bonne réponse en MP,  $t(225) = 3.473$ ,  $p < 0.001$ , 95 % IC [0.025 ; 0.090],  $\beta = 0.343$ .

Enfin, nous avons également observé une corrélation entre l'expertise et les mesures auto-rapportées de l'aptitude de métamémoire,  $r = 0.21$ ,  $p = 0.003$ . Or, cette variable aptitude prédit les performances en MP,  $t(136) = 2.099$ ,  $p = 0.038$ , 95% CI [5.295-4; 0.018],  $\beta = 0.172$ . Ainsi, cela pourrait vouloir dire que, parmi les méditants, plus le niveau d'expertise est élevé,

---

plus ils pensent avoir de meilleures aptitudes de métamémoire et plus ils ont de meilleures performances en MP.

Dans les autres recherches, nous tentons d'explorer l'impact d'une induction de MW, juste après l'encodage des intentions prospectives, sur les performances de MP. D'une part, la manipulation de la difficulté d'une tâche attentionnelle peut permettre d'induire des épisodes de MW ou, au contraire, d'en réduire la proportion (Blondé, Sperduti, et al., 2022). Afin de mesurer l'effet direct du MW sur le rappel des intentions, lorsque celui-ci intervient au cours de l'intervalle de rétention, des indices prospectifs encodés avant et après l'induction de MW serviront pour vérifier son réel impact. D'autre part, en ce qui concerne la tâche de MP, nous souhaitons mesurer les effets différenciés du MW selon le type de tâche de MP (*event-based lié*, *event-based non lié* et *time-based*) et la composante de l'indice (rétrospective et prospective). Pour marier contrôle expérimental et validité écologique, nous pensons que l'emploi d'une tâche de MP en RV est tout à fait pertinent. En simulant la complexité des activités de la vie quotidienne, tout en maintenant la rigueur expérimentale, la RV offre la possibilité d'obtenir une mesure à la fois sensible, complète et spécifique du fonctionnement de la MP et de ses différentes composantes. Enfin, d'autre part, au regard des résultats complémentaires relatifs à la *mindfulness*, il serait intéressant, dans des études futures, de reprendre la perspective protocole susmentionnée, en comparant des groupes d'experts méditants, de novices et de non méditants, et en contrôlant le nombre d'heure hebdomadaire de pratiquer. Nous pourrions également envisager d'entraîner plusieurs groupes de non méditant, en manipulant le nombre d'heure de pratique. Enfin, les liens entre *mindfulness*, MW, méta-mémoire et MP pourrait être explorés plus minutieusement.



---

### Points-clés du Chapitre 6

- Le MW est un phénomène quotidien très fréquent (39%), d'origine majoritairement **spontané**. Cependant, les pensées dirigées vers un but (intentions prospectives) sont davantage **volontaires**.
- **Biais prospectif** important dans le **MW**, soutenant l'hypothèse d'un **système de mémoire** fortement **engagé vers le futur**, cependant il ne prédit pas les scores de **MP**.
- Le **MW orienté vers le passé** prédit les performances en **MP** (*event-based liés*) et met en évidence le rôle potentiel du **MW** sur la **reconsolidation** en mémoire épisodique.
- L'utilisation d'autres **méthodes** (ESM) de mesure du **MW** et de la **MP** s'avère pertinente pour l'étude et la compréhension de la mémoire prospective **en dehors du laboratoire**, dans la vie quotidienne.
- L'expertise en méditation prédit une plus faible fréquence d'occurrence des épisodes de **MW** et pourrait être liée à la **MP** *via* le niveau d'aptitude individuel en **métamémoire**. Plus encore que le niveau d'expertise, le nombre d'heure hebdomadaire de pratique prédit les performances de MP.

Étude du rôle causal du *mind wandering* sur  
la mémoire prospective en réalité virtuelle  
immersive

---

## 7.1. Étude 3: Introduction

Dans la présente étude, nous reprenons les conclusions de l'Étude 1 et de l'Étude 2, et tentons de mettre en évidence le rôle causal du MW, et plus précisément l'influence différenciée du contenu et de l'origine du MW sur la MP. Pour la mesure du MW, nous avons élaboré un protocole nous permettant de manipuler le taux de MW durant la phase de rétention des intentions prospectives, *via* la manipulation de la charge cognitive d'une tâche de laboratoire. Pour la mesure de MP, nous avons conçu et développé un environnement virtuel innovant et écologique, contenant une série d'activités cognitivement engageantes, sensibles et proches des situations de la vie quotidienne.

Sur plan théorique, puisque nous n'avons pas mis en évidence de lien entre les contenus prospectifs du MW et la MP, mais au contraire avec les contenus rétrospectifs du MW, nous souhaitons prioritairement réexaminer ce résultat à travers les 4 objectifs suivant :

1. En augmentant le contrôle expérimental de l'incidence du MW entre l'encodage et la réalisation des intentions prospectives
2. En gardant une approche écologique cependant mieux contrôlée et plus proche de la complexité de la vie quotidienne
3. En testant différents types de MP (*event-based lié-non lié* et *time-based*) et en distinguant les deux composantes de la MP (rétrospective et prospective)
4. Et en distinguant les deux composantes de la MP (rétrospective et prospective), afin de mieux examiner l'hypothèse de (re)consolidation des intentions

Sur plan méthodologique, outre la création d'une tâche permettant de manipuler la proportion de MW chez les participants, nous avons longuement travaillé à la conception d'un nouveau test de mémoire prospective en RV, visant à allier une écologie unique à un solide contrôle expérimental. Spécialement créé pour simuler la multitude de situations complexes que nous rencontrons dans notre vie quotidienne, les participants ont pu ainsi interagir avec des avatars, recevoir des SMS sur smartphone virtuel, mettre à jour leurs intentions prospectives préalablement encodées et en encoder d'autres *on-line*. Ça, c'est pour l'écologie. Pour le contrôle expérimental, cette tâche prospective se distingue notamment par ses deux tâches concurrentes, de niveau différent. Une tâche de MP en situation réelle ou en laboratoire étant, par définition, une double (voire triple tâche pour les conditions externe au laboratoire),

---

nous avons souhaité nous rapprocher le plus possible d'une expérience de la vie quotidienne, en combinant une tâche visuo-spatiale de navigation et une tâche audito-verbale.

Cet Étude 3 vise conjointement à répondre à l'**Axe 1 & 2** de cette thèse, explorant l'effet du MW sur la MP, en RV. Les liens avec la métamémoire sont également examinés à l'aide du *Metacognitive Prospective Memory Inventory* (MPMI\_S ; Rummel et al., 2019) et de trois questions de métamémoire (jugement), posées avant et après l'encodage, puis *a posteriori* après la tâche MP. Ces mesures objectives et subjectives sont davantage utilisées comme mesures de contrôle méthodologique, compte tenu des preuves empiriques les concernant envers la MP, plus que pour soutenir des hypothèses théoriques précises.

---

## Résumé de l'Article 3

L'objectif de cette recherche est d'étudier le rôle causal du MW sur la MP, notamment lorsque celui-ci intervient au cours de la phase de rétention des intentions prospectives. Plus précisément, nous souhaitons confirmer et explorer de manière plus approfondie l'influence du contenu rétrospectif du MW sur la réalisation des intentions prospectives.

Pour cela, nous avons tout d'abord confronté des individus à une tâche d'encodage d'intentions de MP, puis à une autre tâche permettant de manipuler la prévalence du MW, durant le délai de rétention des intentions, et enfin à une tâche de MP. Afin de proposer une tâche écologique, nous avons opté pour une tâche en RV hautement immersive, simulant des activités de la vie quotidienne, mais aussi contrôlable que dans un cadre expérimental strict. Nous avons appliqué les critères standard pour une tâche de MP déjà présents dans la littérature : encodage des actions prospectives, exécution d'une tâche concurrente complexe, réalisation d'actions *time-based* et *event-based* (liées ou non sémantiquement).

Nous mettons en évidence pour la première fois un impact différentiel du MW sur la MP en fonction de ses composantes rétrospectives et prospectives, le MW spontanée orientée vers le passé étant cruciale pour (re)consolider le contenu des intentions de MP et le MW spontanée orientée vers les pensées futures épisodiques impliqué dans l'exécution des intentions de MP. Nous discutons du double rôle fonctionnel du MW, à savoir l'anticipation et la projection dans le futur, ainsi que la consolidation des intentions déjà programmées.

---

## 7.2. Étude 3: Back to the future: the time travel of prospective memory intentions when the mind wanders

- **Girardeau, J. C.**, Ledru, R., Gaston-Bellegarde, A., Blondé, P., Sperduti, M. & Piolino, P. (2022). Back to the future: the time travel of prospective memory intentions when the mind wanders. *Consciousness and Cognition*, xxxxx.

# Back to the future: the time travel of prospective memory intentions when the mind wanders

Girardeau J.C.<sup>1\*</sup>, Ledru R.<sup>1</sup>, Gaston-Bellegarde A.<sup>1</sup>, Blondé P.<sup>1,2</sup>, Sperduti M.<sup>1†</sup>, Piolino P.<sup>1†\*</sup>

---

<sup>1</sup> Université Paris Cité, Laboratoire Mémoire, Cerveau & Cognition, F-92100 Boulogne-Billancourt, France

<sup>2</sup> Human Behavior Laboratory, University of Iceland, Reykjavik, Iceland

<sup>†</sup> Sharing last co-authorship

\*Corresponding authors:

Jean-Charles Girardeau

Pascale Piolino

Laboratoire Mémoire, Cerveau & Cognition (LMC<sup>2</sup> UR 7536)

Institut de Psychologie

Université Paris Cité

71 Ave Édouard Vaillant, 92100 Boulogne-Billancourt

[jean-charles.girardeau@u-paris.fr](mailto:jean-charles.girardeau@u-paris.fr)

[pascale.piolino@u-paris.fr](mailto:pascale.piolino@u-paris.fr)

27

28

29

## Abstract

30

31 Mind wandering (MW) occurs when our attention spontaneously shifts from the task at hand to inner  
32 thoughts. MW is often future-oriented and may help people remember to carry out their planned actions  
33 (Prospective Memory, PM). Past-oriented MW might also play a critical role in boosting PM performance.  
34 Sixty participants learned 24 PM items and recalled them during an immersive virtual walk in a town. The  
35 items were divided into event-based– EB and time-based – TB. During the PM retention phase,  
36 participants were randomly assigned to a high or a low cognitive load condition, in order to manipulate  
37 MW frequency. Some PM items were encoded before this MW manipulation (pre-PM) and some during  
38 the virtual walk (post-PM). A high MW frequency was linked with better global PM performances.  
39 Spontaneous past-oriented MW predicted better pre-EB retrospective PM retrieval, while spontaneous  
40 future-oriented MW predicted better Pre-EB prospective PM retrieval. Voluntary future-oriented MW  
41 predicted better post-EB retrospective retrieval. We highlighted, for the first time, a differential impact  
42 of spontaneous MW content depending on the PM component (retrospective or prospective). Past-  
43 oriented MW is crucial for (re)consolidating PM intentions, and episodic future thinking MW for the  
44 execution of PM intentions. We discuss the twofold functional role of MW, namely, to consolidate an  
45 already programmed intention and to plan future actions.

46

47 **Key-words:** Prospective Memory, Mind Wandering, Virtual Reality, Consolidation, Episodic Future  
48 Thinking, Episodic Memory

49

50



51

52 **1. Introduction**

53 Have you ever been in the situation where, during a conference talk, you realize that you  
54 cannot remember a word the keynote speaker said because you were thinking about your personal  
55 issues? This fundamentally human mental state that arises from our inner stream of consciousness is  
56 called mind wandering (MW) and occurs when your mind stops being in the present moment.  
57 Generally, MW reflects the disengagement of attentional focus from the environment toward self-  
58 generated thoughts unrelated to the activity at hand <sup>1-3</sup>. This cognitive state has received, in the last  
59 decade, great scientific interest as MW is a prominent phenomenon, occupying between 30 % and  
60 50 % of our waking mental activity <sup>2-7</sup>.

61 Contrary to what this description of MW suggests, its operationalization and theoretical  
62 definition are the subject of lively debate <sup>4-6</sup>. Some authors argue that MW is above all characterized  
63 by its dynamical and unconstrained evolution <sup>7</sup>, while others consider that its definition rests mainly  
64 on its content, which can be: task-unrelated <sup>8</sup> or stimulus-independent thoughts <sup>9</sup>. Some authors even  
65 propose a distinction between spontaneous and voluntary MW<sup>3</sup>, the former corresponding to an  
66 involuntary switch from a task-related focus to a task-unrelated one, while the latter is a conscious  
67 choice to stop paying attention to the task at hand. Given that there is no consensus on a single  
68 operational definition to date, Seli et al. (2018) proposed to consider this concept from the  
69 perspective of a “Family Resemblance View”, in which the different existing definitions of MW are  
70 seen as different complementary aspects of the phenomenon<sup>9-10</sup>. Its attributes may be shared by  
71 different definitions, or be specific to some, with the most widely used attributes characterizing the  
72 most prototypical definition of MW.

73 So far, MW has been mainly associated with major cognitive disagreements <sup>3,10-13</sup>. The overall  
74 consensus is that it has a broadly negative impact, hindering focused attention <sup>14,15</sup>, working memory  
75 capacity <sup>16,17</sup> and episodic memory encoding<sup>4</sup> to name a few effects. However, it would be surprising  
76 if such a prevalent phenomenon served no purpose. A series of studies has opened a new avenue of  
77 interest regarding its functional role <sup>13</sup>. As previously mentioned, the initiation of an MW episode can be  
78 triggered in two different ways: spontaneously or voluntarily. Spontaneous MW is associated with certain  
79 measures of mindfulness such as a greater tendency to perform actions without being aware of them <sup>18</sup>.  
80 In contrast to involuntary MW, intentional episodes of MW are strongly associated with planning and  
81 awareness of the initiation of the episode of MW, resulting in a meta-cognitive awareness of its

82 occurrence<sup>15</sup>. The voluntary shift in attentional focus and redirection of these resources to internal  
83 thought processing that deliberate MW is believed to induce<sup>9,26,27</sup> could therefore be likely to strengthen  
84 the processes of anticipating, developing and planning goals associated with individuals' current  
85 preoccupations<sup>19-21</sup>. The internal stimuli on which attention is focused during an MW instance are not  
86 necessarily decontextualized thoughts (general reflections, internal questioning, etc.). On the contrary,  
87 they can be temporal, whether they are about the past, the present or the future. In other words, mind  
88 wandering can frequently coincide with instances of mental time travel. A general finding from a growing  
89 number of studies has acknowledged the existence of a "prospective bias" in MW content<sup>7,27,31</sup>. That is,  
90 off-task thoughts are more frequently categorized as being about the near future (today - tomorrow) and  
91 goal-directed. These data suggest that when people think about the future in their daily lives, they  
92 frequently think about their upcoming planned actions<sup>22,23</sup>. The idea that mind wandering may serve the  
93 pursuit of our prospective goals has been discussed for a long time<sup>26, 32,33</sup>. Stawarczyk et al.<sup>24</sup> already  
94 pointed to the role of inner speech in the mental representation of prospective intentions in order to  
95 better plan their formulation<sup>25-27</sup>, particularly through the internal enunciation of the future action. A  
96 recent review confirmed that future-oriented thoughts are mainly spontaneous, focused on the near  
97 future and concerned with concrete goals (i.e. planned intentions) rather than hypothetical  
98 projections (i.e. episodic future thinking)<sup>41</sup>. Nevertheless, even if the temporal orientation of wandering  
99 thoughts has been repeatedly shown to be primarily focused on the future, either in the context of  
100 planning actions to be performed or projecting into hypothetical situations<sup>43,44,45,46</sup>, some observations do  
101 not highlight such a bias and emphasize that a large part of mind wandering is dedicated to the recall of  
102 past events<sup>28</sup>. Although the literature on the impact of mind wandering on the consolidation of new  
103 information is still underdeveloped, several studies have already investigated how past-oriented MW  
104 content is associated with the (re)consolidation of older memories, mainly via mental imagery that allows  
105 the refreshing of previous experiences<sup>28-30</sup>. Thus, mental imagery may contribute to binding all the  
106 context surrounding the realization, at the appropriate moment, of the prospective action, via the mental  
107 projection of the realization of the intention and the visual retrieval of the encoding source. MW could  
108 therefore promote consolidation in episodic memory via the implementation of re-encoding and be, in  
109 the long term, beneficial for information already present in episodic memory. Since the representations  
110 of unfulfilled intentions are more accessible to memory retrieval<sup>31-35</sup>, the number of MW episodes  
111 associated with the retrospective content of a upcoming task may increase during the delay interval or  
112 the retention phase of a prospective memory task<sup>25,36-38</sup>. Thus, the reactivation of intention throughout  
113 an MW episode could allow its re-encoding, which would strengthen the intention's representation,  
114 leading to a better intention retrieval. MW could thus have the potential role of disengaging cognitive  
115 resources from the here-and-now in order to plan or execute previously planned actions, a milestone of

116 what is known as prospective memory. This question remains open and, while a period of rest has been  
117 repeatedly shown to consolidate information encoding<sup>58</sup>, whether this effect can be linked to MW has  
118 been little studied. More broadly, and with respect to our study, there are even fewer studies that have  
119 directly tested the relationship between the propensity to MW and PM.

120 Prospective memory (PM) refers to the ability to remember to execute previously formulated  
121 intentions, after a variable interval occupied by an ongoing activity<sup>39-41</sup>. Unlike retrospective memory,  
122 on which PM in part relies, PM does not simply store memories or knowledge *per se*, but rather the  
123 intention to perform an action at the appropriate time (*time-based*) or in the appropriate context (*event-*  
124 *based*). This means that the information stored in PM is twofold, including the intention (e.g., I have  
125 to buy bread) and the moment when it must be executed (e.g., when coming home from work). Thus,  
126 PM comprises two components: the prospective component corresponds to the planning of the intention  
127 (e.g., the time and the context related to the recall of the action, the WHEN and WHERE); the  
128 retrospective component refers to the content of the intention, to the precise action that has to be carried  
129 out (the WHAT). Once encoded, according to Ellis and Kvavilashvili<sup>42</sup>, the PM intention is then  
130 stored in retrospective memory and is no longer activated in working memory<sup>43,44</sup>. To sum up, from  
131 planning to the execution of an intention, the whole PM process is underpinned by various cognitive  
132 functions and requires attentional and executive resources<sup>44-50</sup>. Beyond the essential aspect of a good  
133 functioning of executive and attentional functions for an efficient PM, what happens during the retention  
134 delay remains rather understudied. Between the establishment of an intention (e.g., I have to buy bread)  
135 and the moment at which it must be executed (e.g., when coming home from work), the intention is  
136 backgrounded for a variable length of time. During this period, ongoing activities may capture the  
137 person's attention and interfere with the detection of the PM cues<sup>41,44,51</sup>. On the contrary, some activities  
138 intervening during this period could potentially favour both the retrospective and prospective  
139 components of PM. Thus, when the mind momentarily wanders, the train of thought could offer a unique  
140 opportunity for a latent PM goal, according to attentional demand, to become active in the mind and to  
141 be consolidated or accomplished<sup>52</sup>.

142 To our knowledge, few studies have directly investigated the links between MW and PM<sup>23,53,54</sup>.  
143 Using voluntary MW as a control condition compared to a mindfulness meditation exercise, one of our  
144 previous studies<sup>50</sup> reported no difference between these two supposedly opposed cognitive states (i.e.,  
145 mindfulness and mind wandering) on PM, the former being assumed to have a positive impact on PM  
146 performance. However, results showed that the two inductions subjectively had a differential effect on  
147 the participants' cognitive state. It was speculated that MW could have a similar beneficial effect on PM  
148 performance via a transient increase in PM monitoring. Another possible explanation is that the

149 prospective bias of MW could have boosted PM performances. Nevertheless, and contrary to this  
150 theoretical proposal, we reported in an experience sampling study<sup>23</sup> did not report an association between  
151 the propensity to future-oriented MW and PM performance<sup>7</sup>. Surprisingly, a link was observed instead  
152 between past-oriented thoughts and the execution of a prospective intention. These results seem to be  
153 consistent with a functional role of past-oriented MW, as it may serve to consolidate an already  
154 programmed intention. This might make sense if one considers that if the MW occurs during the PM  
155 retention period, this would be a potential opportunity to consolidate a prospective intention. However,  
156 due to the methodology employed in this naturalistic study, in which MW and PM were assessed  
157 separately, we were unable to test this hypothesis directly. This interpretation therefore remains largely  
158 speculative. The aim of the present study was to test this hypothesis in a more controlled laboratory-  
159 based paradigm, specifically manipulating MW during the PM retention phase. From a theoretical point  
160 of view, it has been proposed that MW engages executive resources, and thus that manipulating on-going  
161 task-demand should affect the rate of MW (e.g., the higher the task-demand, the lower the resources  
162 available for MW)<sup>12,55</sup>. This prediction has been confirmed by numerous studies showing that more  
163 difficult tasks, irrespective of their nature (e.g., visual processing, reading, driving<sup>56-60</sup>), were accompanied  
164 by lower rates of MW, compared to easier ones. We capitalized on these findings to manipulate the MW  
165 rate by varying the difficulty of a working memory task during the retention interval.

166 The objective of this study was to investigate the causal link between MW and PM. More  
167 specifically, we tested the differentiated impact of MW temporal orientation (past or future) during the  
168 retention interval on PM performances, in an ecological setting. We wanted to replicate our previous  
169 findings concerning the predictive role of past-oriented thoughts on PM performances<sup>23</sup>, by increasing  
170 experimental control of the MW frequency during the PM retention phase<sup>61</sup>. If this effect is indeed based  
171 on the consolidation process, this should be true only for those PM intentions encoded before MW  
172 induction, but not for those newly encoded during the PM task. Therefore, in this study, some  
173 prospective intentions were encoded before the encoding phase while others were proposed “on-line”,  
174 during the PM task.

175 We chose to use virtual reality (VR) as an optimal compromise between traditional laboratory  
176 PM tasks and real life-based approaches, which have given rise to heterogeneous results. The former lack  
177 ecological validity, while the latter are particularly far from the situations encountered in daily life<sup>62</sup>. Faced  
178 with these issues, VR has emerged as a promising solution for evaluating PM<sup>63-65</sup>. However, there are  
179 different levels of immersion and realism of interaction with the environment in VR tasks. While  
180 immersion and sense of presence are considered along a spectrum, VR systems are frequently divided  
181 into non-immersive and immersive systems. Non-immersive VR refers to virtual environments projected

182 onto two-dimensional displays (i.e., hardware) such as computer screens, laptops, tablets, and mobile  
183 devices<sup>66-68</sup>, whereas immersive VR refers to virtual environments projected onto devices such as head-  
184 mounted displays (HMDs) and CAVE systems<sup>66-69</sup>. Non-immersive VR provides a less ecologically valid  
185 testing environment than immersive VR tests<sup>70-73</sup>. An immersive VR research paradigm provides the  
186 most efficient approach to assess PM in naturalistic and interactive conditions promoting a sense of  
187 presence<sup>74,75</sup>. By placing subjects in a multitude of daily life situations for which they can recall a wide  
188 variety of intentions, it simulates the complexity of the activities of daily life while maintaining  
189 experimental rigor, to obtain a measurement that is both sensitive, complete and specific to the  
190 functioning of the PM and its various components.

## 191 **2. Materials and Methods**

### 192 *2.1. Participants*

193 This study was conducted on 60 participants (mean age:  $22.08 \pm 4.76$  years). Participants were  
194 recruited either through Université Paris Cité intranet or through RISC (Relay of information on the  
195 sciences of cognition). For Université Paris Cité students, participants received credits to validate a course  
196 on research methodology. On the RISC platform, voluntary participation in the experiment was  
197 compensated by a 10-euro voucher. To be eligible for the study, subjects should: 1) be between 18 and  
198 35 years old, 2) be a French speaker, 3) have normal or corrected vision, 4) not have sensorimotor deficits  
199 incompatible with virtual reality navigation, 5) not have a history of neurological or psychiatric disorders,  
200 6) not be taking medication that could affect cognitive functioning, 7) not be easily prone to motion  
201 sickness, 8) not be at risk of developing a severe form of Covid-19 disease, 10) not be a regular/expert  
202 meditation practitioner. In virtual reality (VR), participants may be subject to nausea related to navigation  
203 in a VR environment. This phenomenon, called cybersickness, is more pronounced in individuals prone  
204 to motion sickness. This exclusion criterion therefore allowed us to exclude participants who could suffer  
205 from this illness during the experiment and thus to reduce the dropout rate of the subjects in the study.  
206 The last exclusion criterion concerning the practice of meditation is also important as people who are  
207 qualified as "experts" in meditation (i.e. several hours per week for several years), will tend to limit their  
208 flow of wandering thoughts more, which could constitute a bias in our study<sup>76,77</sup>.

209 Each participant was randomly assigned to one of the following two groups: Low Cognitive Load  
210 ( $N=30$ , 24 females and 6 males, mean age =  $20.96 \pm 3.5$  years) and High Cognitive Load ( $N=30$ , 27  
211 females and 3 males, mean age =  $22.76 \pm 5.23$ ) according to a between-subject design. The cognitive  
212 load was manipulated in order to induce more (Low Cognitive Load) or less (High Cognitive Load) MW  
213 frequency<sup>71</sup>. The "low cognitive load" group will be referred to as the EASY group for the rest of the  
214 study, while the "high cognitive load" group will be referred to as the HARD group.

215 Subjects were matched on demographic (age,  $t(58) = -1.57, p=0.12$  ; academic level,  $t(58) = -$   
216  $1.57, p=0.12$ ), anxiety and depression (PHQ-4<sup>89</sup>,  $t(58) = 0.316, p=0.75$ ; anxiety,  $t(58) = 1.81, p=0.75$  and  
217 depression;  $t(58) = 0.32, p=0.75$ ), executive function abilities such as inhibition (Stroop – Stroop, 1935;  
218  $t(58) = 1.7, p=0.09$ ), flexibility (Switch<sup>91</sup>;  $t(58) = 1.51, p=0.136$ ), updating in working memory (SimAct<sup>91</sup>;  
219  $t(58) = -0.127, p=0.9$ ) and metamemory aptitude (MPMI-s<sup>80</sup>;  $t(58) = -0.445, p=0.658$ ). They were also  
220 matched on mind wandering trait (MWQ<sup>23</sup>;  $t(58) = 1.73, p=0.09$ ). Descriptive statistics are reported in  
221 Supplementary Materials (Table 2).

## 222 2.2. Materials

223 The computer equipment for the tests and questionnaires, as well as for the MW task, consisted  
224 of a Dell monitor with a resolution of 1920 x 1200 pixels, a keyboard and a mouse. The set of cognitive  
225 questionnaires and tests, as well as the MW task was programmed in Python 3.6, using the open-source  
226 module Neuropsychia 1.0.5<sup>81</sup>.

227 The VR equipment used for immersion and interaction in the virtual environment was the HTC  
228 Vive PRO set. It was composed of a VR headset with integrated headphones, two controllers, present  
229 on both sides of the headset on the image, as well as two spatial sensors in the background. Placed in  
230 two opposite corners in the VR room, the sensors make it possible to locate at any time the helmet and  
231 the controllers in space to allow navigation. The STEAMVR™ software can play any VR game especially  
232 with the HTV Vive Pro headset used here. The VR environment used for the experiment was entirely  
233 designed using UNITY v2021.1.20 software.

234 The virtual environment (VE), developed at the MC<sup>2</sup>Lab (e.g., <https://osf.io/x3m5z>), consisted  
235 of a large city resembling Paris, with roads, cars, sidewalks with passers-by and animated scenes with  
236 avatars as well as buildings, stores, gas stations, parks, and famous places such as the Eiffel Tower and  
237 the arch of La Défense (**Figure 1**). A soundtrack reproduces ambient city noise (horns, conversations of  
238 passers-by, etc.) and the interaction of the subject in VR is also represented in the VE in real time  
239 (appearance of verbal instructions, audio tapes, ...). An environment specific to the training phase  
240 (presented next) was also created. It was similar to the city of the main task, but differed slightly in terms  
241 of the buildings encountered, the shops, monuments, etc.



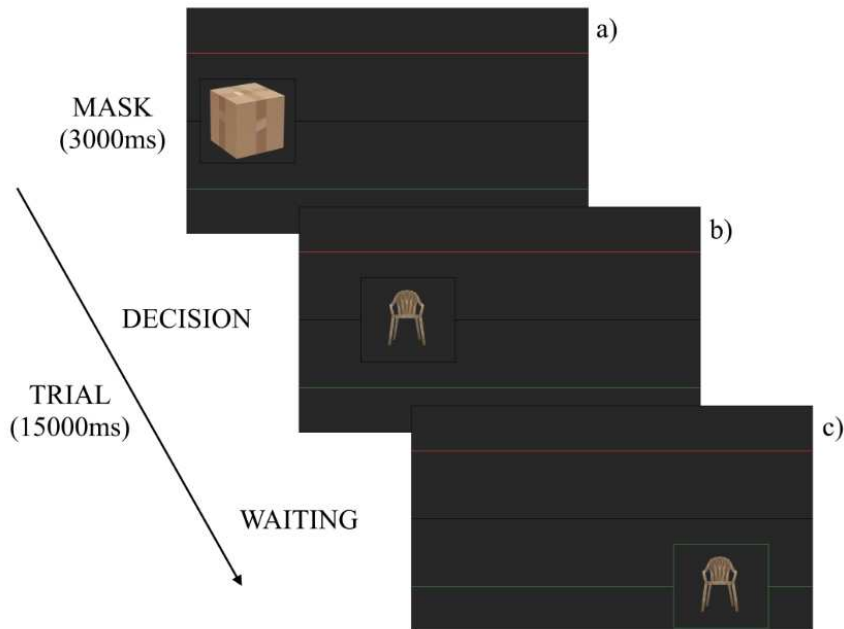
Figure 1: Aerial view of the virtual city

242  
243

### 244 2.3. Mind wandering manipulation and assessment

245 The MW manipulation was the same as that used in our previous study<sup>71</sup>. The task included two  
 246 blocks (Easy & Hard), each participant being randomly assigned to one of them. Each block was  
 247 composed of 48 trials presented in a random order. In each block, one item (the image of a common  
 248 object such as a tool, a piece of furniture, or food) was presented on-screen. Of these 48 trials, 42  
 249 presented different items (lures), while the remaining six presented six previously seen items (target)  
 250 which were randomly selected for each participant. The items moved slowly (at a speed of about 3.5  
 251 cm/s) from left to right along a black line in the centre of the screen, as if they were moving along a  
 252 factory line (**Figure 2**). To reinforce this impression – and to serve as a mask – the image was not visible  
 253 at first, hidden by the image of a cardboard box, until it reached the first tier of the line (after about 3s),  
 254 at which point the box disappeared and revealed the item. This was done to avoid the participant  
 255 processing the item before it was fully visible on the screen. Two parallel lines were also present on the  
 256 screen: a red and a green one, respectively above and below the central line. Both were equidistant from  
 257 the black line ( $7.5^\circ$  of visual angle, at a distance of 60cm). Participants were informed that they had to  
 258 perform a classification task on the objects and were told that the task was like “being a factory worker  
 259 processing items on a line”. More precisely, they had to perform an adaptation of the n-back task, where  
 260 they had to compare the image presented on the screen to the previous image (1-back, low working  
 261 memory load condition, EASY) or the image presented three trials before (3-back, high working memory  
 262 load condition, HARD). If the two images matched, participants had to move the item, as quickly as  
 263 possible, up to the red line, with the up key. If not, the image had to be moved down to the green line,

264 with the down key. After the participant's response, the images stayed on-screen until the end of the trial  
 265 (for a total of about 15s). Participants were also informed that, from time to time, a thought probe would  
 266 appear on the screen and temporarily stop the task.



**Figure 2.** Schematic representation of a trial. The item drifted slowly from left to right along the black line, first masked as a cardboard box for the first 3s of the trial **(a)**. Then, when it appeared, the participant had to redirect it to one of the colored lines **(b)**. Afterward, the item could not be moved until the end of the trial, for a total duration of 15s **(c)**.

282 In each condition, twelve probes were randomly presented. Each probe was made up of a  
 283 sequence of several questions. The questions asked were progressive and conditional to the answers to  
 284 the previous questions (Table 1). In the first question, participants had to indicate the object of their  
 285 attention: “I’m totally focused on the task” (*Focus*), “I’m totally focused on my thoughts” (*Mind*  
 286 *wandering*) or “I was distracted by an external event” (*External*). Questions related to the MW response  
 287 assessed both the type of MW (*Episodic Past Thinking (EPT)*, *Episodic Future Thinking (EFT)*, *Planning*,  
 288 *Imaginary or Other*) and the source of MW (*Spontaneous* or *Voluntary*). Probes were dispatched pseudo  
 289 randomly, every two to four trials (30-60s) and stayed on-screen until the participant's response. Both  
 290 conditions lasted for about 15m.

291

292

293

294

295

296

297



<i>Q1 – Indicate the object of your attention</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- <i>I am totally focused on the task at hand</i> – <b>Focus</b></li> <li>- <i>I am totally focused on my thoughts</i> – <b>Mind wandering (MW)</b></li> <li>- <i>I was distracted by an external event (noise, visual, sensation, etc...)</i> – <b>External</b></li> </ul>
<b>Focus questions</b>	
<i>Q2 – Did this require an effort? conditioned on the answer “Focus” to Q1</i>	Yes, No
<i>Q3 – Do you think you can maintain your focus over time? conditioned on the answer “Yes” to Q2</i>	Yes, No
<b>MW questions</b>	
<i>Q4 – Was it voluntary? conditioned on the answer “MW” to Q1</i>	Yes, No
<i>Q5 – What exactly were you thinking about? conditioned on the answer “Yes” to Q4</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- <i>I was thinking of a past event (last holiday, evening with friends, exam or meeting, etc.)</i> – <b>Episodic Past Thinking – EPT</b></li> <li>- <i>I was thinking about the future (next holiday, life goals, etc.)</i> – <b>Episodic Future Thinking – EFT</b></li> <li>- <i>I was thinking about something specific I need to remember to do in the future (appointment, mail, shopping, etc.)</i> – <b>Planning</b></li> <li>- <i>I was thinking of an imaginary situation (fictive, unreal)</i> – <b>Imagination</b></li> <li>- <i>I wasn't thinking about anything in particular, nor was I focused on the current task</i> – <b>Other</b></li> </ul>
<b>External questions</b>	
<i>Q6 – Was it voluntary? conditioned on the answer “External” to Q1</i>	Yes, No
<i>Q4 – Was your attention focused on this object? conditioned on the answer “Yes” to Q6</i>	Yes, No

298 **Table 1.** Mind wandering probes: Questions and their responses

299 2.4. Prospective memory assessment

300 **Encoding**

301 Using a slide show broadcast on a computer screen, participants were invited to memorize a list  
 302 of 15 items, consisting of associations between a cue (a picture) and an action (a sentence), presented in  
 303 a different order from that in which they will be recalled. The items were divided into 3 categories (5  
 304 items per category): *event-based* semantically linked – EBL (e.g., “At the florist’s, buy a plant”); *event-based*  
 305 semantically non-linked – EBN (e.g., “At the gas station, buy ice-cubes”) and *time-based* – TB (e.g., “At  
 306 5min, drink some water”). Participants had to read aloud the content of the slide presented to them, i.e.,  
 307 a sentence linking the cue to the action (example: “At the market, buy vegetables”). Participants had as  
 308 much time as they wanted to memorize it. Once they had moved on to the next slide, they could not go  
 309 back. At the end of the 15 items of the list, a cued recall was carried out. For each of the 15 items,

310 participants were shown the spatio-temporal cue, and they had to recall the associated action. If they  
311 failed to recall the entire list, they could repeat learning for up to three tries. Each error was reported on  
312 a rating sheet.

313 Nine extra PM items (3 EBL, 3 EBN and 3 TB) were also presented during the virtual city  
314 navigation, through interactions with other avatars or reception of virtual SMS.

### 315 *Virtual environment training*

316 The workout was progressive and divided into five sequences. The objective was to teach the  
317 subject, in a sequential way, to carry out all four missions constituting the PM task. The final stage of  
318 training brought all the missions together, at the same time. Instruction panels were displayed on the path  
319 taken by the avatar to provide the necessary indications as they went along. Oral assistance from the  
320 experimenter was sometimes necessary to provide clarification on these instructions. During the first  
321 sequence, participants learned to use the controllers to move around the city. They could move using a  
322 touchpad on the right joystick. The avatar, in the virtual city, followed the real rotational movement of  
323 the participant's body. The participant had also a list of places to reach that he could display in front of  
324 him by raising the left joystick to eye level. The list was attached to a virtual watch, indicating the time in  
325 the environment in minutes and seconds. On the list, there were different places present in the city in a  
326 specific order. The goal was to reach these different places by walking, using the traffic signs to navigate,  
327 and to validate each mission on the list (**Figure 3**). The second training sequence consisted in getting  
328 close enough to the place in question (less than 2 meters in the VR), waiting for a "beep" that indicated  
329 that the item had been checked off the list. On hearing this, a "√" sign appeared (to the left of the  
330 element), indicating that the step had been correctly validated. Once validated, participants had to go to  
331 the next place using the next signs. The different places were to be followed in the order presented,  
332 creating a similar path for all participants through the city. On their way, as a third training sequence, we  
333 explained to them that they would have actions to perform in different places, which could come, in  
334 particular, from SMS. Then, during the fourth sequence, we added an excerpt from a podcast and  
335 questions concerning the podcast; this specific step simulated the ongoing task in the PM assessment.  
336 Finally, the fifth and last training sequence consisted in performing all the previous sequences at the same  
337 time.



338  
339 **Figure 3:** Virtual watch with the list of items to reach in the city and an example of an orientation sign.

340 **PM task**

341 The PM task consisted of a twenty-minute navigation in the virtual city (duration =  $20.06 \pm 2.33$   
342 min). Participants were immersed in the virtual environment and had to carry out the 3 missions. One of  
343 them was the PM task. The objective of the navigation task (on-going task N°1) was to complete 7  
344 activities that were part of an original vacation scenario.

345 The scenario was presented as follows: “*You are leaving on a trip tomorrow and not everything is yet*  
346 *finalized for your stay. You must go to different places in the city, following the imposed itinerary, in order to finalize your*  
347 *preparations. In turn, you will have to go to a clothing store to buy a swimsuit, to the supermarket to take a passport photo,*  
348 *to the city hall to get your passport, to the travel agency to book a night in a hotel, to the pharmacy to buy mosquito repellent*  
349 *and to the bank to buy insurance”.*

350 The different locations had to be reached in the order presented, creating a similar path for all  
351 participants through the city. While completing this set of objectives, participants were asked to listen to  
352 a podcast (on-going task N°2). The podcast was an interview of a young boy who went on a road trip  
353 with his parents in a motorhome for 6 months. As the participants went along, questions relating to the  
354 content of the podcast appeared on the screen in front of the virtual screen and participants had to  
355 answer them aloud. The objective was to check that they were focused on listening to the podcast during  
356 their navigation. Twenty open questions relative to the podcast content were asked over the entire  
357 duration of the navigation (i.e., “*What did Clement prefer in Italy?*”). One point was awarded for each correct  
358 answer. A ratio was then obtained by dividing the total number of correct answers by the total number  
359 of questions.

360 The PM task consisted of 24 items to retrieve, 15 encoded before MW induction (see Encoding  
361 section), and 9 (3 EBL, 3 EBN, 3 TB) which were presented to them during navigation in the virtual city.  
362 In the latter case, intentions could come from two sources: from interactions with avatars who walked  
363 up to the subjects on their way and who spoke to them, *via* a written message displayed like a comic

364 bubble; and *via* the reception of virtual SMS messages also displayed in front of them. A PM item was  
365 composed of a prospective temporal cue (the reference time is the navigation time, displayed on the  
366 virtual watch) or a prospective environmental cue (places/monuments present in the environment) and  
367 an action to be performed associated to this cue. The list of all PM cues is presented in Supplementary  
368 Material (Table 1).

### 369 *Navigation*

370 Navigation took place 20 minutes after the encoding phase. Along the path determined by the  
371 items on the list they had to reach in the virtual city, participants had therefore to be able to identify the  
372 prospective cues (spatial and temporal) and to recall the actions associated with them. For event-based  
373 cues, they had to approach to within 2 meters of the place indicated on the list when they thought they  
374 had spotted it in the environment. Then, they had to pull the trigger behind their right controller, causing  
375 a sign to appear that read "What can I do for you?" Only then could they recall the action out loud and  
376 then walk away. For time-based cues, they could simply state the action, aloud, at the appropriate time.  
377 In this case, the watch indicated the time and participants therefore had to remember to look at it to  
378 check what time it was. The time was not always visually accessible, participants had to raise their left  
379 wrist, where the virtual watch was located, to eye level. For each PM item, a standard scoring was used  
380 based on our previous VR-PM studies<sup>70,98</sup>: 1 point was assigned if the location or time of action's retrieval  
381 was correct (prospective component) and 1 additional point if the corresponding recalled action was  
382 correct (retrospective component). If the two components of the action were correct, the maximum  
383 score was 2. Lastly, subjects were submitted to a cued recall of event/time action associations. This was  
384 done to control that any possible differences in PM between groups were not due to differences in the  
385 PM retrospective component encoding. Of note, all the PM scoring was done by an experimenter blind  
386 to the MW manipulation.

### 387 *2.5. Supplementary assessments*

#### 388 **Questionnaires**

389 As mood can have an influence on the retrieval of PM intentions, we included the Patient Health  
390 Questionnaire (PHQ-4);<sup>78,82</sup> as a quick evaluation of depression and anxiety. We also used the MW  
391 Questionnaire (MWQ)<sup>83</sup> a short 5-item questionnaire to evaluate participants' tendency to experience  
392 episodes of mind wandering.

393 PM abilities strongly depend on the different strategies people use to remember their intentions.  
394 In this study, we introduced the short version of the Metacognitive Prospective Memory Inventory  
395 (MPMI-s)<sup>80</sup> that allows for a quick assessment of individual differences in self-reported PM abilities (8

396 items) as well as in the use of mnemonic strategies (e.g., intention rehearsal, 7 items) and external memory  
 397 aids (e.g., calendars, 7 items).

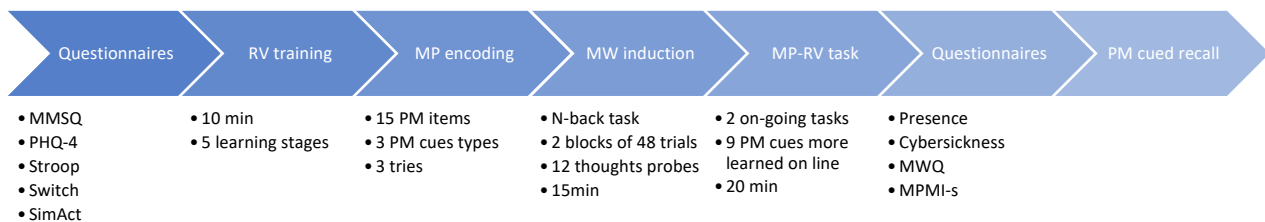
398 Lastly, after VR navigation, participants were assessed on different measures related to the use of  
 399 VR, such as the Medical Student Stressor Questionnaire (MSSQ) <sup>84</sup>, used to measure susceptibility to  
 400 motion sickness, the Presence <sup>85</sup> measuring the degree of presence/experience of the participant in the  
 401 VR environment, or Cybersickness <sup>86</sup>, assessing whether the VR experience caused the subject to  
 402 experience cybersickness.

403 *2.6. Procedure*

404 The experiment lasted  $93 \pm 14$  minutes. Each participant performed the test in the same  
 405 experimental room to standardize the conditions. They were first asked to read a description of the  
 406 experiment and to sign a written consent form. Then, the participant completed an anamnesis and  
 407 continued with 2 questionnaires: MSSQ and PHQ-4 before moving on to 3 cognitive tests: Stroop, Switch  
 408 and SimAct. Then, the virtual reality training phase was proposed. Once the training was completed and  
 409 the VR headset had been removed, participants were seated at a desk facing a screen to learn PM items  
 410 and completed the Metamemory questionnaire. Afterward, participants were confronted with mind  
 411 wandering induction (n-back task). During this phase, they were left alone in the room to avoid any  
 412 attentional disturbance on the part of the experimenter who was thus blind to the n-back task. At the  
 413 end, a second metamemory questionnaire was administered. They were then re-equipped with the helmet  
 414 and controllers to complete the PM task in VR.

415 During the navigation, the experimenter manually rated the accuracy of the PM and on-going  
 416 task (questions on the podcast content) answers. After a break of a few minutes, giving the subject time  
 417 to rest from browsing, he was asked to complete the experimentation with a series of questionnaires:  
 418 post-test metamemory questionnaire, Presence, Cybersickness, MWQ and MPMI -s. Finally, the delayed  
 419 cued recall was carried out using a dedicated paper form (**Figure 4**).

420



421

422 **Figure 4:** Summary of the experimental protocol

423 *2.7. Data Analysis*

424 In order to examine the effects of the experimental condition on the frequency of thoughts, we  
 425 conducted a mixed ANOVA with Condition (Easy, Hard) as between-subjects factor and the attention

426 Orientation Type (Focus, MW, External) as a within-subjects factor. To investigate the interaction  
427 between the experimental condition and the MW orientation content on the frequency of thoughts, we  
428 conducted another mixed ANOVA with Condition (Easy, Hard) as between-subjects factor and the MW  
429 Content (EPT, EFT, Planning, Imagination and Other) and the MW Source (Spontaneous, Voluntary)  
430 as a within-subjects factor. In order to examine the effects of the experimental condition and the type of  
431 MP cues on PM performances, we performed two mixed ANOVAs with the Condition (Easy and Hard)  
432 as a between-subjects factor and the PM Type (event-based linked – EBL, event-based not linked – EBN,  
433 time-based – TB) as a within-subject factor. The first ANOVA was conducted on the cues encoded  
434 before the MW task (pre-PM) and the other on those encoded during the VR task (post-PM). Finally,  
435 separate multiple linear regressions were performed to predict the scores of each of the three prospective  
436 cues, encoded before or after, with the rates of the different components of MW. We reported the effect  
437 size for ANOVA with  $\eta^2_p$  (partial eta squared). Post-hoc analyses were performed using the Bonferroni  
438 correction. We used an independent sample (two-tailed) t-test to compare the two groups (Easy and  
439 Hard) on demographic, executive, affective and manipulation-check variables. All statistical analyses were  
440 conducted with JASP (0.11.1).

### 441 **3. Results**

#### 442 *3.1. N-back performances*

443 We reported general lower performances in the Hard group compared to the Easy group. In  
444 particular the Hard group was slower to respond to critical  $t(53)=3.491$ ,  $p<0.001$  and lures  $t(57)=3.669$ ,  
445  $p<0.001$ , compared to the Easy group. Moreover, the Hard group had a lower hit rate for critical items  
446  $t(58)=3.325$ ,  $p=0.002$ . Nevertheless, the Hard and easy group did not differ in either false alarm rate  
447 (responding that an item was already presented when it was not)  $t(58)=0.126$ ,  $p=0.9$ , nor in the  
448 discrimination index ( $A'$ )  $t(58)=1.703$ ,  $p=0.094$ . Descriptive statistics are reported in Supplementary  
449 Material (Table 3).

450 We also did not report any significant correlations between the working memory updating scores  
451 and MW measured during the n-back task, as well as trait MW (Mind Wandering Questionnaire) neither  
452 in the whole sample, nor separately in each subgroup. We reported the detailed results in the  
453 Supplementary Material (Table 4).

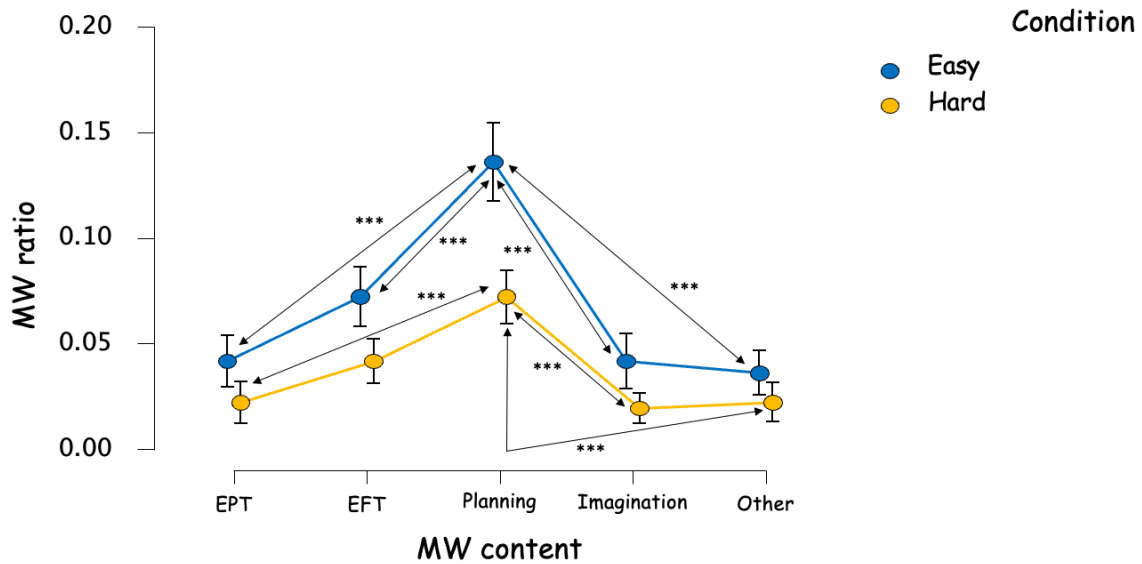
#### 454 *3.2. Mental states during the retention interval*

455 Second, calculation of the number of MW episodes in relation to the number of thought probes  
456 (percentage calculation) showed that, in the EASY group, MW occurred in 32.8% of cases versus 17.8%

457 in the HARD group,  $t(58)=3.323$ ,  $p=0.002$ . The reliability of our MW task is also substantiated by the  
458 observation of a positive relationship between the MW trait, measured by the MWQ, and the MW  
459 frequency, measured by the thought probes,  $r = 0.232$ , CI [0.076; 0.377],  $p = 0.004$ . The ANOVA  
460 Condition (Easy, Hard) by attention Orientation Type (Focus, MW, External) indicated a significant main  
461 effect of the orientation of attention on frequency of thoughts,  $F(2,116) = 75.717$ ,  $p<0.001$ ,  $\eta^2_p = 0.566$ .  
462 A post-hoc analysis revealed that the orientation of attention was globally and significantly more Focus  
463 (marginal mean = 0.625, 95% CI [0.577; 0.673]) than MW (marginal mean = 0.253, 95% CI [0.204; 0.301];  
464  $p<0.001$ ) and External (marginal mean = 0.122, 95% CI [0.074; 0.171]  $p=0.003$ ). We did not observe a  
465 main effect of the Condition Type,  $F(1,58) = 0.011$ ,  $p=0.918$ ,  $\eta^2_p = 1.847^{-4}$ . Lastly, we revealed an  
466 interaction effect between the two factors,  $F(2,116)=12.68$ ,  $p<0.001$ ,  $\eta^2_p = .179$ . Post-hoc analysis  
467 showed that participants' attention was significantly more Focus in the Hard condition (marginal mean  
468 = 0.747) than in the Easy one (marginal mean = 0.503, marginal<sub>difference</sub> = -0.244, 95% CI [-0.391; -0.098],  
469  $p=0.001$ ) and more MW in the Easy condition (marginal mean = 0.328) than in the Hard one (marginal  
470 mean = 0.178, marginal<sub>difference</sub> = 0.150, 95% CI [0.003; 0.297],  $p=0.041$ ).

471 The ANOVA Condition (Easy, Hard) by MW Content (EPT, EFT, Planning, Imagination and  
472 Other) on MW frequency showed a significant main effect of the content,  $F(4,232) = 13.965$ ,  $p < 0.001$ ,  
473  $\eta^2_p = .194$  (**Figure 5**). A post-hoc analysis revealed that the content of the MW episodes was significantly  
474 more planning-oriented (marginal mean = 0.104, 95% CI [0.086; 0.122]) than EFT-oriented (marginal  
475 mean = 0.057, 95% CI [0.039; 0.075]), EPT-oriented (marginal mean = 0.032, 95% CI [0.014; 0.050]),  
476 Imagination-oriented (marginal mean = 0.031, 95% CI [0.013; 0.049]) and Other-oriented (marginal mean  
477 = 0.029, 95% CI [0.0121; 0.047]). The other contents of the MW did not differ from each other. We also  
478 found a significant main effect of the Condition Type,  $F(1,58) = 11.04$ ,  $p<0.002$ ,  $\eta^2_p = 0.160$ . A post-hoc  
479 analysis revealed that the MW ratio was significantly higher in the Easy group (marginal mean = 0.066,  
480 95% CI [0.053; 0.078]) than in the Hard one (marginal mean = 0.036, 95% CI [0.023; 0.048]).  
481 Nevertheless, we did not observe any interaction effect between the MW content and the condition,  
482  $F(4,232)=0.892$ ,  $p=0.469$ ,  $\eta^2_p = 0.015$  (**Figure 5**).

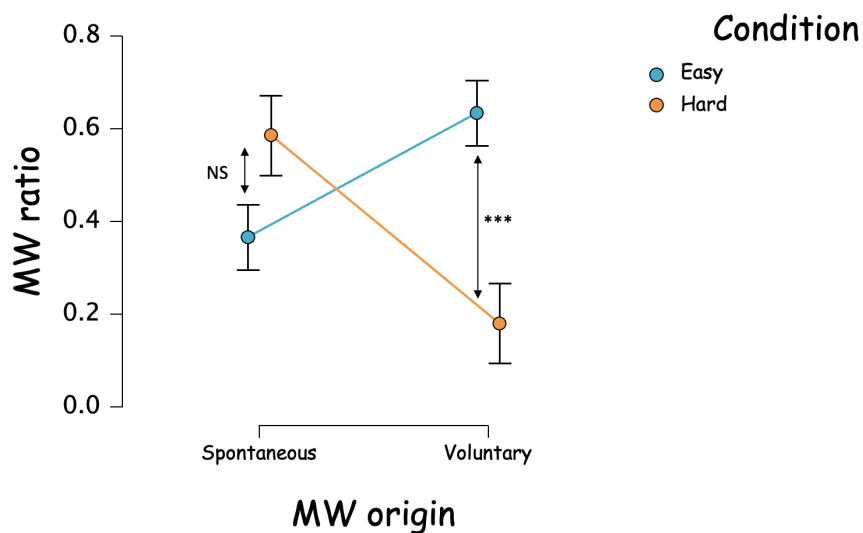
483



484  
485 **Figure 5.** Frequency of different MW contents regarding condition, calculated on all thought probes. \*\*\*  $p < 0.001$

486 The ANOVA Condition by MW Source (Spontaneous, Voluntary) on MW frequency showed no  
487 main effect of the MW Source,  $F(1,58)=0.761, p=0.387, \eta^2_p = .013$ . However, we identified an interaction  
488 effect between the MW Source and the Condition,  $F(1,58)=18.235, p<0.001, \eta^2_p = 0.239$  (**Figure 6**).  
489 Post hoc analyses indicated that the origin of MW was more voluntary in the Easy group (marginal mean  
490 = 0.634) than in the Hard one (marginal mean = 0.181,  $mean_{difference} = 0.453, 95\% CI [0.215; 0.691,$   
491  $p<0.001)$ . Conversely, there was no difference between the two groups regarding spontaneous MW  
492 ( $mean_{difference} = 0.220, 95\% CI [-0.458; 0.018], p=0.086)$ .

493



494  
495 **Figure 6.** MW source frequency regarding condition, calculated on all thought probes. \*\*\*  $p < 0.001$ .

496

497

498



499 *3.3. Effect of MW induction on VR measurements*

500 We did not observe any effect of the EASY/HARD condition on measures related to VR: feeling  
 501 of presence ( $t(58)=-0.302$ ,  $p=0.764$ ), cybersickness ( $t(58)=-0.526$ ,  $p=0.601$ ), and time spent in the  
 502 environment ( $t(58)=0.057$ ,  $p=0.955$ ), thus suggesting no difference on the on-going task N°1.  
 503 Descriptive statistics are reported in Supplementary Material (Table 5).

504 *3.4. Effect of MW induction on measures of prospective memory*

505 The raw scores of all PM performances are presented in Supplementary Material (Table 6 & 7).

506 *3.4.1. Consistency of Prospective Memory Measure*

507 The two groups did not differ on the on-going task N°2 performances (responses to the  
 508 questioning about the podcast), with  $t(58)=0.634$ ,  $p=0.528$ ,  $d=0.164$  ( $\text{mean}_{\text{Easy}} = 0.469 \pm 0.100$ ,  $\text{mean}_{\text{Hard}}$   
 509  $= 0.448 \pm 0.160$ ). Descriptive statistics are reported in Supplementary Material (Table 5).

510 *3.4.2. Effect of condition and cue type on cued recall after the virtual PM task*

511 Regarding PM cues encoded before MW (Pre-PM), the ANOVA Condition by PM Type (EBL,  
 512 EBN, TB) showed a main effect of the Pre-Cue PM Type,  $F(2,116) = 34.353$ ,  $p < 0.001$ ,  $\eta^2_p=0.372$ . Post-  
 513 hoc comparisons showed that the TB actions were significantly less frequently recalled (marginal mean  
 514  $= 0.840$ , 95% CI [0.811; 0.869]) than EBN (marginal mean  $= 0.960$ , 95% CI [0.931; 0.989],  $p < 0.001$ )  
 515 and EBL (marginal mean  $= 0.994$ , 95% CI [0.965; 1.024],  $p < 0.001$ ). EBL actions did not differ from  
 516 EBN ( $\text{mean}_{\text{difference}} = 0.034$ , 95% CI [-0.013; 0.082],  $p=0.243$ ). We did not observe a main effect of the  
 517 condition,  $F(1,58) = 0.524$ ,  $p = 0.472$ ,  $\eta^2_p=0.009$ , nor an interaction,  $F(2,116)=0.622$ ,  $p=0.539$ ,  $\eta^2_p =$   
 518  $0.011$ .

519 Regarding PM cues encoded after MW during the virtual task (Post-PM), the ANOVA Condition  
 520 by PM Type (EBL, EBN, TB) indicated a main effect of the Post-Cue PM Type,  $F(2,116) = 16.147$ ,  $p <$   
 521  $0.001$ ,  $\eta^2_p=0.218$ . Post-hoc comparisons showed that the TB actions were significantly less frequently  
 522 recalled (marginal mean  $= 0.428$ , 95% CI [0.363; 0.492]) than EBL (marginal mean  $= 0.683$ , 95% CI  
 523 [0.608; 0.759],  $p < 0.001$ ). EBN actions (marginal mean  $= 0.533$ , 95% CI [0.449; 0.618],  $p < 0.001$ ) were  
 524 significantly less well recovered than EBL (marginal mean  $= 0.683$ , 95% CI [0.608; 0.759],  $p = 0.004$ ).  
 525 TB and EBN actions did not differ ( $\text{mean}_{\text{difference}} = 0.106$ , 95% CI [-0.004; 0.215],  $p = 0.064$ ). We found  
 526 a main effect of the Condition,  $F(1,58) = 4.790$ ,  $p = 0.033$ ,  $\eta^2_p=0.076$ . Post-hoc comparisons showed  
 527 that that Easy group had a better retrieval (marginal mean  $= 0.607$ , 95% CI [0.531; 0.684]) than the Hard  
 528 group (marginal mean  $= 0.489$ , 95% CI [0.412; 0.566],  $p = 0.033$ ). No interaction was observed between  
 529 Condition and PM Type on cued recall of Post PM-Cues,  $F(2,116)=0.796$ ,  $p=0.454$ ,  $\eta^2_p = 0.014$ .

## 530 3.4.3. Effect of condition and cue type on Pre PM-Cues performances

531 The ANOVA Condition by PM Type (EBL, EBN, TB) on the total PM scores (expressed by  
 532 means; maximum score is 2 pts) showed a main effect of the Condition,  $F(1,58) = 5.996$ ,  $p < 0.017$ ,  
 533  $\eta_p^2=0.094$ . Post-hoc comparisons revealed that Pre-PM performance was significantly better in the Easy  
 534 condition (marginal mean = 1.294, 95% CI [1.124; 1.464]) than in the Hard condition (marginal mean =  
 535 0.999, 95% CI [0.829; 1.170]). We also found a main effect of Pre PM-Cues Type,  $F(2,116) = 20.528$ ,  $p$   
 536  $< 0.001$ ,  $\eta_p^2=0.261$ . Post-hoc comparisons showed that that the TB actions were significantly less well  
 537 recovered (marginal mean = 0.920, 95% CI [0.775; 1.065]) than EBN (marginal mean = 1.137, 95% CI  
 538 [0.992; 1.282],  $p = 0.010$ ) and EBL (marginal mean = 1.383, 95% CI [1.238; 1.528],  $p < 0.001$ ). The  
 539 difference between the two types of event-based actions was also significant ( $\text{mean}_{\text{difference}} = 0.247$ , 95%  
 540 CI [0.071; 0.422],  $p = 0.003$ ). However, we did not find a significant interaction between Condition and  
 541 Pre PM-cues Type,  $F(2,116)=0.262$ ,  $p=0.770$ ,  $\eta_p^2=0.005$ .

542 Considering the two components of PM separately (expressed by means; maximum score is 1  
 543 pt.), we found for the *retrospective component* a main effect of the Condition,  $F(1,58) = 4.132$ ,  $p = 0.047$ ,  
 544  $\eta_p^2=0.067$ . Post-hoc comparisons revealed that retro-PM performance was significantly better in the Easy  
 545 condition (marginal mean = 0.642, 95% CI [0.554; 0.730]) than in the Hard condition (marginal mean =  
 546 0.516, 95% CI [0.427; 0.604],  $p = 0.047$ ). We also found a main effect of Pre retro-PM-Cues Type,  
 547  $F(2,116) = 14.096$ ,  $p < 0.001$ ,  $\eta_p^2=0.196$ . Post-hoc comparisons showed that the TB actions were  
 548 significantly less well recovered than EBL actions ( $\text{mean}_{\text{difference}} = 0.197$ , 95% CI [0.106; 0.287],  $p < 0.001$ ).  
 549 EBN actions were also significantly less well recovered than EBL actions ( $\text{mean}_{\text{difference}} = 0.117$ , 95% CI  
 550 [0.026; 0.207],  $p < 0.007$ ). However, TB and EBN were not different ( $\text{mean}_{\text{difference}} = 0.080$ , 95% CI [-  
 551 0.014; 0.170],  $p = 0.102$ ). No significant interaction between Condition and Pre retro-PM-cues Type was  
 552 found,  $F(2,116)=0.689$ ,  $p=0.504$ ,  $\eta_p^2=0.012$ .

553 For the *prospective component*, we found a main effect of the Condition,  $F(1,58) = 6.169$ ,  $p = 0.016$ ,  
 554  $\eta_p^2=0.096$ . Post-hoc comparisons revealed that pro-PM performance was significantly better in the Easy  
 555 condition (marginal mean = 0.627, 95% CI [0.543; 0.710]) than in the Hard condition (marginal mean =  
 556 0.480, 95% CI [0.396; 0.564]). We also found a main effect of Pre pro-PM-cues Type,  $F(2,116) = 24.709$ ,  
 557  $p < 0.001$ ,  $\eta_p^2=0.299$ . Post-hoc comparisons showed that that the TB actions were significantly less well  
 558 recovered (marginal mean = 0.420, 95% CI [0.348; 0.492]) than EBN (marginal mean = 0.557, 95% CI  
 559 [0.484; 0.629],  $p = 0.001$ ) and EBL (marginal mean = 0.683, 95% CI [0.611; 0.756],  $p < 0.001$ ). The  
 560 difference between the two types of event-based actions was also significant ( $\text{mean}_{\text{difference}} = 0.127$ , 95%  
 561 CI [0.036; 0.218],  $p = 0.003$ ). However, we did not observe a significant interaction between condition  
 562 and Pre pro-PM-cues Type,  $F(2,116)=0.111$ ,  $p=0.895$ ,  $\eta_p^2=0.002$ .

## 563 3.4.4. Effect of condition and cue type on Post PM-Cues performances

564 First, the ANOVA Condition by PM Type (EBL, EBN, TB) on the Total Post PM-Cues  
 565 performances showed a main effect of the Condition,  $F(1,58) = 6.184$ ,  $p = 0.016$ ,  $\eta_p^2 = 0.096$ . Post-hoc  
 566 comparisons revealed that Post-PM performance was significantly better in the Easy condition (marginal  
 567 mean = 1.219, 95% CI [1.086; 1.351]) than in the Hard condition (marginal mean = 0.985, 95% CI [0.852;  
 568 1.118]). We also found a main effect of Post PM-Cues Type,  $F(2,116) = 6.393$ ,  $p = 0.002$ ,  $\eta_p^2 = 0.099$ .  
 569 Post-hoc comparisons showed that the TB actions were significantly less well recovered (marginal mean  
 570 = 0.956, 95% CI [0.815; 1.097]) than EBL (marginal mean = 1.283, 95% CI [1.142; 1.424],  $p = 0.002$ ),  
 571 just as EBN were less well retrieved than EBL (marginal<sub>difference</sub> = 0.217, 95% CI [-0.010; 0.443]) ( $p =$   
 572 0.044). TB and EBN were not significantly different ( $p = 0.707$ ). Lastly, we did not find a significant  
 573 interaction between Condition and Post PM cue Type,  $F(2,116) = 0.220$ ,  $p = 0.803$ ,  $\eta_p^2 = 0.004$ .

574 Considering the two components of PM separately, we found for the *retrospective component* a main  
 575 effect of the Condition,  $F(1,58) = 5.343$ ,  $p = 0.024$ ,  $\eta_p^2 = 0.084$ . Post-hoc comparisons revealed that Post-  
 576 PM performance was significantly better in the Easy condition (marginal mean = 0.596, 95% CI [0.524;  
 577 0.669]) than in the Hard condition (marginal mean = 0.478, 95% CI [0.405; 0.550]). We also found a  
 578 main effect of Post PM-Cues Type,  $F(2,116) = 62.19$ ,  $p = 0.003$ ,  $\eta_p^2 = 0.097$ . Post-hoc comparisons  
 579 showed that the TB actions were significantly less well recovered (marginal mean = 0.506, 95% CI [0.431;  
 580 0.580]) than EBL (marginal mean = 0.603, 95% CI [0.559; 0.708],  $p = 0.028$ ), just as EBN were less well  
 581 retrieved (marginal<sub>difference</sub> = 0.161, 95% CI [0.044; 0.278]) than EBL ( $p = 0.003$ ). TB and EBN were not  
 582 significantly different ( $p = 1$ ). Lastly, we did not find a significant interaction between Condition and  
 583 Post PM cue Type,  $F(2,116) = 0.540$ ,  $p = 0.584$ ,  $\eta_p^2 = 0.009$ .

584 For the *prospective component*, we found a main effect of the Condition,  $F(1,58) = 5.577$ ,  $p = 0.022$ ,  
 585  $\eta_p^2 = 0.088$ . Post-hoc comparisons revealed that Post pro-PM performance was significantly better in the  
 586 Easy condition (marginal mean = 0.622, 95% CI [0.553; 0.691]) than in the Hard condition (marginal  
 587 mean = 0.507, 95% CI [0.439; 0.576],  $p = 0.022$ ). We also found a main effect of Post pro-PM-Cues  
 588 Type,  $F(2,116) = 8.218$ ,  $p < 0.001$ ,  $\eta_p^2 = 0.124$ . Post-hoc comparisons showed that that the TB actions  
 589 were significantly less well recovered (marginal mean = 0.450, 95% CI [0.375; 0.525]) than EBN (marginal  
 590 mean = 0.594, 95% CI [0.519; 0.670],  $p = 0.016$ ) and EBL (marginal mean = 0.650, 95% CI [0.575;  
 591 0.725],  $p < 0.001$ ). The difference between the two types of event-based actions was not significant  
 592 (mean<sub>difference</sub> = 0.056, 95% CI [-0.068; 0.179],  $p = 0.833$ ). However, the interaction between Condition  
 593 and Post pro-PM-cues Type was not significant,  $F(2,116) = 0.412$ ,  $p = 0.663$ ,  $\eta_p^2 = 0.007$ .

594

595

## 596 3.4.5. Predictors of PM Correct Ratio

597 We conducted two backward hierarchical regressions on each PM cue encoded before and after  
 598 the MW task, separately by PM component (retrospective and prospective), with the following predictors:  
 599 MWQ, Global MW frequency, Ratio of MW of each Content (EPT, EFT, Planning, Imagination, Other)  
 600 by Source (Spontaneous, Voluntary). Meta Aptitude (MPMI-s), Depression, Anxiety and each measure  
 601 of Executive Functions were used as covariates in the regression.

602 For Pre PM-cues, only the performance for global EBL-cues was significantly and positively  
 603 predicted by both spontaneous past- and EFT-oriented MW episodes. The prospective component of  
 604 the EBL-cues was only predicted by spontaneous EFT-oriented MW thoughts,  $t(59) = 2.026, p = 0.047,$   
 605  $95\% \text{ CI } [-0.043; 0.672], \beta = 0.330.$  The retrospective component of the EBL-cues was only predicted by  
 606 spontaneous past-oriented MW episodes,  $t(59) = 2.327, p = 0.024, 95\% \text{ CI } [0.038; 0.506], \beta = 0.282.$

607 For Post PM-cues, only the retrospective component of the EBL-cues was significantly and  
 608 positively predicted by voluntary EFT-oriented MW episodes,  $t(59) = 2.252, p = 0.028, 95\% \text{ CI } [0.043;$   
 609  $0.742], \beta = 0.421.$

610 **4. Discussion**

611 The goal of this study was to explore the causal role of MW on PM. To do this, we compared the  
 612 effect of two MW inductions (High and Low MW frequency), during the PM retention phase, on PM  
 613 performances taking into account cue types and both PM components. Our main findings were two-  
 614 fold. First, a high MW frequency during the PM retention phase, compared to a low one, was linked with  
 615 a global better retrieval of PM intentions. Secondly, spontaneous past-oriented MW content predicted  
 616 better retrieval of the retrospective component of Pre-EBL-PM intentions, while spontaneous EFT-  
 617 oriented MW content predicted better performance of the prospective component of Pre-EBL-PM  
 618 intentions. Moreover, the retrospective component of the Post-EBL-PM intentions EBL cues were  
 619 significantly and positively predicted by voluntary EFT-oriented MW episodes. We will discuss the  
 620 potential twofold functional role of MW, namely, to consolidate an already programmed intention and  
 621 to anticipate the future, and more precisely PM intentions retrieval context.

622 Noteworthy, our results highlighted the consistency of the methods used in this study. Firstly,  
 623 our results on the different aspects of PM showing that time-based PM was less well recovered, compared  
 624 to event-based PM, especially those semantically linked, are coherent with previous findings<sup>53,87-90</sup>. They  
 625 thus confirm the validity and relevance of our VR PM task. Secondly, the overall rates of off-task  
 626 thoughts, including external distractions (MW & External, 35.5%), was close to the percentage reported  
 627 in the literature (30-45%), although in most of the other studies, no distinction was made between internal

628 and external distractions when computing MW frequency<sup>1-3,23</sup>. Thirdly, we confirmed the MW  
629 prospective bias whatever the MW induction: individuals spend more time thinking about the near future  
630 (planning) rather than the past<sup>7,30,31,32</sup>.

631       Regarding our main hypothesis, our results concerning the comparison between High versus Low  
632 MW induction substantiate that the condition leading to more frequent MW episodes during a PM  
633 retention phase allows a global better recall of prospective actions. An alternative interpretation would  
634 be that in the Hard condition, the task difficulty produced retroactive interference, leading to diminished  
635 PM performances. Although we cannot completely rule out this hypothesis, recent studies have  
636 highlighted that post-encoding demanding tasks (2-back and 3-back) similar to our Hard condition do  
637 not interfere with memory consolidation when compared to waking rest<sup>30,91</sup>. Moreover, in our study,  
638 post navigation cued recall of PM intentions encoded before MW induction did not differ between the  
639 two conditions. Interestingly, the PM retro-EBL (retrospective component) was predicted by  
640 spontaneous past-oriented MW. This prediction did not concern the new intentions encoded during the  
641 VR PM task after the MW induction. The impact of spontaneous past-oriented MW content experienced  
642 during the PM retention phase on its subsequent retrieval can be understood in two ways. On the one  
643 hand, in accordance with the “intention superiority effect”<sup>31,32</sup>, we can argue that PM-EBL delayed  
644 intentions had a higher baseline level of activation in working memory and were more accessible to  
645 consciousness than any other type of information, stored in long-term memory and not accessible to  
646 consciousness. Thus, if we stick to the superiority effect of the representations of unfulfilled intentions<sup>31-  
647 35,92</sup>, their supposedly greater accessibility could increase the number of spontaneous thoughts of the  
648 upcoming task in the retention phase<sup>38, 55, 56, 57</sup>. Furthermore, the strength of the semantic link existing  
649 between a cue and a prospective action to be carried out spontaneously activates the associated pre-  
650 existing semantic networks and thereafter engages reflexive-associative processes in prospective memory  
651 retrieval<sup>60,127</sup>. On the other hand, the fact that our result concerned more especially the retrospective part  
652 of PM EBL, thus its content, is in keeping with our hypothesis of the positive impact of past-oriented  
653 MW on the (re)consolidation of PM intentions. In this line, several studies have already suggested that  
654 past-oriented MW content is associated with the (re)consolidation of older memories, by refreshing  
655 previous experiences in mental imagery<sup>47, 48, 49</sup>. Thus, in our study, the reactivation of intentions  
656 throughout a MW episode, during the PM retention phase, could allow their re-encoding, thus  
657 strengthening the intention’s representation and leading to a better prospective intention retrieval.

658       Regarding our mitigated results about prospective bias, although we reported a predominant  
659 quantity of planning-oriented thoughts, called in the literature prospective bias, the latter did not predict  
660 PM performances, as we also reported in our recent experience-sampling study<sup>23</sup>. Nevertheless,

661 spontaneous thoughts oriented towards the future, considered as thoughts allowing the projection,  
662 anticipation, and elaboration of future events, predicted the successful recall of the prospective  
663 component of PM intention encoded before MW. This result illustrates the role of spontaneous episodic  
664 future thinking during MW in facilitating PM <sup>93-98</sup>. This link-up between EFT-MW and PM-EBL  
665 concerned the realization of intentions encoded both before and after the MW session, confirming some  
666 previous results about the capacity of thinking and imagining the future execution of intentions to  
667 facilitate PM <sup>99,100</sup>, and links between EFT and PM capacities <sup>101-104</sup>. Indeed, a clear distinction has been  
668 made between imagining future events (episodic future thinking) and remembering to carry out future  
669 intentions (PM). The former is the ability to project into the future, to mentally simulate hypothetical  
670 situations and thus to pre-experience future events <sup>101,105,106</sup>. This is a complex process that requires the  
671 construction of mental scenes and as such is likely to rely on multiple cognitive processes, including  
672 executive control <sup>107</sup>, semantic memory <sup>102,108</sup> and self-projection <sup>109</sup>. While particular attention has been  
673 paid to the role of episodic memory in EFT, as it relies heavily on the retrieval of episodic details from  
674 past memories that provide background information which is then flexibly recombined to construct new  
675 future scenarios <sup>106,110,111</sup>, new observations from experimental, neuropsychological, and neuroimaging  
676 studies have also highlighted the pivotal role of semantic memory in providing schemas and meanings  
677 for constructing a plausible scenario of a personal event in the future <sup>112,113</sup>. EFT is primarily concerned  
678 with relevant distant autobiographical events related to desires, possible selves and future self-concepts.  
679 In this it differs from PM, which is specific to the practical activities of daily life and is therefore not  
680 specifically concerned with anchoring our personal identity and autobiographical memory. However,  
681 these two cognitive functions are linked. In a recent study in patients with semantic dementia <sup>102</sup>, it was  
682 reported that at an early stage of dementia, PM was partially impaired as a function of the semantic link  
683 involved between cues and intentions, while EFT abilities were impaired as a function of temporal  
684 distance. Thus, the deficits were only in event-based linked and distant EFT. In contrast, the other forms  
685 of PM as well as near EFT were fully preserved and were significantly correlated. Finally, EFT has been  
686 associated with the intention formation phase and improvement of prospective memory retrieval <sup>99</sup>.  
687 Indeed, while forming a future intention does not require thinking about that future event in a specific  
688 way, imagining when, where, and how the intention will be retrieved, and the action performed, has a  
689 beneficial facilitative effect on the execution of those intentions <sup>114-116</sup>.

690 The two MW induction groups also differed in general on PM performances of cues encoded  
691 after the MW induction (during the VR navigation). So, there is probably more to it than the effect on  
692 the consolidation phase. This could be due to a carry-over effect, inasmuch as those who do more EFT-  
693 MW during the retention phase, also do it during navigation, and if one voluntarily does EFT during  
694 navigation when one encounters a new cue, it means that one is probably trying to memorize it by

695 imagining the context of execution. Of course, this is speculative, but it could be tested in a study in  
696 which we measure MW just after the presentation of a PM intention to be encoded (thus studying the  
697 impact of MW on PM encoding). This would be consistent with the effect of *stimulus-dependent thoughts*  
698 on encoding in episodic memory<sup>16</sup>. Indeed, if when the MW is totally disconnected from what the  
699 participant is doing at the same moment (*task-unrelated thoughts*<sup>13</sup>), the impact of the MW will be analogous  
700 to a divided attention situation and will negatively impact the processing of environmental stimuli  
701 (encoding and retrieval of PM intentions). However, when the content of the MW is related more or less  
702 directly to certain external stimuli (*stimulus-dependent thoughts*)<sup>13</sup> it may promote their processing, generating  
703 spontaneous associations. Thus, in specific cases where the participant experiences stimulus-dependent  
704 thoughts, this associative processing will likely allow for a better encoding of them.

705 For the effect of voluntary EFT-MW on EBL-PM intentions encoded during the VR PM task, it  
706 could be argued that deliberate imagination of the virtual immersion and visuospatial context in which  
707 Post PM intention completion will later take place may have been easier for the realization of Post PM  
708 intention, by enhancing the encoding and retrieval of the new intended action<sup>117</sup>. This possibility is to be  
709 taken into account, given that in our study, subjects were trained in a VR training environment (which  
710 resembled the VR PM task) prior to encoding Pre-PM cues and MW induction, so they were able to  
711 deliberately imagine walking around a VR city, which may also have increased the encoding of Post-PM  
712 cues. La Corte et al. (2021) showed a significant correlation between PM and voluntary near EFT (one  
713 week) and found that the evocation of near EFT relied on planned personal events. Thus, the authors  
714 highlighted the shared mechanism of PM and voluntary EFT situated within a limited temporal window  
715 of self-consciousness. Remembering to carry out future actions and pre-experiencing personal events  
716 that are supposed to occur should be explicitly linked to our current goals, planned events, and projects  
717 in the coming week. Thus, the strategy of simulating future events, which asks participants to project  
718 themselves into the future and imagine experiencing the event or performing the action, thereby  
719 reinforcing PM, generally concerns projection into the near future<sup>100,118-120</sup>. It would be interesting to  
720 further investigate if the voluntary EFT improves PM differently at the initial phase of the formation of  
721 the intention, the retention phase or at retrieval<sup>41</sup>.

722 According to Cole and Kvavilashvili<sup>121</sup>, most spontaneous future thoughts are “pre-made”. In  
723 other words, spontaneous future thoughts are considered as a re-iteration of previously constructed  
724 future events in memory, i.e. in our case, PM intentions encoded prior to MW episodes, and therefore  
725 based on simple, well-understood, memory processes. This would explain why spontaneous future  
726 thoughts occur rapidly, are similar to involuntary memories, and nevertheless predominantly concern  
727 upcoming tasks and goals<sup>121</sup>. Lastly, these authors raised the possibility that spontaneous future thinking

728 might be the default mode of imagining the future. To go a step further, it would be relevant to test the  
729 (re)consolidation hypothesis by investigating in more detail the content of past-oriented MW,  
730 disentangling stimulus-dependent thoughts related to the new encoded material (here PM intentions),  
731 association with related autobiographical memory or unrelated autobiographical memory. Along the same  
732 line, we would gain insight by separating future-oriented into diverse contents of future-thinking related  
733 or unrelated to the new PM intentions, since what is currently unclear in MW is whether instances of  
734 participants reporting thinking about the past or future deliberately coincide to near or distant temporal  
735 projection<sup>113</sup>. We could also investigate the MW content and source at different moments from encoding  
736 to retrieval of PM: during encoding, immediately after encoding, or during all the retention phase and  
737 finally during the ongoing PM task, and observe the prevalence of each spontaneous and voluntary MW  
738 orientation, *near* or *distant* past and *near* or *distant* future, and their respective influence on different types  
739 of prospective intentions, those we have already encoded and those to come in a hypothetical but very  
740 probable future, a little like daily life in short.

#### 741 **4. Strength, limits and conclusion**

742 As we reported in a recent experience-sampling study<sup>23</sup>, assessing PM using a naturalistic  
743 approach is essential since PM is a multiple process par excellence expressed in the flow of daily life  
744 to allow people's autonomy. Virtual reality is an excellent compromise between real-world research,  
745 which is very ecological but difficult to control, and classic laboratory experiments, which are highly  
746 controlled but far removed from real-world situations<sup>77</sup>. The immersive VR paradigm makes it  
747 possible to approach PM in the complex problems of real life (continuous flow of multiple activities  
748 and multiple intentions to realize). It involves multisensory integration, which allows the emergence  
749 of a sense of presence critical for the similarity of virtual and real-life behaviours<sup>122</sup>. Using this highly  
750 immersive VR paradigm, we confirmed the presence of a positive impact of MW on PM performance,  
751 with a strong prospective bias, without directly predicting PM performances. However, we reported a  
752 predicted link between EFT and the execution of prospective intentions, which supports the hypothesis  
753 of an MW system strongly committed to the future. As our previous study highlighted, we found that  
754 past-oriented MW, and more precisely spontaneous MW, positively predicted the retrospective  
755 component of PM performances. What was only a speculative hypothesis in our previous study is here  
756 experimentally reinforced, this time in a controlled environment, by comparing the effect of MW  
757 induction after the encoding of prospective intentions to a control condition (with MW removed) on PM  
758 performance. The spontaneous double orientation of the MW (past-future) during the retention phase  
759 of the prospective intentions could serve both to reinforce the anticipation and the elaboration of the  
760 context in which the intentions, encoded beforehand, will be recalled and the consolidation of the content



761 of these intentions (retrospective component). One of the limitations of the present study is that we do  
762 not directly asked participants, during the n-back task, if they rehearsed PM intentions. Since, the Easy  
763 group did more mind wandering, it is possible that they also had more chance to rehearsed PM intentions.  
764 This could explain the advantage of this group, compared to the Hard group, in retrieving PM intention  
765 during the virtual navigation. Future studies should investigate this possibility. Moreover, to move a step  
766 further in the assessment of MW content, it will be helpful to ask participants directly about the subject  
767 of past or future thinking to test whether it concerns the encoded PM cues. Indeed, Cohen et al.<sup>54</sup>  
768 suggested that the higher the cognitive load associated with the PM intention, the more spreading  
769 activation that occurs to potentially associated cues in the environment leading to higher rates of PM-  
770 related mind wandering. Thus, this idea that mind wandering is affected by cognitive load, but it depends  
771 on the nature of the cognitive load manipulation may be an interesting question to explore in a future  
772 study. Another limitation is that we relied on a between-subjects design. Even if we succeed in matching  
773 the two groups on variables that are known to influence PM, we cannot completely rule out that  
774 interindividual differences could in part explain our results. The choice of the between-subjects design  
775 was made for practical reason. Indeed, given the complexity of the VR task, it would have been hard to  
776 build two comparable parallel forms necessary for a within-subject design. Nevertheless, we acknowledge  
777 the necessity for future studies to replicate our findings in a within-subject design. Lastly, considering the  
778 VR device, it will be interesting to use a head-mounted display, including eye-tracking, because it will  
779 allow the additional assessment of the dynamic nature of monitoring during the PM VR task<sup>50</sup>.

780 In conclusion, while the temporal orientation of MW has been repeatedly shown to be primarily  
781 focused on the future, whether in the context of planning actions to be performed or projecting into  
782 hypothetical situations, the latter being critical for the retrieval of PM intentions, MW seems to have a  
783 second functional purpose, in addition to planning future actions: it ensures the continuity in time of old  
784 memories (in our case, prospective intentions) by making them regularly go through a re-encoding  
785 process. MW is therefore intrinsically linked to the functionality of episodic and semantic memory, since  
786 it ensures continuity between the past and the future of the individual. What is currently still unclear,  
787 however, is whether instances of participants reporting thinking about the future deliberately coincide  
788 predominantly with the process of (deliberately) forming intentions to be carried out in the future, and  
789 whether reports of spontaneous future thoughts coincide with simply remembering previously  
790 formulated intentions of upcoming tasks or a hypothetical but very probable future, a bit like daily life in  
791 short. All these questions remain open, offering future studies the opportunity to address the issue of  
792 MW functionality in the specific case of PM.

793

794

795 Acknowledgments. This research was supported by a Ph.D. allocation to JCG and an ANR Research  
796 Fund grant (the Interplay between Memory and Temporality ANR-17-CE36-0009-01) awarded to PP.

797 Disclosure statement. No potential conflict of interest was reported by the author(s).

## 798 **References**

- 799 1. Kane, M. J. *et al.* For Whom the Mind Wanders, and When, Varies Across Laboratory  
800 and Daily-Life Settings. *Psychol. Sci.* **28**, 1271–1289 (2017).
- 801 2. Killingsworth, M. A. & Gilbert, D. T. A Wandering Mind Is an Unhappy Mind. *Science*  
802 **330**, 932–932 (2010).
- 803 3. McVay, J. C., Kane, M. J. & Kwapil, T. R. Tracking the train of thought from the  
804 laboratory into everyday life: An experience-sampling study of mind wandering across  
805 controlled and ecological contexts. *Psychon. Bull. Rev.* **16**, 857–863 (2009).
- 806 4. Christoff, K. *et al.* Mind-Wandering as a Scientific Concept: Cutting through the  
807 Definitional Haze. *Trends Cogn. Sci.* **22**, 957–959 (2018).
- 808 5. Seli, P. *et al.* The Family-Resemblances Framework for Mind-Wandering Remains  
809 Well Clad. *Trends Cogn. Sci.* **22**, 959–961 (2018).
- 810 6. Seli, P. *et al.* Mind-Wandering as a Natural Kind: A Family-Resemblances View. *Trends*  
811 *Cogn. Sci.* **22**, 479–490 (2018).
- 812 7. Christoff, K., Irving, Z. C., Fox, K. C. R., Spreng, R. N. & Andrews-Hanna, J. R.  
813 Mind-wandering as spontaneous thought: a dynamic framework. *Nat. Rev. Neurosci.*  
814 **17**, 718–731 (2016).
- 815 8. Giambra, L. M. Task-unrelated thought frequency as a function of age: a laboratory  
816 study. *Psychol. Aging* **4**, 136 (1989).
- 817 9. Antrobus, J. S. INFORMATION THEORY AND STIMULUS-INDEPENDENT  
818 THOUGHT. *Br. J. Psychol.* **59**, 423–430 (1968).
- 819 10. Kam, J. W. & Handy, T. C. The neurocognitive consequences of the wandering mind:  
820 a mechanistic account of sensory-motor decoupling. *Front. Psychol.* **4**, 725 (2013).
- 821 11. Mooneyham, B. W. & Schooler, J. W. The costs and benefits of mind-wandering: A  
822 review. *Can. J. Exp. Psychol. Can. Psychol. Expérimentale* **67**, 11–18 (2013).

- 823 12. Randall, J. G., Oswald, F. L. & Beier, M. E. Mind-wandering, cognition, and  
824 performance: a theory-driven meta-analysis of attention regulation. *Psychol. Bull.* **140**,  
825 1411 (2014).
- 826 13. Smallwood, J. & Schooler, J. W. The Science of Mind Wandering: Empirically  
827 Navigating the Stream of Consciousness. *Annu. Rev. Psychol.* **66**, 487–518 (2015).
- 828 14. Thomson, D. R., Ralph, B. C. W., Besner, D. & Smilek, D. The more your mind  
829 wanders, the smaller your attentional blink: An individual differences study. *Q. J. Exp.*  
830 *Psychol.* **68**, 181–191 (2015).
- 831 15. Unsworth, N. & Robison, M. K. The influence of lapses of attention on working  
832 memory capacity. *Mem. Cognit.* **44**, 188–196 (2016).
- 833 16. Blondé, P., Makowski, D., Sperduti, M. & Piolino, P. In Medio Stat Virtus:  
834 intermediate levels of mind wandering improve episodic memory encoding in a  
835 virtual environment. *Psychol. Res.* **85**, 1613–1625 (2021).
- 836 17. Mrazek, M. D. *et al.* The role of mind-wandering in measurements of general aptitude.  
837 *J. Exp. Psychol. Gen.* **141**, 788–798 (2012).
- 838 18. Seli, P., Carriere, J. S. A. & Smilek, D. Not all mind wandering is created equal:  
839 dissociating deliberate from spontaneous mind wandering. *Psychol. Res.* **79**, 750–758  
840 (2015).
- 841 19. Klinger, E. Thought flow: Properties and mechanisms underlying shifts in content.  
842 in *At play in the fields of consciousness: Essays in honor of Jerome L. Singer*. 29–50 (Lawrence  
843 Erlbaum Associates Publishers, 1999).
- 844 20. McVay, J. C. & Kane, M. J. Does mind wandering reflect executive function or  
845 executive failure? Comment on Smallwood and Schooler (2006) and Watkins (2008).  
846 *Psychol. Bull.* **136**, 188–197 (2010).
- 847 21. Smallwood, J., O'Connor, R. C., Sudberry, M. V., Haskell, C. & Ballantyne, C. The  
848 consequences of encoding information on the maintenance of internally generated  
849 images and thoughts: The role of meaning complexes. *Conscious. Cogn.* **13**, 789–820  
850 (2004).

- 851 22. Anderson, F. T. & McDaniel, M. A. Hey buddy, why don't we take it outside: An  
 852 experience sampling study of prospective memory. *Mem. Cognit.* **47**, 47–62 (2019).
- 853 23. Girardeau, J.-C., Sperduti, M., Blondé, P. & Piolino, P. Where Is My Mind...? The  
 854 Link between Mind Wandering and Prospective Memory. *Brain Sci.* **12**, 1139 (2022).
- 855 24. Stawarczyk, D., Cassol, H. & D'Argembeau, A. Phenomenology of future-oriented  
 856 mind-wandering episodes. *Front. Psychol.* **4**, (2013).
- 857 25. Kvavilashvili, L. & Fisher, L. Is time-based prospective remembering mediated by  
 858 self-initiated rehearsals? Role of incidental cues, ongoing activity, age, and motivation.  
 859 *J. Exp. Psychol. Gen.* **136**, 112–132 (2007).
- 860 26. Mason, M. F. & Reinholtz, N. Avenues down which a self-reminding mind can  
 861 wander. *Motiv. Sci.* **1**, 1–21 (2015).
- 862 27. Szarras, K. & Niedźwieńska, A. The role of rehearsals in self-generated prospective  
 863 memory tasks. *Int. J. Psychol.* **46**, 346–353 (2011).
- 864 28. Finnbogadóttir, H. & Berntsen, D. Involuntary future projections are as frequent as  
 865 involuntary memories, but more positive. *Conscious. Cogn.* **22**, 272–280 (2013).
- 866 29. Mills, C., Herrera-Bennett, A., Faber, M. & Christoff, K. *Why the Mind Wanders*. vol.  
 867 1 (Oxford University Press, 2018).
- 868 30. Varma, S., Takashima, A., Fu, L. & Kessels, R. P. Mindwandering propensity  
 869 modulates episodic memory consolidation. *Aging Clin. Exp. Res.* **31**, 1601–1607  
 870 (2019).
- 871 31. Freeman, J. E. & Ellis, J. A. The representation of delayed intentions: A prospective  
 872 subject-performed task? *J. Exp. Psychol. Learn. Mem. Cogn.* **29**, 976 (2003).
- 873 32. Goschke, T. & Kuhl, J. Representation of intentions: Persisting activation in memory.  
 874 *J. Exp. Psychol. Learn. Mem. Cogn.* **19**, 1211 (1993).
- 875 33. Marsh, R. L., Hicks, J. L. & Bink, M. L. Activation of completed, uncompleted, and  
 876 partially completed intentions. *J. Exp. Psychol. Learn. Mem. Cogn.* **24**, 350 (1998).
- 877 34. Maylor, E. A., Darby, R. J. & Sala, S. D. Retrieval of performed versus to-be-  
 878 performed tasks: A naturalistic study of the intention-superiority effect in normal

- 879 aging and dementia. *Appl. Cogn. Psychol. Off. J. Soc. Appl. Res. Mem. Cogn.* **14**, S83–S98  
 880 (2000).
- 881 35. Schult, J. C. & Steffens, M. C. Tuned for the future: Intentions are only accessible  
 882 when a retrieval opportunity is near. *Mem. Cognit.* **41**, 1252–1260 (2013).
- 883 36. Ellis, D. The dilemma of measurement in information retrieval research. *J. Am. Soc.*  
 884 *Inf. Sci.* **47**, 23–36 (1996).
- 885 37. Ellis, J. A. & Nimmo-Smith, I. Recollecting naturally-occurring intentions: A study of  
 886 cognitive and affective factors. *Memory* **1**, 107–126 (1993).
- 887 38. Goschke, T. & Kuhl, J. Remembering what to do: Explicit and implicit memory for  
 888 intentions. (1996).
- 889 39. Einstein, G. O. & McDaniel, M. A. Normal aging and prospective memory. *J. Exp.*  
 890 *Psychol. Learn. Mem. Cogn.* **16**, 717–726 (1990).
- 891 40. McDaniel, M. A. & Einstein, G. O. Strategic and automatic processes in prospective  
 892 memory retrieval: a multiprocess framework. *Appl. Cogn. Psychol.* **14**, (2000).
- 893 41. Rummel, J. & Kvavilashvili, L. Current theories of prospective memory and new  
 894 directions for theory development. *Nat. Rev. Psychol.* **2**, 40–54 (2023).
- 895 42. Ellis, J. & Kvavilashvili, L. Prospective memory in 2000: Past, present, and future  
 896 directions. *Appl. Cogn. Psychol.* **14**, S1–S9 (2000).
- 897 43. Kliegel, M., Jäger, T. & Phillips, L. H. Adult age differences in event-based  
 898 prospective memory: A meta-analysis on the role of focal versus nonfocal cues.  
 899 *Psychol. Aging* **23**, 203–208 (2008).
- 900 44. Zuber, S. & Kliegel, M. Prospective Memory Development Across the Lifespan: An  
 901 Integrative Framework. *Eur. Psychol.* **25**, 162–173 (2020).
- 902 45. Gonneaud, J. *et al.* Distinct and shared cognitive functions mediate event- and time-  
 903 based prospective memory impairment in normal ageing. *Memory* **19**, 360–377 (2011).
- 904 46. Martin, M., Kliegel, M. & McDaniel, M. A. The involvement of executive functions  
 905 in prospective memory performance of adults. *Int. J. Psychol.* **38**, 195–206 (2003).

- 906 47. Rose, N. S. *et al.* Cognitive and neural plasticity in older adults' prospective memory  
 907 following training with the Virtual Week computer game. *Front. Hum. Neurosci.* **9**,  
 908 (2015).
- 909 48. Schnitzspahn, K. M., Stahl, C., Zeintl, M., Kaller, C. P. & Kliegel, M. The role of  
 910 shifting, updating, and inhibition in prospective memory performance in young and  
 911 older adults. *Dev. Psychol.* **49**, 1544–1553 (2013).
- 912 49. Smith, R. E. The cost of remembering to remember in event-based prospective  
 913 memory: Investigating the capacity demands of delayed intention performance. *J.*  
 914 *Exp. Psychol. Learn. Mem. Cogn.* **29**, 347–361 (2003).
- 915 50. Shelton, J. T. & Scullin, M. K. The dynamic interplay between bottom-up and top-  
 916 down processes supporting prospective remembering. *Curr. Dir. Psychol. Sci.* **26**, 352–  
 917 358 (2017).
- 918 51. Logie, R. H., Law, A., Trawley, S. & Nissan, J. Multitasking, working memory and  
 919 remembering intentions. *Psychol. Belg.* **50**, 309 (2010).
- 920 52. Seli, P., Smilek, D., Ralph, B. C. W. & Schacter, D. L. The awakening of the attention:  
 921 Evidence for a link between the monitoring of mind wandering and prospective goals.  
 922 *J. Exp. Psychol. Gen.* **147**, 431–443 (2018).
- 923 53. Girardeau, J.-C. *et al.* The impact of state and dispositional mindfulness on  
 924 prospective memory: A virtual reality study. *Conscious. Cogn.* **81**, 102920 (2020).
- 925 54. Cohen, A.-L. Attentional decoupling while pursuing intentions: a form of mind  
 926 wandering? *Front. Psychol.* **4**, 693 (2013).
- 927 55. Brosowsky, N. P., Murray, S., Schooler, J. W. & Seli, P. Thought dynamics under task  
 928 demands: Evaluating the influence of task difficulty on unconstrained thought. *J. Exp.*  
 929 *Psychol. Hum. Percept. Perform.* **47**, 1298 (2021).
- 930 56. Forrin, N. D., Risko, E. F. & Smilek, D. On the relation between reading difficulty  
 931 and mind-wandering: a section-length account. *Psychol. Res.* **83**, 485–497 (2019).
- 932 57. Smallwood, J., McSpadden, M. & Schooler, J. W. The lights are on but no one's home:  
 933 Meta-awareness and the decoupling of attention when the mind wanders. *Psychon.*  
 934 *Bull. Rev.* **14**, 527–533 (2007).

- 935 58. Smallwood, J., Fishman, D. J. & Schooler, J. W. Counting the cost of an absent mind:  
936 Mind wandering as an underrecognized influence on educational performance.  
937 *Psychon. Bull. Rev.* **14**, 230–236 (2007).
- 938 59. Yanko, M. R. & Spalek, T. M. Driving with the wandering mind: The effect that mind-  
939 wandering has on driving performance. *Hum. Factors* **56**, 260–269 (2014).
- 940 60. Zhang, H., Qu, C., Miller, K. F. & Cortina, K. S. Missing the joke: Reduced rereading  
941 of garden-path jokes during mind-wandering. *J. Exp. Psychol. Learn. Mem. Cogn.* **46**,  
942 638 (2020).
- 943 61. Blondé, P., Sperduti, M., Makowski, D. & Piolino, P. Bored, distracted, and forgetful:  
944 The impact of mind wandering and boredom on memory encoding. *Q. J. Exp. Psychol.*  
945 **75**, 53–69 (2022).
- 946 62. Lecouvey, G., Gonneaud, J., Eustache, F. & Desgranges, B. Les apports de la réalité  
947 virtuelle en neuropsychologie: l'exemple de la mémoire prospective. *Rev. Neuropsychol.*  
948 **4**, 267–276 (2012).
- 949 63. Duivon, M., Perrier, J., Desgranges, B. & Giffard, B. Actualités sur la plainte cognitive  
950 associée au cancer du sein : la mémoire prospective, une mémoire oubliée. *Rev.*  
951 *Neuropsychol.* **10**, 222 (2018).
- 952 64. Lecouvey, G. *et al.* Is binding decline the main source of the ageing effect on  
953 prospective memory? A ride in a virtual town. *Socioaffective Neurosci. Psychol.* **7**, 1304610  
954 (2017).
- 955 65. Man, D. W. *et al.* Validation of the virtual-reality prospective memory test (Hong  
956 Kong Chinese version) for individuals with first-episode schizophrenia. *Neuropsychol.*  
957 *Rehabil.* **28**, 1197–1210 (2018).
- 958 66. Plechatá, A., Sahula, V., Fayette, D. & Fajnerová, I. Age-Related Differences With  
959 Immersive and Non-immersive Virtual Reality in Memory Assessment. *Front. Psychol.*  
960 **10**, 1330–1330 (2019).
- 961 67. Slater, M. & Sanchez-Vives, M. V. Enhancing Our Lives with Immersive Virtual  
962 Reality. *Front. Robot. AI* **3**, (2016).

- 963 68. Steed, A. & Schroeder, R. Collaboration in Immersive and Non-immersive Virtual  
964 Environments. in *Immersed in Media: Telepresence Theory, Measurement & Technology* (eds.  
965 Lombard, M., Biocca, F., Freeman, J., IJsselsteijn, W. & Schaevitz, R. J.) 263–282  
966 (Springer International Publishing, 2015). doi:10.1007/978-3-319-10190-3\_11.
- 967 69. Kourtesis, P., Collina, S., Doumas, L. A. & MacPherson, S. E. Validation of the virtual  
968 reality neuroscience questionnaire: maximum duration of immersive virtual reality  
969 sessions without the presence of pertinent adverse symptomatology. *Front. Hum.*  
970 *Neurosci.* **13**, 417 (2019).
- 971 70. Bohil, C. J., Alicea, B. & Biocca, F. A. Virtual reality in neuroscience research and  
972 therapy. *Nat. Rev. Neurosci.* **12**, 752–762 (2011).
- 973 71. Parsons, T. D. Virtual reality for enhanced ecological validity and experimental  
974 control in the clinical, affective and social neurosciences. *Front. Hum. Neurosci.* **9**, 660  
975 (2015).
- 976 72. Rizzo, A. A., Schultheis, M., Kerns, K. A. & Mateer, C. Analysis of assets for virtual  
977 reality applications in neuropsychology. *Neuropsychol. Rehabil.* **14**, 207–239 (2004).
- 978 73. Teo, W.-P. *et al.* Does a combination of virtual reality, neuromodulation and  
979 neuroimaging provide a comprehensive platform for neurorehabilitation?—a narrative  
980 review of the literature. *Front. Hum. Neurosci.* **10**, 284 (2016).
- 981 74. Armougum, A., Orriols, E., Gaston-Bellegarde, A., Joie-La Marle, C. & Piolino, P.  
982 Virtual reality: A new method to investigate cognitive load during navigation. *J.*  
983 *Environ. Psychol.* **65**, 101338 (2019).
- 984 75. Lenormand, D. & Piolino, P. In search of a naturalistic neuroimaging approach:  
985 Exploration of general feasibility through the case of VR-fMRI and application in the  
986 domain of episodic memory. *Neurosci. Biobehav. Rev.* **133**, 104499–104499 (2022).
- 987 76. Arch, J. J. & Craske, M. G. Mechanisms of mindfulness: Emotion regulation  
988 following a focused breathing induction. *Behav. Res. Ther.* **44**, 1849–1858 (2006).
- 989 77. Garland, E. L., Hanley, A., Farb, N. A. & Froeliger, B. State mindfulness during  
990 meditation predicts enhanced cognitive reappraisal. *Mindfulness* **6**, 234–242 (2015).



- 991 78. Kroenke, K., Spitzer, R. L., Williams, J. B. W. & Löwe, B. An Ultra-Brief Screening  
992 Scale for Anxiety and Depression: The PHQ-4. *Psychosomatics* **50**, 613–621 (2009).
- 993 79. Stroop, J. R. Studies of interference in serial verbal reactions. *J. Exp. Psychol.* **18**, 643  
994 (1935).
- 995 80. Rummel, J., Danner, D. & Kuhlmann, B. G. The short version of the Metacognitive  
996 Prospective Memory Inventory (MPMI-s): factor structure, reliability, validity, and  
997 reference data. *Meas. Instrum. Soc. Sci.* **1**, 6 (2019).
- 998 81. Makowski, D. & Dutriaux, L. Neuropsychia. py: A python module for creating  
999 experiments, tasks and questionnaires. *J. Open Source Softw.* **2**, 259 (2017).
- 1000 82. Löwe, B. *et al.* A 4-item measure of depression and anxiety: Validation and  
1001 standardization of the Patient Health Questionnaire-4 (PHQ-4) in the general  
1002 population. *J. Affect. Disord.* **122**, 86–95 (2010).
- 1003 83. Mrazek, M. D., Franklin, M. S., Phillips, D. T., Baird, B. & Schooler, J. W.  
1004 Mindfulness training improves working memory capacity and GRE performance  
1005 while reducing mind wandering. *Psychol. Sci.* **24**, 776–781 (2013).
- 1006 84. Yusoff, M. S. B., Rahim, A. F. A. & Yaacob, M. J. The development and validity of  
1007 the Medical Student Stressor Questionnaire (MSSQ). *ASEAN J. Psychiatry* **11**, 231–5  
1008 (2010).
- 1009 85. Schubert, T., Friedmann, F. & Regenbrecht, H. The experience of presence: Factor  
1010 analytic insights. *Presence Teleoperators Virtual Environ.* **10**, 266–281 (2001).
- 1011 86. Magaki, T. & Vallance, M. Developing an accessible evaluation method of VR  
1012 cybersickness. in 1072–1073 (IEEE, 2019).
- 1013 87. Debarnot, U. *et al.* Intermittent theta burst stimulation over left BA10 enhances  
1014 virtual reality-based prospective memory in healthy aged subjects. *Neurobiol. Aging* **36**,  
1015 2360–2369 (2015).
- 1016 88. Einstein, G. O., McDaniel, M. A., Richardson, S. L., Guynn, M. J. & Cunfer, A. R.  
1017 Aging and prospective memory: examining the influences of self-initiated retrieval  
1018 processes. *J. Exp. Psychol. Learn. Mem. Cogn.* **21**, 996 (1995).

- 019 89. Henry, J. D., MacLeod, M. S., Phillips, L. H. & Crawford, J. R. A Meta-Analytic  
020 Review of Prospective Memory and Aging. *Psychol. Aging* **19**, 27–39 (2004).
- 021 90. Kalpouzos, G., Eustache, F. & Desgranges, B. La mémoire prospective au cours du  
022 vieillissement : déclin ou préservation ? *NPG Neurol. - Psychiatr. - Gériatrie* **8**, 25–31  
023 (2008).
- 024 91. Varma, S. *et al.* Non-interfering effects of active post-encoding tasks on episodic  
025 memory consolidation in humans. *Front. Behav. Neurosci.* **11**, 54 (2017).
- 026 92. Zeigarnik, B. Das Behalten erledigter und unerledigter Handlungen [Remembering  
027 finished and unfinished tasks]. *Psychol. Forsch.* **9**, 1–85 (1927).
- 028 93. Anderson, F. T., McDaniel, M. A. & Einstein, G. O. Remembering to Remember:  
029 An Examination of the Cognitive Processes Underlying Prospective Memory ☆. in  
030 *Learning and Memory: A Comprehensive Reference* 451–463 (Elsevier, 2017).  
031 doi:10.1016/B978-0-12-809324-5.21049-3.
- 032 94. Baird, B., Smallwood, J. & Schooler, J. W. Back to the future: Autobiographical  
033 planning and the functionality of mind-wandering. *Conscious. Cogn.* **20**, 1604–1611  
034 (2011).
- 035 95. D’Argembeau, A., Renaud, O. & Van der Linden, M. Frequency, characteristics and  
036 functions of future-oriented thoughts in daily life. *Appl. Cogn. Psychol.* **25**, 96–103  
037 (2011).
- 038 96. Kvavilashvili, L. & Rummel, J. On the Nature of Everyday Prospection: A Review  
039 and Theoretical Integration of Research on Mind-Wandering, Future Thinking, and  
040 Prospective Memory. *Rev. Gen. Psychol.* **24**, 210–237 (2020).
- 041 97. Song, X. & Wang, X. Mind Wandering in Chinese Daily Lives – An Experience  
042 Sampling Study. *PLoS ONE* **7**, e44423 (2012).
- 043 98. Stawarczyk, D., Majerus, S., Maj, M., Van der Linden, M. & D’Argembeau, A. Mind-  
044 wandering: Phenomenology and function as assessed with a novel experience  
045 sampling method. *Acta Psychol. (Amst.)* **136**, 370–381 (2011).
- 046 99. Altgassen, M. *et al.* Future thinking improves prospective memory performance and  
047 plan enactment in older adults. *Q. J. Exp. Psychol.* **68**, 192–204 (2015).

- 1048 100. Neroni, M. A., Gamboz, N. & Brandimonte, M. A. Does episodic future thinking  
1049 improve prospective remembering? *Conscious. Cogn.* **23**, 53–62 (2014).
- 1050 101. Addis, D. R., Wong, A. T. & Schacter, D. L. Age-related changes in the episodic  
1051 simulation of future events. *Psychol. Sci.* **19**, 33–41 (2008).
- 1052 102. La Corte, V. *et al.* The role of semantic memory in prospective memory and episodic  
1053 future thinking: new insights from a case of semantic dementia. *Memory* **29**, 943–962  
1054 (2021).
- 1055 103. Nigro, G., Brandimonte, M. A., Cicogna, P. & Cosenza, M. Episodic future thinking  
1056 as a predictor of children’s prospective memory. *J. Exp. Child Psychol.* **127**, 82–94  
1057 (2014).
- 1058 104. Terrett, G. *et al.* The relationship between prospective memory and episodic future  
1059 thinking in younger and older adulthood. *Q. J. Exp. Psychol.* **69**, 310–323 (2016).
- 1060 105. Atance, C. M. & O’Neill, D. K. Episodic future thinking. *Trends Cogn. Sci.* **5**, 533–539  
1061 (2001).
- 1062 106. Schacter, D. L., Addis, D. R. & Buckner, R. L. Remembering the past to imagine the  
1063 future: the prospective brain. *Nat. Rev. Neurosci.* **8**, 657–661 (2007).
- 1064 107. D’Argembeau, A., Ortoleva, C., Jumentier, S. & Van der Linden, M. Component  
1065 processes underlying future thinking. *Mem. Cognit.* **38**, 809–819 (2010).
- 1066 108. Irish, M., Addis, D. R., Hodges, J. R. & Piguet, O. Considering the role of semantic  
1067 memory in episodic future thinking: evidence from semantic dementia. *Brain* **135**,  
1068 2178–2191 (2012).
- 1069 109. Buckner, R. L. & Carroll, D. C. Self-projection and the brain. *Trends Cogn. Sci.* **11**, 49–  
1070 57 (2007).
- 1071 110. Schacter, D. L., Benoit, R. G. & Szpunar, K. K. Episodic future thinking: mechanisms  
1072 and functions. *Curr. Opin. Behav. Sci.* **17**, 41–50 (2017).
- 1073 111. Schacter, D. L. & Madore, K. P. Remembering the past and imagining the future:  
1074 Identifying and enhancing the contribution of episodic memory. *Mem. Stud.* **9**, 245–  
1075 255 (2016).

- 1076 112. Irish, M. & Piguet, O. The pivotal role of semantic memory in remembering the past  
1077 and imagining the future. *Front. Behav. Neurosci.* **7**, 27 (2013).
- 1078 113. La Corte, V. & Piolino, P. On the role of personal semantic memory and temporal  
1079 distance in episodic future thinking: The 'TEDIFT' model. *Front. Hum. Neurosci.* **10**,  
1080 385 (2016).
- 1081 114. Hogan, C., Fleming, J., Cornwell, P. & Shum, D. H. K. The impact of using  
1082 implementation intentions as task instructions on prospective memory performance  
1083 after stroke. *Neuropsychol. Rehabil.* 1–16 (2021) doi:10.1080/09602011.2021.1997766.
- 1084 115. Kliegel, M., McDaniel, M. A. & Einstein, G. O. Plan formation, retention, and  
1085 execution in prospective memory: A new approach and age-related effects. *Mem.*  
1086 *Cognit.* **28**, 1041–1049 (2000).
- 1087 116. Tulving, E. & Szpunar, K. K. 248Does The Future Exist? in *Mind and the Frontal Lobes:*  
1088 *Cognition, Behavior, and Brain Imaging* (eds. Levine, B. & Craik I.M., F.) 0 (Oxford  
1089 University Press, 2011). doi:10.1093/acprof:oso/9780199791569.003.0075.
- 1090 117. Jebara, N., Orriols, E., Zaoui, M., Berthoz, A. & Piolino, P. Effects of enactment in  
1091 episodic memory: a pilot virtual reality study with young and elderly adults. *Front.*  
1092 *Aging Neurosci.* **6**, 338 (2014).
- 1093 118. Chasteen, A. L., Park, D. C. & Schwarz, N. Implementation intentions and facilitation  
1094 of prospective memory. *Psychol. Sci.* **12**, 457–461 (2001).
- 1095 119. Mioni, G. *et al.* Improving prospective memory performance with future event  
1096 simulation in traumatic brain injury patients. *Br. J. Clin. Psychol.* **56**, 130–148 (2017).
- 1097 120. Paraskevaides, T. *et al.* Drinking and future thinking: acute effects of alcohol on  
1098 prospective memory and future simulation. *Psychopharmacology (Berl.)* **208**, 301–308  
1099 (2010).
- 1100 121. Cole, S. & Kvavilashvili, L. Spontaneous and deliberate future thinking: a dual process  
1101 account. *Psychol. Res.* **85**, 464–479 (2021).
- 1102 122. Rizzo, A., Gambino, G., Sardo, P. & Rizzo, V. Being in the past and perform the  
1103 future in a virtual world: VR applications to assess and enhance episodic and

l104 prospective memory in normal and pathological aging. *Front. Hum. Neurosci.* **14**, 297  
l105 (2020).  
l106

Effet différencié de deux styles de  
*mindfulness* sur la mémoire prospective

---

## 8.1. Étude 4: Introduction

L'**Étude 1** nous avait offert de nombreuses pistes de réflexion et créé des ouvertures théoriques enthousiasmantes. Plusieurs hypothèses avaient été retenues pour expliquer le manque de différence significative entre les deux conditions expérimentales (*mindfulness* & *mind wandering*). L'une d'entre elles était qu'il y avait pu avoir un manque d'effet de l'induction de la *mindfulness* parce que le type d'exercice de méditation choisi n'était pas le plus approprié pour observer un effet suffisant sur les performances de MP. Comme nous avons le voir dans le corps théorique de cette thèse, deux pratiques différentes de *mindfulness* (l'Attention Focalisée et l'Attention Ouverte) auraient un effet dissocié sur les capacités attentionnelles et exécutives, et donc une influence différente sur la MP. Nous supposons donc que les états de contrôle métacognitifs différents induit par l'AF et l'AO puissent se distinguer par un plus grand effet de l'état de l'AO sur les performances de MP que l'état de l'AF en raison d'un contrôle attentionnel plus distribué, permettant une plus grande flexibilité. L'**Étude 4** a donc pour objectif d'étudier les impacts respectifs d'une courte induction de ces deux styles de méditation sur la MP et de répondre, de cette manière, à l'**Axe 1**.

Cette fois-ci, l'étude a été menée avec une tâche MP expérimentale plus traditionnelle, spécialement développée pour l'occasion, intégrée à une tâche de détection de cibles (visages) exigeante comme tâche concurrente. Afin de se rapprocher le plus possible d'une situation écologique, les indices prospectifs correspondent à des situations de la vie quotidienne avec une association indice-action plus ou moins courante (à la boulangerie, acheter du pain ; à la station-service, acheter des glaçons). Nous avons créé la tâche comme un compromis entre une tâche en laboratoire et une tâche de réalité virtuelle, suivant ainsi les objectifs de l'**Axe 2**.

---

## Résumé de l'Etude 4

La pleine conscience (*mindfulness*) regroupe différentes pratiques de régulation émotionnelle et attentionnelle dont les deux principales sont l'Attention Focalisée (AF) et l'Attention Ouverte (AO). Ces deux techniques, sous-tendues par des processus cognitifs différents, auraient un effet dissocié sur les capacités attentionnelles et exécutives. Par leur mécanismes, l'AF et l'AO induiraient deux états de contrôle métacognitifs différents. Ce contrôle, soutenu par deux systèmes antagonistes, oscillerait entre le maintien d'un objectif (persistance) et la prise en compte des évolutions de l'environnement (flexibilité). Ainsi, la pratique AO pourrait avoir un plus grand effet sur les performances MP que FA en raison d'un contrôle attentionnel plus distribué permettant une plus grande flexibilité.

Pour tester spécifiquement cette hypothèse, 52 participants, répartis en trois groupes (Attention Focalisée, N = 15 / Attention Ouverte, N = 13 / Condition contrôle, N = 24), devaient détecter, à chaque essai, une cible (visages) précédemment mémorisée parmi plusieurs distracteurs, disposés en cercle autour d'une image pouvant être un indice prospectif ou un distracteur. 2 visages cibles (1 femme/1 homme) et 10 associations entre un indice et une action étaient à mémoriser. Lors de la tâche de MP, un des deux visages cibles était présenté parmi 6 visages distracteurs (48 au total). Tout en indiquant lequel des deux visages cibles était présent, les participants devaient identifier les indices prospectifs préalablement encodés et rappeler l'action associée.

Les résultats n'ont pas montré d'effet significatif d'une courte induction de *mindfulness* sur les performances de MP, ni de différence d'effet entre les deux types de méditation. Conformément à la littérature, les scores de flexibilité mentale étaient positivement associés aux performances de MP. Les scores d'inhibition ont également montré une corrélation positive avec la réussite de la tâche en cours. Cependant, cette étude est avant tout préliminaire et toujours en cours d'expérimentation.



---

## 8.2. Étude 4: Focused Attention and Open Monitoring: do all the *mindfulness*' paths lead to prospective memory ?

- Girardeau, J. C., Blondé, P., Piolino, P., & Sperduti, M. (2022). Focused Attention and Open Monitoring : do all the *mindfulness*' paths lead to prospective memory ?

# Focused Attention and Open Monitoring: do all the *mindfulness*' paths lead to prospective memory ?

Jean-Charles Girardeau<sup>1\*</sup>, Philippe Blondé<sup>2</sup>, Pascale Piolino<sup>1,3</sup> & Marco Sperduti<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Laboratoire Mémoire, Cerveau & Cognition (LMC<sup>2</sup> UR7536), Institut de Psychologie, Université Paris Descartes, Université Sorbonne Paris-Cité, Paris, France

<sup>2</sup>Icelandic Vision Lab, University of Iceland

<sup>3</sup> Institut Universitaire de France (IUF), France

## Author Note

\*Correspondance :

Jean-Charles Girardeau

Laboratoire Mémoire, Cerveau & Cognition (LMC<sup>2</sup> EA7536)

Institut de Psychologie

Université Paris Descartes

71 Ave Édouard Vaillant, 92100 Boulogne-Billancourt

[jean-charles.girardeau@parisdescartes.fr](mailto:jean-charles.girardeau@parisdescartes.fr)

### Abstract

Every day, we form intentions about actions to be performed in the more or less near future. The ability to form these intentions, to remember them and to execute them at the right time is referred to in the scientific literature as prospective memory (PM). Opportunities to perform intended tasks occur in the midst of other ongoing activities, so that completion of tasks stored in PM often requires multitasking. The recovery and execution of these actions require attentional resources and executive functions. Studies on the effects of *mindfulness* meditation have shown significant benefits on cognitive functioning (attention and executive functions). The different *mindfulness* techniques can be classified into two main styles: “Focused Attention” (FA) and “Open Monitoring” (OM). These two practices are underpinned by distinct cognitive processes and would have a differentiated effect on attentional and executive capacities, central functions in PM processes. By their mechanisms, FA and OA induce two different states of metacognitive control, supported by two antagonistic systems, would oscillate between maintaining a goal (persistence) and taking into account changes in the environment (flexibility). Thus, AO practice could have a greater effect on PM performance than FA because of a more distributed attentional control allowing for greater flexibility. To specifically test this hypothesis, 52 participants, divided into three groups (Focused Attention, N = 15 / Open Attention, N = 13 / Control Condition, N = 24), had to detect, on each trial, a target (faces) previously memorized among several distractors, arranged in a circle around an image that could be a prospective cue or a distractor. 2 target faces (1 female/1 male) and 10 associations between a cue and an action were to be memorized. In the PM task, one of the two target faces was presented among 6 distractor faces (48 in total). While indicating which of the two target faces was present, participants had to identify the previously encoded prospective cues and recall the associated action. Results showed no significant effect of a short mindfulness induction on PM performance, nor did they show a difference in effect between the two types of meditation. Consistent with the literature, mental flexibility scores were positively associated with PM performance. Inhibition scores also showed a positive correlation with current task success. However, study is preliminary, and data are still being collected. The interpretations discussed are fully exploratory.

**Key words :** Prospective memory, Mindfulness, Metacognitive control

## 1. Introduction

The purpose of PM is to remember to perform an action that one has previously planned to perform. It involves expressing an intention in the present moment and remembering this intention at an appropriate time in the future. PM thus has two components: a retrospective component defined by the encoding of the action to be carried out and its association with a target event, and a prospective component which corresponds to the fact of remembering that an action must be carried out when the appropriate time comes (Einstein & McDaniel, 1990).

Ellis (1996) proposed a decomposition of PM into five phases. The first phase corresponds to the formation and encoding of the intention and action as well as the contextual cues that identify the time at which the action should be performed. The second phase is the retention phase and represents the time interval between the encoding of the intention and the moment at which the action is to be performed. During this phase, as another activity is usually in progress, the intention leaves the field of consciousness and is not retained in working memory. The third sentence represents the performance interval or time interval during which it is appropriate to perform the intended action. The fourth is the initiation and execution of the action. For the task to be successful, the execution must take place during the performance interval. The fifth and final phase is the evaluation of the outcome allowing the action not to be repeated if it has been completed or to plan a future attempt if the intention has been forgotten. (Einstein & McDaniel, 1990) proposed a categorization of PM tasks according to two types of prospective cue allowing for the retrieval of the intention. When the action is associated with a perceptible event in the environment (e.g., thinking about buying bread when passing the bakery), it is then said to be event-based. When the action must be performed at a specific time or after a certain interval of time (think of calling someone back at a certain time), it is said to be time-based.

To account for the different cognitive processes underlying PM, two main theoretical models currently prevail in the literature. According to (M. A. McDaniel & Einstein, 2000) model based on event-based cues, recalling a previously formed intention can involve either automatic or controlled processes. The differential involvement of these processes would depend on multiple factors. Thus, the more important an intended action would be considered, the more attention and strategic processes would be involved in retrieving the intention. Also, a high distinctiveness or salience of the prospective cue could favor automatic retrieval of the

intention as well as a strong association between the cue and the planned action. As for the current task, when it involves the processing of the prospective cue, the retrieval of the intention could be spontaneous. Finally, this model states that the more attentional resources the current task would require, the more likely it would compromise a PM task requiring strategic processes. Another theory proposed by Smith (2003) suggests that the performance of an event-based PM task would necessarily involve controlled cognitive processes. This theory is based on the postulate that, like a dual task, a PM task would generate a situation of divided attention. According to Smith (2003), success in a PM task would therefore be based on the paradigm of limited cognitive resources because it would involve attentional preparation processes that continuously monitor the environment to anticipate the appearance of the prospective cue. These pre-attentional processes would decrease the resources allocated to the current task and would significantly affect its realization. Finally, when the prospective cue appears, processes related to retrospective memory would be necessary to discriminate it from distractors present in the environment and to recover the intention previously associated with this cue (Smith, 2003).

These models highlight the central role of attentional, executive and retrospective memory processes in event-based tasks. The processes involved in the prospective component of time-based tasks would be different because the retrieval of intention no longer depends on an external cue perceptible in the environment but on self-initiated reflexive control processes (Einstein & McDaniel, 1990). Thus, an experiment comparing young and old subjects on event-based and time-based tasks showed that performance on time-based tasks was inversely correlated with age and positively correlated with increasing frequency of time control as the target time approached (Einstein et al., 1995). One explanation proposed by the authors is that a decrease in attentional resources and working memory capacity in older subjects would prevent a sufficient increase in the rate of time flow control. Successful retrieval of the intention could also depend on its level of activation in memory, which would itself be related to the quality of encoding and the degree of planning involved in forming the intention (Mäntylä, 2003). According to (M. A. McDaniel et al., 1998), other processes would also be required after intention retrieval to interrupt or inhibit ongoing action in order to organize and execute the intended action. (Gonneaud et al., 2011) showed that success on event- and time-based PM tasks depended mostly on executive control abilities to interrupt the ongoing task. Success on the event-based task was also positively correlated with working memory and retrospective episodic memory abilities. From a brain perspective, a functional magnetic resonance imaging (fMRI) study conducted by (Oksanen et al., 2014) was able to show

dissociated patterns of brain activations between these two types of tasks. The event-based task generated sustained activation in regions related to attentional monitoring processes while the time-based task generated stronger transient activations in the pre-supplementary motor area. According to the authors, the transient nature of the activations indicated a distinct form of discontinuous monitoring with a pattern similar to the activations observed in volitional decision-making tasks.

In summary, PM can be conceptualized as a set of complex interactions between different memory, attentional and executive functions. Failure in a PM task can therefore occur for multiple reasons. Currently, methods of rehabilitation for PM are mostly based on palliative strategies, retraining of PM and/or executive functions, or meta-cognitive training strategies (Fish et al., 2010; Mahan et al., 2017). While a large body of research highlights the benefits of meditation on cognition, the potential benefits of such a practice on PM remain largely unexplored at this time.

Interest in *mindfulness* meditation has grown considerably over the past two decades, particularly in the field of clinical and cognitive psychology. *Mindfulness* is viewed from the perspective of contemporary psychology, as a set of emotional and attentional control strategies for maintaining well-being and reducing emotional distress and maladaptive behaviors (Tang et al., 2015). While *mindfulness* is defined as a skill or mental state that can be developed via certain forms of meditation (Kabat-Zinn, 1990), it is also considered a trait present in every person at varying levels. According to Tang et al. (2015), this predisposition to *mindfulness*, referred to as dispositional mindfulness, may influence how individuals practice and benefit from meditation. The various *Mindfulness* practices can be categorized into two major styles: Focused Attention (FA) and Open Monitoring (OM) meditation (Lutz et al., 2008). The principle of FA is to engage and maintain sustained attention on a chosen object (e.g., the breath) while controlling external distractors and intrusive thoughts (mind wandering) and re-engaging attention on the object if attentional focus is lost. AF meditation therefore strongly involves sustained attention, selective attention but also conflict management and attentional switching skills. In contrast, OM is a form of meditation without an object. It consists of being aware of any thought, feeling or sensation at any time without attachment or reaction, without selection or prolonged focus and without secondary elaboration (Lutz et al., 2008). According to (Hommel & Colzato, 2017), an OM or FA session would induce a mental state that could oppositely influence the cognitive control exercised by an individual during a task. This control underpinned by two antagonistic systems would oscillate between

maintaining a goal (stability) and taking into account changes in the environment (flexibility) (Hommel & Colzato, 2017). Indeed, one study showed that in contrast to a short AF meditation session, an AO meditation session could induce a decrease in attentional blink and thus a better distribution of attention (Colzato, Sellaro, Samara, Baas, et al., 2015). Conversely, Colzato et al. (2016) were able to show that a FA induction significantly improved distractor suppression. According to another study, a short session of FA or OM meditation improved attentional control compared to a control group but showed no significant difference between the two experimental groups (Ainsworth et al., 2013). Regarding executive functions, *Mindfulness* practice would significantly improve the ability to inhibit maladaptive processes, representations, or behaviors (Gallant, 2016) and this ability would be more directly engaged in FA than in OM (Holas & Jankowski, 2013). With respect to retrospective memory, one study also showed that a short session of FA meditation could improve performance on a free recall task (Brown et al., 2016). While much of the research studies the effects of long-term meditation on cognition, these studies show that a short meditation session can also induce a state that can alter cognitive functioning. However, to our knowledge, only one study has investigated the impact of an AF meditation induction on PM (Girardeau et al., 2020) by comparing it to a mind wandering induction. While no differences were found between the two types of induction, they showed that performance on time-based actions was predicted by a particular trait of dispositional *mindfulness*.

In brief, the AF and OM meditation styles solicit a set of meta-cognitive processes strongly involving attentional and executive functions and would have opposite effects on the control exerted on them, even after a single session. As these functions appear to be central in the processes underlying PM, we hypothesize that the practice of FA and OM could significantly improve PM and that the practice of OM could have a greater effect than that of FA, due to a more distributed attentional control allowing a better flexibility.

To test these hypotheses, we set up a protocol to compare their PM performances after a short induction of AF or OM meditation or after listening to a story (control condition). We developed an original PM laboratory-based task. This task fulfilled the criteria required for a PM task: (1) delayed execution of intentions (15-minute retention interval between encoding intentions and the PM task), (2) performance of a routine action mobilizing cognitive resources (performing a visual task detection) that had to be interrupted for the realization of the intentions, (3) limited temporal window to initiate the intentions in order to determine the successful or failed recall of the intentions (M. McDaniel & Einstein, 2007). This task measured

event-based task performance manipulating two strengths of relationship (strong and weak) between actions and their external cues for event-based tasks.

We hypothesized that (1) PM performance would increase significantly after induction in the OM and AF groups for the event-based task while it would remain stable in the control group, (2) the improvement in PM performance in the OM group would be significantly greater than in the AF group after induction, for both types of tasks. However, since FA improves the suppression of distractors in the environment, an alternative hypothesis would be that the average score on event-based tasks in the FA group would improve significantly more than that in the AO group, due to a more efficient retrieval of external prospective cues.

## 2. Methods

### 2.1. Participants

Participants were recruited from the Institute of Psychology at the University of Paris Cité. To be eligible for the study, subjects should: i) be aged between 18 and 30 years old; ii) not practice meditation, ii) be native French speakers. They received credits for their participation. We recruited 52 young adults that were randomly assigned to a *mindfulness* FA (N=15, 13 females and 2 males,  $19.336 \pm 0.669$  years), *mindfulness* OM (N=13, 12 females and 1 male,  $21.11 \pm 5.538$  years) or a control condition (N=24, 20 females and 4 males,  $19.993 \pm 1.446$  years) induction. Subjects in the three groups were matched on demographic (age, academic level), affective (Depression assessed by the Beck Depression Inventory; Beck et al., 1996) and executive functions abilities (Inhibition measured by the Stroop and Flexibility by the Trail Making Test; (Crowe, 1998; Stroop, 1935) (See Table 1). This study was conducted in double blind. All subjects were recruited by an announcement offering to come and spend a relaxing moment, and experimenters were blind to what condition subjects were assigned. They were informed of the academic nature of the study and accepted that their responses would be processed anonymously. After the nature of the procedure had been fully explained, all participants gave written informed consent before carrying out the study. The protocol was carried out in accordance with the local ethical standards.



Table 1. Comparative table of means and standard deviations of matching data for the three groups of participants

	<i>AGE</i>	<i>INHIBITION</i>	<i>FLEXIBILITY</i>	<i>DEPRESSION</i>
<i>MINDFULNESS FA</i>	Mean = 19,336 (Sd = 0,669)	Mean = 6,533 (Sd = 4,086)	Mean = 34,878 (Sd = 12,530)	Mean = 22,247 (Sd = 14,898)
<i>MINDFULNESS OM</i>	Mean = 21,110 (Sd = 5,538)	Mean = 7,077 (Sd = 4,425)	Mean = 30,485 (Sd = 13,363)	Mean = 19,871 (Sd = 11,758)
<i>HISTORY</i>	Mean = 19,993 (Sd = 1,446)	Mean = 6,958 (Sd = 4,298)	Mean = 29,593 (Sd = 13,720)	Mean = 21,219 (Sd = 15,318)
<i>ANOVA</i>	F(2,49)=1,293  p = 0,284	F(2,49)=0,067,  p = 0,935	F(2,49)=0,765  p = 0,471	F(2,49)=0,095  p = 0,910

The three groups did also not differ in their gender composition  $F(2,49)=0.278$ ,  $p=0.759$ , nor in their education level  $F(2,49)=1.314$ ,  $p=0.279$ .

## 2.2. Procedure

The protocol started with a brief neuropsychological assessment, followed by a double encoding phase, the first to memorize the target faces of the ongoing task and the second to encode PM cue/action associations of the prospective task, before answering to two post-encoding meta-memory questions. Then, participants were randomly assigned to one of the inductions (administered through headphones) and asked, after each induction, to answer to 6 questions assessing their cognitive state during the induction, immediately following by two post-induction meta-memory questions and the PM task. The PM task completed, they answered two post-task meta-memory questions and then a cued recall of event/time action associations were carried out. Finally, participants completed the last questionnaires. The whole protocol lasted about 90 minutes.

## 2.3. Questionnaire

We assessed our participants' prospective memory abilities and strategy use with the short version of the Metacognitive Prospective Memory Inventory (MPMI-s ; Rummel et al., 2019). It consists of three scales included 5-point Likert responses ranging from 1 (Rarely) to 5 (Often), with eight items each and evaluating individuals' perceptions of their own prospective memory abilities (e.g., "If I've borrowed something from someone for a while, I remember to give it back to that person the next time we see each other"), their frequency of

use of internal prospective memory strategies to help themselves remembering (e.g., “In my mind I make a list of things that I still have to complete”), and external prospective memory strategies to better remember their intentions (e.g., “I write shopping lists”). In each scale, scored on 8 points, higher scores indicate better prospective memory abilities or more frequent strategy use.

We also used the Mind Wandering Questionnaire (MWQ ; (Mrazek et al., 2012), a 5-item questionnaire that evaluates our participants’ natural tendency to experience episodes of mind wandering. It is composed of 5-point Likert response scales ranging from 1 (Almost never) to 5 (Almost always). The higher the score, the greater the propensity to wander.

Dispositional *mindfulness* was assessed by the Five Facet *Mindfulness* Questionnaire - FFMQ (Baer et al., 2008; Heeren et al., 2011). It is composed by 39 items (5-point Likert scales) evaluating 5 sub-components: Observing (tendency to pay attention to our feelings and what surrounds us), Describing (ability to verbalize feelings), Acting with awareness (degree of attention to what one does), Nonjudging of inner experience (adopting a neutral attitude towards one's thoughts and actions), and Nonreactivity to inner experience (tendency to not react to our thoughts and feelings). In Supplementary Material are reported the descriptive statistics and the comparisons between the groups for each facet.

Finally, we included the “Patient Health Questionnaire-4” (PHQ-4 ; Kroenke et al., 2009; Löwe et al., 2010), a 4-item inventory useful for detecting cues of both depression and anxiety. It is composed of 4-points Likert response scales ranging from 1 (Never) to 4 (Almost every day). The higher the score, the greater the depressive and anxious traits. Its purpose is to allow for a very brief evaluation of depression and anxiety disorders. This questionnaire was included in order to nuance our results, participants presenting high depressive and anxious traits could present a different pattern of mind wandering (Deng et al., 2014; Hoffmann et al., 2016; Marchetti et al., 2012; Stawarczyk et al., 2013) than healthy subjects.

A self-assessment comprising 6 questions (visual analog scales ranging from 0 to 100) assessed the participants’ cognitive state during the induction. The questions assessed: the degrees of sleepiness (“I felt sleepy”, Drowsiness), the tendency to mindwander (“My thoughts flowed freely, without control”, Mind wandering), the degrees of focused attention (“I was focused on a particular idea, sensation or perception”, Focused Attention), the tendency to remain focused on bodily sensations (“My thoughts were directed to what was happening in my body (physical sensations, breathing, heart..., Absorption Body), the tendency to stay

focused on thoughts (“My thoughts were focused on events that I imagined or remembered”, Absorption Internal), or to be focused on external elements of the environment (“My thoughts were focused on what was happening around me (noises, voices..., Absorption External).

To control the impact of inductions on mood, we used a mood assessment grid inspired by (Russell et al., 1989). Participants had to complete the assessment at the beginning of the experience and just after the inductions. Individuals indicated the valence and intensity of their mood by affixing a mark at the intersection of the two axes. The scale of the two axes (valence and arousal) ranged from 0 to 9, providing two scores, one for valence and one for intensity.

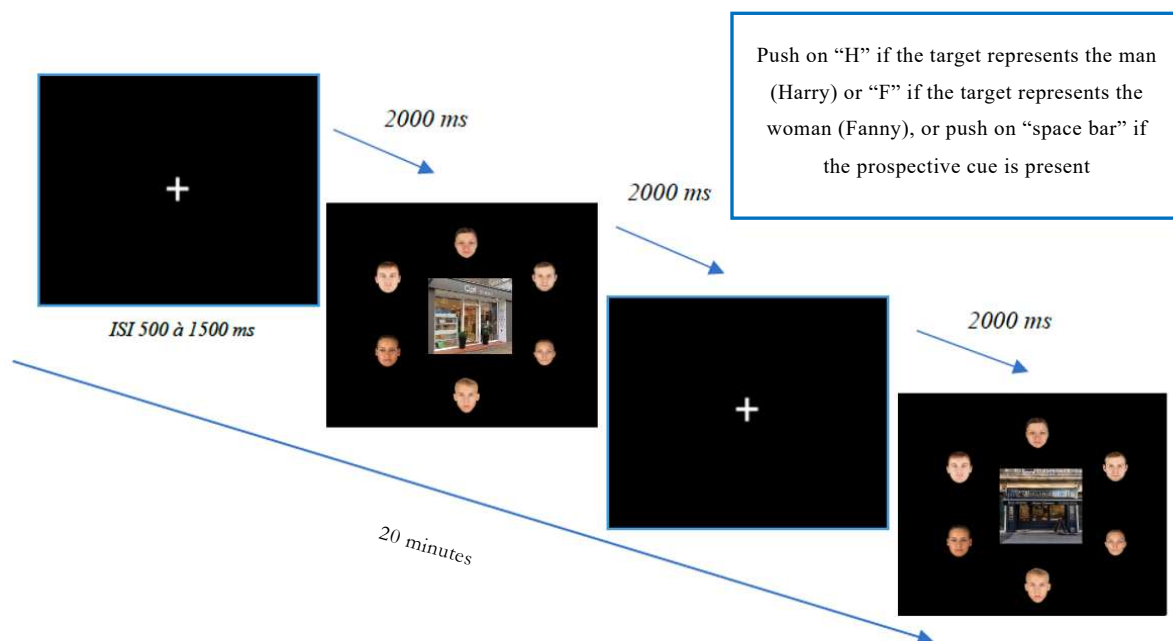
At the end of the protocol, we employed two ad-hoc questions (5-point Likert scales) to assess the degree of effort during the inductions (Follow the instructions was effortful), and the time spent thinking to the PM action during the inductions (I have often thought back to the actions I had to perform during the task).

## **2.4. Prospective task**

The PM task was composed of three parts: the encoding of 2 target faces, the encoding of 20 event-action pairs (both phases preceding the inductions) and the proper prospective task (after the inductions). During the encoding phase, participants were asked to memorize a series of 20 pairs of items composed of a cue-event-based and an action which they had to carry out during the PM task. The items were divided into 2 categories: event-based semantically linked (e.g., At the kiosk, buy crosswords) and event-based semantically non-linked (e.g., In the church, take a nap). The subjects had to read aloud the whole list of event-action pairs that were visually (written on the screen accompanied with a picture) presented one-by-one. At the end of this encoding phase, they were immediately submitted to a cued recall to verify that they had correctly memorized each event-action pair (the cue corresponded to the event and the subjects had to recall the associated action). Participants had a maximum of three trials to correctly memorize the event-action list. If at the end of the three trials, the subjects could not recall more than 10 items, we excluded it from the subsequent analysis (no participants had to be excluded for this reason). Participants were not subjected to any temporal pressure during this encoding and recall phase.

Each trial started with the presentation, during 2000ms, of a PM item (a distractor or a PM cue) presented in the center of the screen, along with 6 faces (5 distractors and 1 target) arranged in a circle around the PM item. This was followed by a fixation cross presented with

an random duration ranging between of 500 to 1500ms (Figure 1). Participants were instructed to identify the previously encode female or male target face among the different faces, and to press, as fast as possible, respectively, the “F” or “H” button. On each trial, the distractor faces were randomly chosen among 48 faces (24 females and 24 males), so that half of 6 faces (5 distractors and 1 target) were females and half male. All faces came from a validated face-sample (Morrison et al., 2017). They also had to check if the middle image matched with a PM cue. When this was the case, they had to interrupt the faces search task and press the space bar. Once the spacebar pressed, they had to write the corresponding associated action. If they recognized the prospective cue, but they could not remember the associated action, they were asked to press “?”. Each prospective cue was presented twice during the block. When a cue appeared a second time, in case the participants had already detected it, they were required to continue with the ongoing task and not repeating the prospective intention. The task consisted in a single block of 150 trials, 110 PM distractors and 20 PM cues (repeated twice) were presented.



**Figure 1.** Prospective memory task representation

One point was awarded for each cue correctly detected (prospective component score) and one point more when the action was correctly recalled (retrospective component score). The maximum total score was 10 (5 points for each type of cues). The total duration of the task was about 20 minutes. Finally, subjects were submitted to a free and a cued recall of event-

action associations. This was done to control that any eventual differences in PM between groups were not due to differences in the retrospective component of PM. An average was calculated between the percentage of correct answers to the prospective task and the percentage of correct answers to the ongoing task in order to evaluate the subject's ability to perform the dual task correctly.

## 2.5. Induction

The inductions lasted 15-minutes and were recorded by the same male voice. *Mindfulness* FA and OM induction were constructed on the basis of various inductions used in different studies (Arch & Craske, 2006; Colzato, Sellaro, Samara, Baas, et al., 2015; Kiken & Shook, 2011, 2014). The structure of the two *mindfulness* inductions was identical, only the instructions differed. Inductions began in the same way by instructing the participant about posture (sit straight, put their hands on their thighs and keep their eyes half closed). Induction of FA invited the subjects to focus their attention on their breathing and to come back to the breath each time their mind wandered. On the contrary, the OM induction allowed participants to follow every thought and emotion that comes to mind. The two texts were constructed in symmetry by alternating periods of instructions and period of silence. The control induction consisted of simply listening to a story entitled "The Stonecutter". For all three inductions, a bell sound was used to determine the beginning and the end of this meditation/relaxation moment.

## 3. Statistical analyses

We employed a one-way ANOVA to compare the three groups (*mindfulness* FA, *mindfulness* OM and History) on demographic, neuropsychological and manipulation check variables. In order to examine the effects of the inductions and the PM cues, we ran a one-way ANOVA on the on the ratio of detected prospective cues. We also conducted a one-way ANOVA to compare the three groups (*mindfulness* FA, *mindfulness* OM and History) on the reaction time to correct prospective cues. To compare the three groups on post-induction questions, we ran a one-way ANOVA on each post-induction questions. Post-hoc tests were carried out using Bonferroni correction for multiple comparisons. Separate multiple regressions were conducted to predict the scores of each of the two prospective cues with the different facets of the FFMQ, MWQ or MPMI. We reported effect size for ANOVA with partial eta squared ( $\eta^2_p$ ). All statistical analyses were performed using R (version 3.5.2). A standard statistical significance level of 0.5 was used.

## 4. Results

### 4.1. *Verification of experimental manipulation*

#### 4.1.1. Mood modification

To test whether the three types of induction had the desired effect on participants' cognitive state, we calculated a mood change score by subtracting the pre/post induction valence and arousal scores measured with the mood self-report grid. We performed a one-way ANOVA on both the valence difference and the arousal difference, with group as a factor.

The effect on arousal difference was not significant, with  $F(2,49)=0.618$ ,  $p=0.543$ ,  $\eta^2_p=0.025$ . The effect on valence difference was also not significant, with  $F(2,49)=1.162$ ,  $p=0.321$ ,  $\eta^2_p=0.045$ .

#### 4.1.2. Post-Induction Questions

We did not report a significant difference between groups on the post-induction self-report questions, regarding the aspects of *Drowsiness*,  $F(2,49)=1.540$ ,  $p=0.224$ ), *Absorption external*,  $F(2,49)=0.336$ ,  $p=0.716$ ), *Absorption internal*,  $F(2,49)=0.016$ ,  $p=0.984$ ), *Mind-wandering*,  $F(2,49)=0.705$ ,  $p=0.499$ ) and *Mind focus*,  $F(2,49)=2.167$ ,  $p=0.125$ ). However, we observe a significant effect of induction type on *Absorption body*,  $F(2,49)=7.686$ ,  $p=0.001$ ,  $\eta^2=0.239$ . Post-hoc analyses (Bonferroni correction) showed that participants in the control group were significantly less absorbed in their body sensations (mean=37.464, 95% CI [28.946; 45.982]) than participants who followed the instructions of the OM induction (mean=55.872, 95% CI [44.300; 67.447],  $p=0.039$ ). We also observed that the FA group has a significantly higher *Absorption body score* (mean= 62.728, 95% CI [51.954; 73.503],  $p=0.002$ ) than the control group (mean=55.872, Sd=22.055),  $t(49)= 3.696$ ,  $p=0.002$ ,  $d=1.243$ . There was no significant difference between the FA group and the OM group,  $mean_{DIFFERENCE}=6.854$ ,  $p=1.000$ ).

### 4.2. *Effect of induction and ongoing task*

We did show any effect of induction on the number of correct responses on the visual face detection task,  $F(2,49)=0.887$ ,  $p=0.418$ .

### ***4.3. Effect of induction and prospective cue on PM performance***

We did not find a significant effect on reaction times to detect prospective cues ( $F(2,49)=0.011$ ,  $p=0.989$ ), nor on reaction time to correct prospective cues, ( $F(2,49)=1.517$ ,  $p=0.230$ ), and nor did we find any significant effect on the ratio of detected prospective cues, ( $F(2,49)=0.199$ ,  $p=0.820$ ). We also did not observe a significant effect of induction type on the retrospective actions recall score, ( $F(2,49)=1.134$ ,  $p=0.820$ ), nor on the prospective actions recall score, ( $F(2,49)=0.360$ ,  $p=0.699$ ).

### ***4.4. Relationship between dispositional mindfulness and prospective memory***

We conducted a backward regression, taking the 5 facets of the Five Facet of the FFMQ as continuous predictors and the ratio of correct detected prospective cues. The Observing trait significantly and negatively predicted PM correct detections:  $\beta=-1.924$ ,  $t(49)=-2.508$ ,  $p=0.015$ . The overall model was significant with  $F(1,50)=6.291$ ,  $p=0.015$ ,  $R^2=0.112$ .

### ***4.5. Prospective memory and post-induction questions***

We then conducted a backward multiple regression on the scores of the post-induction questions. Scores on the different scales of the post-induction questions were entered as continuous predictors and the ratio of correct detected prospective component cues. We observed that the “Absorption Body” score significantly and negatively predicted ratio of correct detected prospective component cues :  $\beta=-0.340$ ,  $t(49)=-2.025$ ,  $p=0.049$ , as well as the “Focus Mind”:  $\beta=0.0352$ ,  $t(49)=2.183$ ,  $p=0.34$ .

### ***4.6. Prospective memory and executive functions***

We then conducted a stepwise multiple regression which Stroop and TMT scores as continuous predictors and prospective false alarm score as dependent variables.

The results showed that the TMT score positively predicted the prospective false alarm score:  $\beta=0.063$ ,  $t(49)=3.066$ ,  $p=0.003$ . This result is significant and means that the less the subject has good mental flexibility abilities the more prospective false alarms he performs. Thus, for an increase of one unit on the TMT score, the prospective false alarm score increases by 0.063 points. The overall model is significant,  $F(1, 50)=9.397$ ;  $p=0.003$ ;  $R^2=0.158$ .

## 5. Discussion

In this study, we sought to explore the links between *mindfulness* and PM. We compared the effect of a short induction of two different types of *mindfulness* meditation (FA and OM) to a third control group listening to a neutral story. We also wanted to investigate the links between executive functions such as inhibition or mental flexibility and PM performance, as well as the relationships underlying dispositional *mindfulness* traits and prospective memory performance.

The first hypothesis concerned the improvement of PM performance in the meditating participants and even more so in the OM group. The main results did not confirm these hypotheses. Indeed, we were not able to show an effect of the meditation induction nor a significant effect of the type of induction on prospective memory performance. This does not allow us to conclude that there is a differential effect of the two *mindfulness* techniques OM and FA. Yet, in accordance with the results found in the literature, by improving executive control, perceptual sensitivity, and sustained attention (MacLean et al., 2010; Tang et al., 2007), *mindfulness* induction should have contributed to facilitate the detection of prospective cues and the recall of associated actions. Several hypotheses can be raised to explain the lack of significance of the results. First, we can consider that these two types of *mindfulness* do not induce a difference in performance on cognitive abilities as some studies have reported (Sharpe et al., 2021; Sumantry & Stewart, 2021). Indeed, it is possible that the two exercises do not differ enough to impact participants' performance differently, at least in participant naïve to meditation. However, this assumption remains unlikely given the results of other studies that have shown that these two *mindfulness* techniques induced two different metacognitive control states (Colzato, Sellaro, Samara, Baas, et al., 2015; Hommel & Colzato, 2017). According to Hommel & Colzato (2017), AF would enhance top-down attentional control promoting goal maintenance, while OM would reduce top-down influence inducing behavioral flexibility. We can then consider that this lack of difference might be due to the insufficiently neutral nature of the stonemason's story. The story being told in a very monotone and soothing tone, could also induce a more relaxed state in the participant. If the story had a motivating moral that proved that happiness does not lie in wealth and power but in being satisfied with one's achievements, it could have improved participants' motivation and emotional valence significantly. While no differentiation in emotional state between groups could be demonstrated following the inductions, the inductions appear to have had a different impact on participants' cognitive state. The results show a significant difference between the three



groups of participants on the “Absorption body” scale in responses to the post-induction self-report questions. The control group was less absorbed by bodily sensations than the two meditation groups. These results are consistent with the principle of these meditations (Lutz et al., 2008) since the FA induction invites participants to focus on bodily changes by directing their attention to their breathing, while the OM meditation invites participants to open up to external sensations, thoughts and emotions that come to them. However, we expected to find differences between the FA and OM groups that would allow us to verify that each group had indeed followed two distinct meditation styles. In particular, we expected to obtain a significantly higher Thought Absorption score for the OM group and a significantly higher Focused Attention score for the FA group. This was not the case, we are not certain that all participants were able to follow the meditation instructions, especially those in the meditation instructions, especially those in the OM group. Indeed, according to Lutz et al. (2008), these two practices share a core of common characteristics, with OM requiring some practice of FA to first calm the mind and reduce distractions. Moreover, meditation requires some practice, and it is always difficult to meditate well the first few times. It is also important to note that these measures of cognitive and emotional state are based on self-reports and are therefore subjective. It would be relevant to associate objective measures with them, knowing that certain heart rate frequencies could help differentiate these two types of meditation (Lumma et al., 2015). Moreover, we can wonder whether a brief induction of 15 min would not have been insufficient to induce a particular cognitive state. These results seem to join those of different studies that had also found no effect of *mindfulness* on cognition after a short meditation session (Droit-Volet et al., 2015; Johnson et al., 2015; Larson et al., 2013). They point out the fact that an induction alone is sometimes not enough to show an effect. However, this assumption contradicts the results of other studies that have shown that a short *mindfulness* induction is sufficient to influence performance on different cognitive tasks (Brown et al., 2016; Colzato et al., 2012, 2015, 2015). Thus, it is possible that the difficulty of the exercise may have also played a role on the lack of significant results. Immink et al. (2017) had demonstrated that the degree of effort expended during a meditation exercise was a determinant of its effectiveness. The difficulty in maintaining an optimal *mindfulness* state or following instructions during a meditation exercise of only 15 minutes in participants who are mostly novices, could therefore explain the lack of difference between groups. Because meditation is difficult to do in the first few trials, the first significant effects may be slow to appear, leading us to conclude too quickly that there is no effect or that the effects are too small. Subjects who have participated in several meditation trainings before could be more

easily differentiated from control subjects on cognitive performance than subjects who would discover the exercise for the first time and would therefore be less comfortable. Lastly, it is therefore difficult to argue that these two types of meditation have no differential effect. Thus, the lack of significant difference could potentially be explained by the lack of statistical power due to the small number of participants. This is especially true since the sample was composed solely of young psychology students, the majority of whom were female.

Regarding the links between executive functions and prospective memory, we found that the TMT score significantly predicted the number of prospective false alarms, so that the lower the subject's mental flexibility, the higher the number of prospective false alarms. This result is consistent with different studies in the literature for which flexibility would be, an excellent predictor of performance on PM tasks (Schnitzspahn et al., 2013; Smith & Bayen, 2004).

Finally, regarding the links between dispositional *mindfulness* and PM, the direction of the link was opposite to that expected. We found that the observational trait, as measured by the FFMQ, negatively predicted performance in PM. However, there are conflicting results regarding the psychometric properties of the different facets of the FFMQ (Christopher et al., 2012). Baer et al. (2006) found that variations in observational scores did not significantly change individuals' overall dispositional *mindfulness* ability for a sample of non-meditating participants.

## 6. Conclusion

The purpose of this study was to investigate the differential effects of AF meditation and OM meditation on PM. We also wanted to show the positive impact of a short *mindfulness* induction on PM capacities and to show that this impact is more important when the induction is based on open monitoring compared to focused attention. We also wanted to show a predictive effect of the executive functions of inhibition and mental flexibility, as well as a predictive effect of dispositional *mindfulness* on prospective memory performance. While our results did not confirm our hypotheses regarding an improvement in PM performance following a short induction of FA or OM meditation, we observed in agreement with the literature that flexibility score positively predicted PM performance. The link found between dispositional *mindfulness* and prospective memory is nevertheless contradictory to the expected result. As our study had important limitations with an insufficient sample size, further

investigations are needed to examine the potential impact of these two types of meditation. Future studies would benefit from repeating this protocol with a larger sample. It would also be interesting to investigate the activation of different brain areas according to the type of induction by recording the electrical activity of the brain during the induction. Also, given the difficulty we had in highlighting differences in young and healthy subjects, it would also be relevant to replicate this study with elderly participants, healthy or pathological (MCI, depressive) in order to study the possible protective effects of *mindfulness* on prospective memory. Finally, the implementation of a virtual reality protocol offering greater ecological validity should be considered.

As explained in the introduction, PM, which is essential for quality of life and maintenance of autonomy, can be affected in many pathological and neurological conditions. Continuing these investigations is therefore an important clinical issue to better understand by which cognitive mechanisms PM could be significantly improved. It would be relevant to consider setting up longitudinal studies to verify the longer-term impact of this practice. It would also be relevant to replicate this study with a population suffering from a neurological or psychiatric pathology, or by considering a longitudinal program of several meditation sessions in order to evaluate the extent to which *mindfulness* can contribute to reducing a deficit in PM over the long term. More globally, the study of the different practices of *mindfulness* through PM models would allow a better understanding of the different mechanisms of *mindfulness* and therefore to integrate it in a more relevant way in the different cognitive remediation programs, whatever the deficits to be rehabilitate. It is important to note that this conclusion and the interpretations discussed are fully exploratory. The study is still ongoing and data is still being collected.

## References

- Ainsworth, B., Eddershaw, R., Meron, D., Baldwin, D. S., & Garner, M. (2013). The effect of focused attention and open monitoring meditation on attention network function in healthy volunteers. *Psychiatry research*, *210*(3), 1226-1231.
- Arch, J. J., & Craske, M. G. (2006). Mechanisms of mindfulness : Emotion regulation following a focused breathing induction. *Behaviour research and therapy*, *44*(12), 1849-1858.
- Baer, R. A., Smith, G. T., Hopkins, J., Krietemeyer, J., & Toney, L. (2006). Using self-report assessment methods to explore facets of mindfulness. *Assessment*, *13*(1), 27-45.
- Baer, R. A., Smith, G. T., Lykins, E., Button, D., Krietemeyer, J., Sauer, S., Walsh, E., Duggan, D., & Williams, J. M. G. (2008). Construct validity of the Five Facet Mindfulness Questionnaire in meditating and nonmeditating samples. *Assessment*, *15*, 329-342. <https://doi.org/10.1177/1073191107313003>
- Beck, A. T., Steer, R. A., Ball, R., & Ranieri, W. F. (1996). Comparison of Beck Depression Inventories-IA and-II in psychiatric outpatients. *Journal of personality assessment*, *67*(3), 588-597.
- 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*, 230-241. <https://doi.org/10.1093/clipsy.bph077>
- Brown, K. W., Goodman, R. J., Ryan, R. M., & Anālayo, B. (2016). Mindfulness enhances episodic memory performance : Evidence from a multimethod investigation. *PloS one*, *11*(4), e0153309.
- Christopher, M. S., Neuser, N. J., Michael, P. G., & Baitmangalkar, A. (2012). Exploring the psychometric properties of the five facet mindfulness questionnaire. *Mindfulness*, *3*(2), 124-131.
- Colzato, L. S., Sellaro, R., Samara, I., Baas, M., & Hommel, B. (2015). Meditation-induced states predict attentional control over time. *Consciousness and Cognition*, *37*, 57-62.
- Colzato, L. S., Sellaro, R., Samara, I., & Hommel, B. (2015). Meditation-induced cognitive-control states regulate response-conflict adaptation : Evidence from trial-to-trial adjustments in the Simon task. *Consciousness and Cognition*, *35*, 110-114.
- Colzato, L. S., Szapora, A., & Hommel, B. (2012). Meditate to create : The impact of focused-attention and open-monitoring training on convergent and divergent thinking. *Frontiers in psychology*, *116*.
- Colzato, L. S., van der Wel, P., Sellaro, R., & Hommel, B. (2016). A single bout of meditation biases cognitive control but not attentional focusing : Evidence from the global–local task. *Consciousness and Cognition*, *39*, 1-7.

- Crowe, S. F. (1998). The differential contribution of mental tracking, cognitive flexibility, visual search, and motor speed to performance on parts A and B of the Trail Making Test. *Journal of clinical psychology, 54*(5), 585-591.
- Deng, Y.-Q., Li, S., & Tang, Y.-Y. (2014). The Relationship Between Wandering Mind, Depression and Mindfulness. *Mindfulness, 5*(2), 124-128. <https://doi.org/10.1007/s12671-012-0157-7>
- Droit-Volet, S., Fanget, M., & Dambrun, M. (2015). Mindfulness meditation and relaxation training increases time sensitivity. *Consciousness and Cognition, 31*, 86-97. <https://doi.org/10.1016/j.concog.2014.10.007>
- Einstein, G. O., & McDaniel, M. A. (1990). Normal aging and prospective memory. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition, 16*(4), 717-726. <https://doi.org/10.1037/0278-7393.16.4.717>
- Einstein, G. O., McDaniel, M. A., Richardson, S. L., Guynn, M. J., & Cunfer, A. R. (1995). Aging and prospective memory : Examining the influences of self-initiated retrieval processes. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition, 21*(4), 996.
- Ellis, D. (1996). The dilemma of measurement in information retrieval research. *Journal of the American Society for Information Science, 47*(1), 23-36. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1097-4571\(199601\)47:1<23::AID-ASI3>3.0.CO;2-4](https://doi.org/10.1002/(SICI)1097-4571(199601)47:1<23::AID-ASI3>3.0.CO;2-4)
- Fish, J., Wilson, B. A., & Manly, T. (2010). The assessment and rehabilitation of prospective memory problems in people with neurological disorders : A review. *Neuropsychological rehabilitation, 20*(2), 161-179.
- Gallant, S. N. (2016). Mindfulness meditation practice and executive functioning : Breaking down the benefit. *Consciousness and cognition, 40*, 116-130.
- Girardeau, J.-C., Blondé, P., Makowski, D., Abram, M., Piolino, P., & Sperduti, M. (2020). The impact of state and dispositional mindfulness on prospective memory : A virtual reality study. *Consciousness and Cognition, 81*, 102920. <https://doi.org/10.1016/j.concog.2020.102920>
- Gonneaud, J., Kalpouzos, G., Bon, L., Viader, F., Eustache, F., & Desgranges, B. (2011). Distinct and shared cognitive functions mediate event- and time-based prospective memory impairment in normal ageing. *Memory, 19*(4), 360-377. <https://doi.org/10.1080/09658211.2011.570765>
- Heeren, A., Douilliez, C., Peschard, V., Debrauwere, L., & Philippot, P. (2011). Cross-cultural validity of the Five Facets Mindfulness Questionnaire : Adaptation and validation in a French-speaking sample. *European Review of Applied Psychology / Revue Européenne de Psychologie Appliquée, 61*, 147-151. <https://doi.org/10.1016/j.erap.2011.02.001>
- Hoffmann, F., Banzhaf, C., Kanske, P., Bermpohl, F., & Singer, T. (2016). Where the depressed mind wanders : Self-generated thought patterns as assessed through experience sampling as a state marker of depression. *Journal of Affective Disorders, 198*, 127-134. <https://doi.org/10.1016/j.jad.2016.03.005>

- Holas, P., & Jankowski, T. (2013). A cognitive perspective on mindfulness. *International Journal of Psychology, 48*(3), 232-243. <https://doi.org/10.1080/00207594.2012.658056>
- Hommel, B., & Colzato, L. S. (2017). Meditation and Metacontrol. *Journal of Cognitive Enhancement, 1*(2), 115-121. <https://doi.org/10.1007/s41465-017-0017-4>
- Immink, M. A., Colzato, L. S., Stolte, M., & Hommel, B. (2017). Sequence Learning Enhancement Following Single-Session Meditation Is Dependent on Metacontrol Mode and Experienced Effort. *Journal of Cognitive Enhancement, 1*(2), 127-140. <https://doi.org/10.1007/s41465-017-0019-2>
- Johnson, S., Gur, R. M., David, Z., & Currier, E. (2015). One-session mindfulness meditation : A randomized controlled study of effects on cognition and mood. *Mindfulness, 6*(1), 88-98.
- Kabat-Zinn, J. (1990). Mindfulness-based stress reduction. *Using the Wisdom of Your Body and Mind to Face Stress, Pain, and Illness, 467*.
- Kiken, L. G., & Shook, N. J. (2011). Looking Up : Mindfulness Increases Positive Judgments and Reduces Negativity Bias. *Social Psychological and Personality Science, 2*(4), 425-431. <https://doi.org/10.1177/1948550610396585>
- Kiken, L. G., & Shook, N. J. (2014). Does mindfulness attenuate thoughts emphasizing negativity, but not positivity? *Journal of Research in Personality, 53*, 22-30. <https://doi.org/10.1016/j.jrp.2014.08.002>
- Kroenke, K., Spitzer, R. L., Williams, J. B. W., & Löwe, B. (2009). An Ultra-Brief Screening Scale for Anxiety and Depression : The PHQ-4. *Psychosomatics, 50*(6), 613-621. [https://doi.org/10.1016/S0033-3182\(09\)70864-3](https://doi.org/10.1016/S0033-3182(09)70864-3)
- Landsiedel, J., Williams, D. M., & Abbot-Smith, K. (2017). A meta-analysis and critical review of prospective memory in autism spectrum disorder. *Journal of Autism and Developmental Disorders, 47*(3), 646-666.
- Larson, M. J., Steffen, P. R., & Primosch, M. (2013). The impact of a brief mindfulness meditation intervention on cognitive control and error-related performance monitoring. *Frontiers in Human Neuroscience, 7*. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2013.00308>
- Löwe, B., Wahl, I., Rose, M., Spitzer, C., Glaesmer, H., Wingenfeld, K., Schneider, A., & Brähler, E. (2010). A 4-item measure of depression and anxiety : Validation and standardization of the Patient Health Questionnaire-4 (PHQ-4) in the general population. *Journal of Affective Disorders, 122*(1-2), 86-95. <https://doi.org/10.1016/j.jad.2009.06.019>
- Lumma, A.-L., Kok, B. E., & Singer, T. (2015). Is meditation always relaxing ? Investigating heart rate, heart rate variability, experienced effort and likeability during training of three types of meditation. *International Journal of Psychophysiology, 97*(1), 38-45.

- Lutz, A., Slagter, H. A., Dunne, J. D., & Davidson, R. J. (2008). Attention regulation and monitoring in meditation. *Trends in Cognitive Sciences*, 12(4), 163-169. <https://doi.org/10.1016/j.tics.2008.01.005>
- MacLean, K. A., Ferrer, E., Aichele, S. R., Bridwell, D. A., Zanesco, A. P., Jacobs, T. L., King, B. G., Rosenberg, E. L., Sahdra, B. K., & Shaver, P. R. (2010). Intensive meditation training improves perceptual discrimination and sustained attention. *Psychological science*, 21(6), 829-839.
- Mahan, S., Rous, R., & Adlam, A. (2017). Systematic review of neuropsychological rehabilitation for prospective memory deficits as a consequence of acquired brain injury. *Journal of the International Neuropsychological Society*, 23(3), 254-265.
- Mäntylä, T. (2003). Assessing absentmindedness: Prospective memory complaint and impairment in middle-aged adults. *Memory & Cognition*, 31(1), 15-25. <https://doi.org/10.3758/BF03196078>
- Marchetti, I., Koster, E. H. W., & De Raedt, R. (2012). Mindwandering heightens the accessibility of negative relative to positive thought. *Consciousness and Cognition*, 21(3), 1517-1525. <https://doi.org/10.1016/j.concog.2012.05.013>
- Mattli, F., Schnitzspahn, K. M., Studerus-Germann, A., Brehmer, Y., & Zöllig, J. (2014). Prospective memory across the lifespan: Investigating the contribution of retrospective and prospective processes. *Aging, Neuropsychology, and Cognition*, 21(5), 515-543. <https://doi.org/10.1080/13825585.2013.837860>
- McDaniel, M. A., & Einstein, G. O. (2000). Strategic and automatic processes in prospective memory retrieval: A multiprocess framework. *Applied Cognitive Psychology*, 14(7). <https://doi.org/10.1002/acp.775>
- McDaniel, M. A., Robinson-Riegler, B., & Einstein, G. O. (1998). Prospective remembering: Perceptually driven or conceptually driven processes? *Memory & cognition*, 26(1), 121-134.
- McDaniel, M., & Einstein, G. (2007). *Prospective Memory: An Overview and Synthesis of an Emerging Field*. <https://doi.org/10.4135/9781452225913>
- Morrison, D., Wang, H., Hahn, A. C., Jones, B. C., & DeBruine, L. M. (2017). Predicting the reward value of faces and bodies from social perception. *PloS one*, 12(9), e0185093.
- Mrazek, M. D., Smallwood, J., Franklin, M. S., Chin, J. M., Baird, B., & Schooler, J. W. (2012). The role of mind-wandering in measurements of general aptitude. *Journal of Experimental Psychology: General*, 141(4), 788-798. <https://doi.org/10.1037/a0027968>
- Oksanen, K. M., Waldum, E. R., McDaniel, M. A., & Braver, T. S. (2014). Neural Mechanisms of Time-Based Prospective Memory: Evidence for Transient Monitoring. *PLoS ONE*, 9(3), e92123. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0092123>
- Ordemann, G. J., Opper, J., & Davalos, D. (2014). Prospective memory in schizophrenia: A review. *Schizophrenia Research*, 155(1-3), 77-89.

- Rummel, J., Danner, D., & Kuhlmann, B. G. (2019). The short version of the Metacognitive Prospective Memory Inventory (MPMI-s) : Factor structure, reliability, validity, and reference data. *Measurement Instruments for the Social Sciences*, 1(1), 6. <https://doi.org/10.1186/s42409-019-0008-6>
- Russell, J. A., Weiss, A., & Mendelsohn, G. A. (1989). Affect Grid : A single-item scale of pleasure and arousal. *Journal of Personality and Social Psychology*, 57, 493-502. <https://doi.org/10.1037/0022-3514.57.3.493>
- Schnitzspahn, K. M., Stahl, C., Zeintl, M., Kaller, C. P., & Kliegel, M. (2013). The role of shifting, updating, and inhibition in prospective memory performance in young and older adults. *Developmental Psychology*, 49(8), 1544-1553. <https://doi.org/10.1037/a0030579>
- Sharpe, P., Whalley, B., & Mitchell, C. J. (2021). Does brief focused attention and open monitoring meditation affect the attentional blink? *Mindfulness*, 12(10), 2430-2438.
- Smith, R. E. (2003). The cost of remembering to remember in event-based prospective memory : Investigating the capacity demands of delayed intention performance. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 29(3), 347-361. <https://doi.org/10.1037/0278-7393.29.3.347>
- Smith, R. E., & Bayen, U. J. (2004). A Multinomial Model of Event-Based Prospective Memory. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 30(4), 756-777. <https://doi.org/10.1037/0278-7393.30.4.756>
- Stawarczyk, D., Cassol, H., & D'Argembeau, A. (2013). Phenomenology of future-oriented mind-wandering episodes. *Frontiers in Psychology*, 4. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2013.00425>
- Stroop, J. R. (1935). Studies of interference in serial verbal reactions. *Journal of experimental psychology*, 18(6), 643.
- Sumantry, D., & Stewart, K. E. (2021). Meditation, mindfulness, and attention : A meta-analysis. *Mindfulness*, 12(6), 1332-1349.
- 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>
- Tang, Y.-Y., Ma, Y., Wang, J., Fan, Y., Feng, S., Lu, Q., Yu, Q., Sui, D., Rothbart, M. K., & Fan, M. (2007). Short-term meditation training improves attention and self-regulation. *Proceedings of the national Academy of Sciences*, 104(43), 17152-17156.



---

### 8.3. Article 4: Conclusions, Analyses supplémentaires & Perspectives

À notre connaissance, aucune étude n'avait jusqu'ici cherché à investiguer les effets de la *mindfulness* d'AF et de la *mindfulness* d'AO sur la MP. Nous souhaitons, d'une part, montrer l'incidence positive d'une courte induction de *mindfulness* sur les capacités de MP et d'autre part, montrer que cette incidence était plus importante lorsque l'induction était basée sur la surveillance ouverte (AO), par rapport l'attention focalisée (AF). Nous souhaitons également confirmer un effet prédicteur des fonctions exécutives d'inhibition et de flexibilité mentale sur les performances de MP, ainsi qu'un effet prédicteur du niveau de *mindfulness* dispositionnelle sur les performances de MP.

Selon nos hypothèses, il était attendu que le groupe AO ait un score d'Absorption par les pensées significativement supérieur et un score d'Attention focalisée significativement supérieur pour le groupe AF. Cela n'étant pas le cas, nous n'avons pas de certitude quant au fait que les participants soient tous parvenus à suivre les instructions de méditation, notamment ceux du groupe AO. En effet, selon Lutz et al. (2008), ces deux pratiques partagent un noyau de caractéristiques communes, l'AO nécessitant une certaine pratique de l'AF pour calmer au préalable l'esprit et réduire les distractions. De plus, la méditation nécessite une certaine pratique et il est toujours difficile de bien méditer lors des premières fois. Il nous paraît également important de souligner que ces mesures de l'état cognitif et émotionnel sont issues d'auto-évaluations et demeurent donc subjectives. Il serait pertinent d'y associer des mesures objectives sachant que certaines fréquences du rythme cardiaque pourraient permettre de différencier ces deux types de méditation (Lumma et al., 2015). L'absence d'amélioration significative des deux groupes ayant médité pourrait être également due au fait que la marge de progression à la tâche est assez faible au regard d'une population testée jeune et ayant possiblement de bonnes performances de base.

Ainsi, si les résultats obtenus restent préliminaires à ce stade, nous avons néanmoins pu observer, en accord avec la littérature, que l'inhibition prédisait positivement les performances de MP. De même, la flexibilité mentale, par ailleurs autre prédicteur de la MP, était liée à de meilleures performances à la tâche en cours.

---

Les études futures gagneraient à reprendre ce protocole avec un échantillon plus large. Étant donnée la possibilité qu'une courte induction de *mindfulness* ne soit pas suffisante pour améliorer significativement la MP, il serait pertinent d'envisager la mise en place d'études longitudinales pour vérifier l'impact à plus long terme de cette pratique. Il serait également pertinent de répliquer cette étude auprès d'une population âgée ou souffrant d'une pathologie neurologique ou psychiatrique, ou en envisageant un programme longitudinal de plusieurs séances de méditation afin d'évaluer dans quelles mesures la *mindfulness* peut contribuer à réduire un déficit en MP sur le long terme. Plus globalement, l'étude des différentes pratiques de la *mindfulness* au travers des modèles de la MP permettrait de mieux en comprendre les mécanismes différenciés et donc de l'intégrer de façon toujours plus pertinente aux différents programmes de remédiation cognitive, quelles que soient les fonctions déficitaires à réhabiliter.

---

### Points-clés du Chapitre 8

- La **flexibilité mentale** prédit positivement le score de **fausses alarmes prospectives** (mauvaise détection des indices)
- L'**inhibition** corrèle négativement avec les performances à la **tâche de détection visuelle** (moins l'inhibition est bonne, moins le score de détection de visage est bon)
- Les **trois inductions** ont eu un effet positif sur l'**intensité** et la **valence émotionnelle**
- Le **groupe contrôle** est **moins absorbé** par des pensées dirigées **vers ses sensations corporels** que le groupe **AO** et encore moins que le groupe **AF**, des résultats conformes compte tenu des consignes dirigées dans ce sens pour le groupe **AF** contrairement aux autres consignes
- **Pas d'effet de l'induction** de méditation **ni un effet significatif du type d'induction** sur les performances de **MP**
- Possibles limites méthodologiques : **échantillon** de participants **trop faible**, **mauvais choix** de **condition contrôle**, **induction** de méditation **trop brève** pour l'étude de la **MP**

## Discussion et réflexions

Mind wandering p	Mindfulness dispositionnelle	Mindfulness état	
Le mind wandering s avoir un effet positif mémoire prospective lorsque l'on ajoute groupe contrôle $p > 0.02$	Lien entre le trait Description et les intentions <i>time-based</i> $p < 0.001$	Pas d'effet de l'induction de mindfulness sur la mémoire prospective $p=0.56$ Effet de l'induction sur la mémoire prospective lorsque l'on ajoute un groupe contrôle	Girardeau et al. (2020)
Les groupes mindfulness et mind wandering ne diffèrent $p > 0.34$			
Le mind wandering prédit les scores de mémoire prospective $p = 0.024$		La mindfulness prédit négativement le taux de mind wandering $p = 0.011$ L'expertise méditative prédit les scores de mémoire prospective $p = 0.009$ Le nombre d'heure de pratique hebdomadaire, quel que soit le nombre d'année de pratique, prédit les scores de mémoire prospective $p > 0.001$	Girardeau et al. (2022)
Le mind wandering négativement les			

<p>La composante rétrospective des in- EBL, encodés avant phase de rétention, prédite par le MW spontané <math>p &lt; 0.024</math></p>			
<p>Le groupe « MW » a la composante rétro- post- , que <math>p &lt;</math></p> <p>Aucun effet du gro- <math>p &lt;</math></p> <p>Le groupe « MW » a la composante rétro- encodés avant la p- <math>p &lt;</math></p> <p>Le groupe « MW » performances, sur le rétention.</p>			
<p>Mind wandering p-</p>	<p>Mindfulness dispositionnelle</p>	<p>Mindfulness état</p>	<p>Girardeau et al. (submitted)</p>

**Table 1** : Récapitulatif des résultats des études de la thèse concernant l'effet de la *mindfulness*, du MW sur ma MP.

		<p>Pas d'effet des inductions AF et OM p=0.699</p> <p>La question post-induction « Absorption External » prédit la détection des indices de MP <b><i>p=0.012</i></b></p> <p>La question post-induction « Focus Attention » prédit la détection des indices de MP <b><i>p=0.034</i></b></p>	<p>Girardeau et al. (in prep)</p>

---

L'objectif de cette thèse était d'explorer les liens entre *mindfulness*, MW et MP, en employant une méthodologie multi-méthode visant à rendre compte du lien direct entre ces trois dimensions, ainsi qu'en mettant en place des évaluations plus représentatives de comment ces liens s'effectuent, notamment dans des conditions proches de la vie réelle. Après avoir synthétisé et mis en perspective les résultats des quatre études expérimentales de la thèse, nous soulignerons les points d'incertitude restants et les questions encore ouvertes, afin de proposer de nouvelles pistes de recherche ainsi que des expériences sur lesquelles elles pourraient se baser.

## 9.1. Synthèse des résultats

Au travers des différentes études de cette thèse, nous avons cherché à explorer les liens qui unissent la *mindfulness*, le MW et la MP. Dans chacune de nos études, nous avons diversifié les méthodes de mesures de la MP afin de pallier les limites méthodologiques de chacune d'elles. Concernant la *mindfulness*, nous avons opté pour un protocole court d'entraînement au regard des effets concluants rapportés par la littérature et de leurs bénéfiques méthodologiques. Dans chacune de nos études sur le MW, nous avons employé des sondes de pensée permettant à la fois de mesurer le MW dans un contexte de vie quotidienne et pendant la phase de consolidation des intentions de MP, afin de prédire non seulement leur récupération ultérieure mais aussi la phénoménologie associée. Si les études ayant testé l'influence de la *mindfulness* sur le rappel des intentions prospectives n'ont pu apporter que des résultats partiels, empêchant d'établir avec certitude un lien de causalité, les études mesurant la relation entre le MW et la MP ont mis en évidence des liens positifs solides et pertinents pour la suite. Nous allons donc récapituler les principaux résultats de nos quatre expériences (voir Table 1 pour un aperçu général) afin de mettre en évidence dans quelle mesure ils nous renseignent sur les liens entre *mindfulness*, MW et MP.

En ce qui concerne la *mindfulness*, ses liens avec la MP ont été mis en évidence dans l'**Étude 1 & 2**. Pour des raisons principalement méthodologiques, aucun effet d'une induction de *mindfulness* n'a été observé sur les performances de MP dans l'**Étude 4**, ni aucune différence entre deux entraînements méditatifs opposés et aucune corrélation entre la *mindfulness* dispositionnelle et la MP. Nous reviendrons sur ce point en ouverture de cette thèse.



---

Dans l'**Étude 1**, les deux groupes expérimentaux n'ont pas pu être distingué au regard de leur performances de MP. Dans cette étude, le MW a été choisi comme condition contrôle pour son opposition phénoménologique avec la *mindfulness* mais également pour ses effets délétères avérés sur l'attention et la mémoire, et donc sur la MP. Nous nous attendions donc à voir un effet positif de l'induction de la *mindfulness*. Si le groupe *mindfulness* a bien obtenu des scores de MP élevés (~80% de réussite), le groupe MW n'a pas eu les performances négatives attendues (~80% de réussite également). Pourtant, il a été montré que les deux inductions avaient été vécues différemment par les sujets. En effet, le groupe de *mindfulness* a rapporté significativement plus d'efforts pour suivre les instructions que le groupe MW. Cette observation n'est pas surprenante compte tenu de la difficulté de l'exercice, elle est en parfaite adéquation avec les résultats d'Immink et al. (2017), démontrant que le degré d'effort déployé au cours d'un exercice de méditation était un facteur déterminant pour son efficacité. De plus, le degré de focalisation sur la respiration était significativement plus élevé chez les sujets du groupe *mindfulness*, en comparaison avec le groupe MW. Ces observations caractérisent l'état de conscience d'AF décrit par (Lutz et al., 2008). Les impressions recueillies auprès des sujets du groupe MW témoignent, quant à elles, d'un niveau significativement plus élevé de MW, en comparaison avec le groupe MW. Les sujets du groupe MW semblent ainsi avoir été davantage exposés aux intrusions de pensées et rapportent avoir dirigé leurs pensées, au cours de l'induction, sur des événements qu'ils imaginaient ou dont ils se rappelaient. Une fois encore, les impressions rapportées par les participants sont en parfaite adéquation avec ce qu'est le MW, à savoir la tendance de l'esprit humain à se perdre dans des pensées sans lien avec ce qu'il est en train de faire (Smallwood & Schooler, 2006b). Ces deux états de conscience apparaissent donc bien comme deux attitudes opposées (Mrazek et al., 2012). Par ailleurs, les participants ont tous montré le même niveau d'intérêt et de motivation pour l'expérience, de même qu'ils ont montré des performances de rappel en mémoire épisodique similaires. Nos résultats ne peuvent donc pas être associés à un quelconque effet motivationnel ou mnésique mais bel et bien à une différence sur le plan cognitif. Cependant, en l'absence de groupe contrôle non actif, il est impossible d'affirmer que les deux conditions ont eu un effet bénéfique sur les performances en MP. Dans une seconde phase de l'étude, nous avons mesurer les performances sur le MP d'un groupe contrôle non actif. Nous avons alors observé des scores de MP significativement meilleurs pour les groupes actifs *mindfulness* et MW, en comparaison au groupe contrôle non actif « histoire ». Ces deux états cognitifs ont donc eu un effet bénéfique sur les performances en mémoire prospective. L'explication théorique que nous

---

avons développé dans l'**Article 1** sur la similarité des effets sur la MP engendrés par ces deux états cognitifs différents, a été étudié dans l'**Étude 2 et 3** pour le MW et dans l'**Étude 4** pour la *mindfulness*. Dans cette **Étude 1**, nous avons également mis en évidence un lien positif entre la *mindfulness* dispositionnel (ici la tendance naturelle à décrire ses sentiments internes, comme les émotions ou les sensations physiques, par des mots – Baer et al., 2008) et les scores de MP *time-based*. Ce lien n'étant pas été associé à la performance de rappel rétrospectif des indices *time-based*, son impact a été spécifique à la composante prospective de la MP. La capacité à décrire son expérience implique la verbalisation et probablement la conscience de son propre état cognitif. Sur ce point, nos résultats semblent cohérents avec une découverte récemment rapportée d'un lien positif entre la capacité de contrôler son contenu conscient et les performances de MP *time-based* (Seli, Smilek, et al., 2018). D'un point de vue neuro-anatomique, la facette « Description » de la *mindfulness* dispositionnelle a été associée à une plus grande surface du cortex préfrontal dorsolatéral droit, du lobule pariétal inférieur droit et du volume de matière grise du cortex préfrontal dorsolatéral. Ces deux structures appartiennent au réseau frontopariétal connu pour soutenir le contrôle cognitif, permettant la régulation et le contrôle dynamiques top-down des opérations mentales, en réponse aux changements environnementaux et à la réalisation d'objectifs. De plus, le réseau attentionnel dorsal est impliqué dans les activités reflétant les déplacements de l'attention dans l'espace et la prédiction de l'attention dirigée vers un but. Enfin, le lobule pariétal inférieur semble être impliqué dans les processus attentionnels orientés vers le maintien de l'intention. D'autre part, une association positive entre la facette « Description » et le volume de matière grise de l'insula antérieure droite a été observée. L'insula est impliquée dans plusieurs processus cognitifs, entre autres : l'estimation du temps et la conscience interoceptive. Ainsi, une explication intrigante du lien entre la facette « Description » et la MP *time-based* serait que les personnes ayant un niveau élevé de « Description » auraient une plus grande conscience de leurs états corporels, et donc une meilleure surveillance du temps qui s'écoule. Cette hypothèse est soutenue par des résultats récents montrant un lien direct entre les capacités intéroceptives et la MP (Umeda et al., 2016), où les sujets ayant une plus grande précision intéroceptive avaient également de meilleures performances de MP. Nos résultats sur cette dimension trait que les performances *time-based* pourraient être prédites par la conscience intéroceptive and la métacognition. Cette hypothèse sera discutée en ouverture de cette thèse. Il s'agit là, à notre connaissance, de la toute première étude sur les effets de la *mindfulness* sur la MP. Nous avons proposé plusieurs hypothèses complémentaires pour expliquer ces résultats, bien que certaines d'entre elles soient

---

spéculatives. Néanmoins, cette **Étude 1** est encourageante quant à l'impact positif possible de la *mindfulness* sur la MP. Enfin, dans l'**Étude 2**, nous avons rapporté que l'expertise en méditation, c'est-à-dire la pratique méditative régulière depuis plusieurs années, était associée à une plus faible fréquence de *mind wandering*. Si cette expertise ne semble n'avoir eu aucun effet sur les performances de mémoire prospective, le nombre d'heures hebdomadaires de pratique, chez les débutants comme chez les experts, a été associé à de meilleures performances de mémoire prospective, suggérant ainsi que l'impact possible de la *mindfulness* sur la mémoire prospective pourrait dépendre avant tout de la régularité de la pratique (nombre d'heures).

Concernant l'influence du MW sur la MP, l'**Étude 2**, menée dans un contexte de vie quotidienne, *via* une méthode d'échantillonnage de l'expérience basée sur des sondes pensées envoyées par SMS, a révélée qu'en dépit de la présence d'un biais prospectif important, soutenant l'hypothèse d'un système de mémoire fortement engagé vers le futur, aucun effet significatif d'un tel biais n'a été observé sur la réalisation d'intentions prospectives. À l'inverse, nous avons constaté que le contenu orienté vers le passé du MW prédisait positivement les performances de MP. Nous proposons que ce lien puisse s'expliquer par le fait que les intentions encodées sont ré-encodées lorsqu'elles sont réactivées pendant le MW. Ainsi, le MW pourrait améliorer la représentation des intentions et augmenter leur récupération. Bien que les hypothèses proposées dans l'**Article 2** pour expliquer ces résultats soient largement spéculatives, elles ont pu facilement être testées dans l'**Étude 3**. Dans cette étude menée dans des conditions contrôlées en laboratoire, nous avons comparé l'effet d'induction de la MW après l'encodage des intentions prospectives à une condition contrôle (« sans » MW) sur la performance de MP. Nous avons également comparé nos sujets sur des indices prospectifs encodés après la tâche de manipulation de la fréquence du MW, epndant la tâche de MP. Pour cette étude, une tâche de MP en réalité virtuelle a été spécialement conçu pour simuler la multitude de situations complexes que nous rencontrons dans notre vie quotidienne. À la fois écologique et contrôlée, cette tâche prospective se démarque notamment par ses deux tâches en cours, de modalités (audio et visuo-spatial) et de niveaux différents (peu exigeant/exigent). Nous avons observé qu'une fréquence élevée de MW pendant la phase de rétention de la MP, comparée à une fréquence faible, était liée à une meilleure récupération globale des intentions de la MP. Ensuite, le contenu orienté vers le passé du MW spontané prédit une meilleure récupération de la composante **rétrospective** des intentions encodés avant l'induction de MW, tandis que le contenu orienté vers l'EFT (*episodic futur thinking*) du MW prédit une meilleure

---

performance de la composante **prospective** des intentions *event-based liés*. De plus, la composante rétrospective des intentions *event-based liés* encodés après l'induction de MW, au cours de la tâche MP, était significativement et positivement prédite par les épisodes MW volontaires orientés vers l'EFT. Dans les conclusions de l'**Étude 3**, nous avons discuté du double rôle fonctionnel potentiel du MW, à savoir consolider une intention déjà programmée et anticiper le futur, et plus précisément le contexte de récupération des intentions MP.

Au regard des résultats obtenus dans nos quatre études, la présente thèse met en lumière les points suivants :

- Les performances en mémoire prospective sont liées à la *mindfulness* état. Une induction de méditation entre l'encodage et le rappel des intentions prospectives améliore leur récupération, indépendamment du type d'indices (*EBL, EBN, TB*) ;
- Les performances *time-based* sont positivement corrélés à la *mindfulness* dispositionnelle, uniquement chez les sujets ayant suivi l'induction de *mindfulness*, et pourraient être prédites par la conscience intéroceptive et la métacognition.
- L'expertise en méditation prédit une plus faible fréquence d'occurrence des épisodes de MW. Indépendamment du niveau d'expertise, le nombre d'heure hebdomadaire de pratique prédit les performances de MP.
- Si le niveau du *mind wandering* prédit les performances en mémoire prospective, c'est néanmoins l'étape de la MP, au cours de laquelle le MW aura lieu, qui va déterminer la direction de cette relation. Celle-ci est positive quand le *mind wandering* a lieu pendant la phase de rétention des indices, et très certainement négative lorsque le *mind wandering* a lieu à l'étape de l'encodage de l'intention et lors de la détection de l'indice ;
- Cette relation s'étend aux différents contenus du *mind wandering* (passé, futur) et la spontanéité des épisodes. Si le contenu futur épisodique du MW volontaire améliorerait également le contenu rétrospectif des intentions à venir, c'est avant tout lorsqu'il est orienté vers le passé et spontané que le *mind wandering* serait bénéfique au contenu rétrospectif des intentions de mémoire prospective, de même que son

---

orientation spontanée vers le futur épisodique renforce la composante prospective des intentions ;

- Le lien entre *mind wandering* et mémoire prospective peut être mis en évidence à la fois dans un environnement naturaliste écologique comme dans un paradigme écologique de laboratoire plus contrôlé.

Au vu de ces résultats, nous postulons que ces deux états cognitifs opposés que nous avons explorés peuvent avoir un impact différencié, tantôt complémentaire tantôt antithétique et pouvant être délétaire, sur les capacités de MP, selon les étapes de MP durant lesquelles ces états de conscience sont expérimentés (voir **Figure 6**). Plus spécifiquement, une induction de *mindfulness*, tout en renforçant la trace mnésique des intentions prospectives encodées (*phase de rétention*), favoriserait l'accessibilité des indices temporels et contextuels (*phase de récupération de l'intention*), grâce à une plus grande focalisation sur le moment-présent et l'environnement, augmentant ainsi la probabilité de réalisation des actions associées. Les avantages de la *mindfulness* dépendraient également des différences interindividuelles et pourraient être dus à l'association commune entre la *mindfulness* dispositionnelle et la MP par le biais des capacités attentionnelles et intéroceptives. L'implication et le rôle dissociés de la *mindfulness* au cours de chacune des étapes de la mémoire prospective reste à investiguer et à déterminer de manière plus approfondie.

Nos études sur le MW sont très encourageantes dans l'étude du lien à la fois inextricable et surprenant entre le MW et la MP. Conformément à la théorie pragmatique de la prospection (Baumeister et al., 2016, 2018), l'approche du modèle de Kvavilashvili & Rummel (2020) (voir **Figure 6**) suppose que le mode de prospection le plus fréquent ou le mode par défaut de la prospection quotidienne consiste à formuler des intentions assez simples (dans le format « si/quand X alors Y ») à exécuter dans le futur (i.e., rencontrer un ami pour déjeuner après la fin des cours mardi prochain, payer une facture avant 17 heures vendredi prochain ou envoyer un message avant de quitter la maison demain). Cette étape initiale, décrite comme « Pensée future volontaire 2 » dans le modèle, implique la prise d'une décision consciente d'accomplir une action ou une tâche particulière dans le futur, et en tant que telle, est un processus délibéré impliquant certaines ressources exécutives (D. Ellis, 1996; Kvavilashvili & Ellis, 1996). Cependant, ces décisions sont plutôt simplistes (i.e., en ouvrant le réfrigérateur, une personne peut remarquer qu'elle n'a plus de lait et décider d'en acheter en rentrant du travail le soir).

---

C'est pourquoi ces décisions sont généralement prises rapidement, sans qu'il soit nécessaire de simuler des options alternatives (i.e., quel supermarché serait le plus pratique pour s'y rendre), de potentiels obstacles à la réalisation de cet objectif (i.e., réaliser qu'en raison de travaux routiers importants, l'accès à son supermarché habituel pourrait être entravé), et de planifier des plans d'action alternatifs (appelés la matrice des « peut-être » dans la théorie de la prospection pragmatique de Baumeister et al. (2016). La nécessité de s'engager dans de tels processus élaborés, longs et coûteux (représentés par « Pensée future volontaire 1 ») peut survenir dans des situations plus complexes impliquant des demandes concurrentes, des conflits de motivation, ou lors de la planification d'une séquence d'actions pour atteindre un objectif superordonné (i.e., les étapes de la planification d'un voyage dans un pays étranger ; voir Kvavilashvili & Ellis, 1996). Le point principal du modèle de Kvavilashvili & Rummel (2020) est que, bien que les humains aient la capacité de s'engager dans de tels processus constructifs de réflexion épisodique sur le futur (comme le démontrent de nombreuses études sur la pensée future épisodique (EFT) délibérée), la majorité des situations quotidiennes leur permettent de contourner cette étape initiale et de former leurs intentions rapidement et sans trop de dépenses d'efforts et de ressources exécutives (i.e., voir Scullin et al. (2018). Par conséquent, ces décisions concernant l'avenir peuvent souvent se produire « sur le pouce », tout en étant engagé dans d'autres activités comme la conduite, le jogging ou la vaisselle (Anderson & McDaniel, 2019).

La formation d'une intention de faire quelque chose dans le futur peut également être considérée comme une sorte de « mémoire du futur » (Cole & Kvavilashvili, 2021; Jeunehomme & D'Argembeau, 2016; Mazzoni, 2019), la représentation mnésique de l'intention ainsi générée reliant alors une tâche à accomplir à un moment ou un contexte futur particulier dans lequel l'intention pourra être réalisée (c'est-à-dire la phase de récupération, voir la **Figure 6**). Sur la base de cette idée générale, nous avons démontré que les gens pouvaient spontanément expérimenter la réapparition de tels « souvenirs du futur » dans les phases de rétention et de récupération qui suivent la formation initiale de l'intention (désignées par T1, T2 et T3 dans la figure 2), confirmant expérimentalement le cadre théorique proposé par le modèle de Kvavilashvili & Rummel (2020). Alors que l'apparition spontanée de telles pensées dans la phase de rétention implique un voyage mental dans le temps vers le futur (puisque l'action prévue ne peut pas être réalisée au moment présent), leur apparition dans la phase de récupération peut effectivement signifier le moment approprié pour exécuter une tâche,

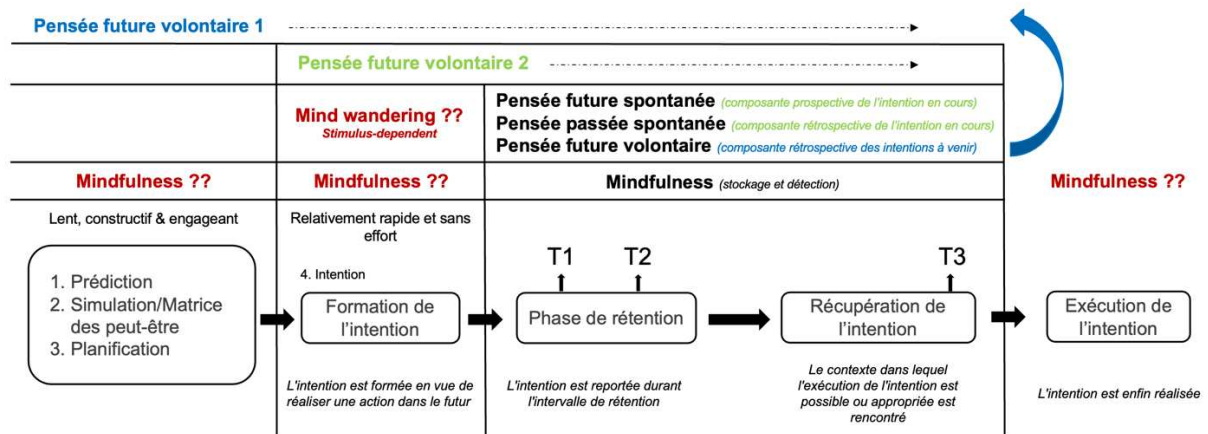
---

transformant ainsi la pensée jusqu'alors future en une pensée centrée sur le présent (Cole & Kvavilashvili, 2021; Conway et al., 2016).

À l'issu de la présentation de leur modèle, Kvavilashvili & Rummel (2020) n'excluaient pas que des efforts de pensée orientée vers le futur puissent quand même se produire dans les phases de rétention et/ou de récupération de toute tâche planifiée (comme l'indiquent les flèches en pointillé à côté des deux types de pensée délibérée). Cependant, ils estimaient que ces processus délibérés, après la formation de l'intention, devaient nécessairement être moins fréquents que les simples réactivations de pensées futures, ces dernières revêtant une signification fonctionnelle prépondérantes en maintenant les représentations de l'intention actives et prêtes à être initiées lorsque les circonstances de l'exécution de l'intention se présenteraient. Nos observations confirment et précisent le point de vue théorique de Kvavilashvili & Rummel (2020). Tout d'abord, nous notons qu'une fréquence élevée de MW pendant la phase de rétention est liée à une meilleure récupération globale des intentions de la MP, démontrant ainsi le rôle prépondérant de la résurgence des « souvenirs du futur » au cours de l'étape qui précède l'exécution des intentions qu'ils contiennent. Comme théorisé, ces occurrences opèrent principalement de manière spontanée. Cependant, l'orientation temporelle de ces pensées spontanément déterminerait la composante de l'intention prospective qui sera renforcée. Ainsi, selon nos observations, le contenu spontané des épisodes de MW orienté vers le passé prédirait une meilleure récupération de la composante rétrospective des intentions prospectives, tandis que le contenu spontané du MW orienté vers l'EFT prédirait une meilleure performance de la composante prospective des intentions prospective. Certaines des pensées intervenant au cours de la phase de rétention serait volontairement déclenchée, elles seraient alors davantage orientées vers l'EFT et renforceraient la composante rétrospective de futures intentions non encore élaborées. Ce renforcement s'opérerait par la projection dans un futur subjectif, la simulation mentale de situations hypothétiques personnelles et donc la pré-expérimentation des événements futurs (Addis et al., 2008; Atance & O'Neill, 2001; Schacter et al., 2007). La simulation mentale d'une action future envisagée renforcerait l'encodage du contenu de l'intention de MP pendant la phase de formation de l'intention (Brewer & Marsh, 2010; Schnitzspahn & Kliegel, 2009), ce qui augmenterait la probabilité que la tâche de MP soit menée à bien.

Si le rôle fonctionnel précis des pensées volontaires orientées vers le futur proche (biais prospectif) reste à investiguer et à préciser, la double projection du MW, dans le passé et le

futur lointain, pourrait exercer une influence plus importante dans la fonction potentielle du MW sur la MP.



**Figure 6.** Distribution de l'implication de la *mindfulness* et du *mind wandering* selon les différentes étapes de mémoire prospective. Adapté de Kvavilashvili et Rummel (2020).

Nous allons à présent discuter d'autres aspects des liens entre *mindfulness*, MW et MP qui n'ont pas été résolus par les études de cette thèse et de certaines pistes qui mériteraient d'être explorées dans des études futures, afin de préciser leurs liens respectifs. Nous aborderons tout d'abord de points méthodologiques relatives à l'étude des effets de la *mindfulness* sur la MP, puis nous discuterons d'une ouverture clinique de l'étude de la *mindfulness* sur vieillissement et de la dépression, dans le cadre de la MP, de concert au développement d'un entraînement à la médiation plus immersif. Ensuite, nous évoquerons les pistes théoriques à suivre concernant le rôle fonctionnel du MW, orientation et intentionnalité, dans la MP et nous examinerons quelles prédictions nous pouvons faire concernant le processus d'encodage initial des intentions et leur ré-encodage pendant la phase de rétention. Enfin, nous ouvrirons cette fin de thèse sur un champ d'étude relativement peu exploré expérimentalement dans la littérature, en particulier dans le MP, à savoir la conscience intéroceptive, dont les liens prometteurs ont été observés dans l'une de nos études.

## 9.2. La *mindfulness* au quotidien et comme outils de remédiation

Si la littérature sur les protocoles très courts de *mindfulness* (induction) rapporte régulièrement des preuves sur les effets de la *mindfulness* sur la cognition, dès les premières minutes, et si notre Étude 1 tend à confirmer ces observations, il semblerait que nombreuses



---

faibles méthodologiques entachent ces études (Prakash et al., 2020). La possibilité qu'une seule séance de *mindfulness* ne soit pas suffisante pour avoir un impact sur les performances de la MP, la MP étant une fonction cognitive complexe, dont le fonctionnement nécessite l'allocation et la synchronisation dynamique de processus cognitifs partiellement distincts, en fonction de la nature de la tâche et de son contexte de réalisation. Si une courte initiation n'est pas suffisante pour produire un effet substantiel, il est fort à parier qu'une pratique à plus régulière puisse améliorer les performances de la MP.

Comme nous avons pu le constater au cours de cette thèse, il existe un grand nombre de recommandations différentes sur la durée et la fréquence de la méditation. Cinq minutes par jour sont-elles suffisantes pour ressentir les bienfaits de la méditation ? Faut-il en consacrer dix ? Vingt ? Trente ? Il n'y a pas de réponse simple, malheureusement, mais il existe plusieurs indices utiles sur la durée et la fréquence de la méditation. Les interventions cliniques basées sur la *mindfulness*, comme la *Mindfulness-Based Stress Reduction* (MBSR), recommandent généralement de pratiquer la méditation pendant 40 à 45 minutes par jour. La tradition de la méditation transcendante recommande souvent 20 minutes, deux fois par jour. Les interventions basées sur la réponse de relaxation (Benson & Klipper, 1975) recommandent également souvent des méditations de 20 minutes. Traditionnellement, la méditation *shamatha* (une méditation centrée sur la respiration) était et est pratiquée par les moines et les nonnes dans les monastères tibétains pendant des périodes de dix ou quinze minutes. Les moines et les nonnes le faisaient plusieurs fois par jour. Cependant, il n'y a rien de magique dans ces nombres recommandés. En ce sens, la méditation semble similaire à l'exercice physique. Il n'y a pas de durée optimale pour faire de l'exercice, et il n'y a pas non plus de nombre de minutes parfait pour méditer. Cela dit, dans une récente méta-analyse (), il a été curieusement constaté que les tailles d'effet obtenues auprès de méditants de longue durée (expert), c'est-à-dire après plusieurs années de pratique de la méditation ne sont pas si différentes de celles trouvées après des interventions qui ne durent que quelques semaines. Une interprétation des auteurs est que les effets de la méditation de *mindfulness* « s'asymptotent » rapidement, et qu'une quarantaine d'heures de pratique suffirait alors pour obtenir tous les avantages de l'entraînement à la méditation sur l'attention. Une autre possibilité serait que le nombre d'années de pratique de accumulées soit moins important pour les performances attentionnelles que la quantité de pratique quotidienne. Conformément à ce dernier point de vue, une étude de (Teper & Inzlicht, 2013) a constaté que, bien que le nombre d'années d'expérience de la méditation soit corrélé

---

avec l'effet Stroop ( $r = 0,27$ ), il en était de même pour la fréquence quotidienne de la méditation ( $r = 0,23$ ). Une autre étude (Chan & Woollacott, 2007) a trouvé une relation « dose-réponse » avec le nombre de minutes de pratique par jour ( $r = 0,17$ ), mais pas avec le nombre total d'heures d'expérience de méditation au cours de la vie. Les analyses complémentaires menées dans notre **Étude 2**, menée sur une cohorte de 84 méditants de niveaux différents, semblent aller dans ce sens, et que le nombre de minutes par jour/semaine serait le 1<sup>er</sup> prédictor des effets de la *mindfulness* sur les mécanismes cognitifs. Des études plus poussées, précisément sur cette question de la régularité, pourraient être menées dans le cadre de l'étude de la MP.

Le vieillissement est un phénomène naturel lié à des facteurs biologiques entraînant des changements neurocognitifs importants et pouvant s'accompagner de maladies neurodégénératives. Même un vieillissement considéré comme normal s'accompagne d'un déclin neurocognitif notable pouvant avoir un impact délétère important sur l'indépendance et la qualité de vie des personnes âgées. Au niveau neuronal, ce déclin serait sous-tendu par la réorganisation neurofonctionnelle des lobes frontaux (Fjell & Walhovd, 2010). Ainsi, l'exploration des facteurs pouvant conduire à un « vieillissement réussi » est un enjeu sociétal majeur pour les prochaines générations. L'un des processus cognitifs les plus altérés avec le vieillissement est la mémoire tant dans sa composante rétrospective que prospective. Dès le début de cette thèse, nous avons insisté sur le fait que les activités typiques de la vie quotidienne fondées sur la MP (prendre ses médicaments au bon moment ou aller à un rendez-vous) montraient l'importance de ce processus dans le maintien de l'autonomie personnelle et sociale. Le déclin de la MP dans le vieillissement a été associé à la détérioration des fonctions exécutives lié à la réduction de l'efficacité du cortex préfrontal (Schnitzspahn et al., 2013). Les fonctions exécutives, qui sous-tendent ce type de mémoire, sont des processus cognitifs de haut niveau, super-ordonnés, qui permettent de se comporter de manière adaptative dans des situations complexes et nouvelles (Miyake et al., 2000). Il s'avère que ces processus cognitifs, tels que la planification, la flexibilité, le contrôle stratégique et l'inhibition des informations non pertinentes, sont particulièrement affectés au cours du vieillissement.

Outre ces changements cognitifs, les changements de conditions de vie, l'isolement et la réduction des perspectives peuvent engendrer chez les personnes âgées de plus de 65 ans une symptomatologie dépressive. La prévalence de la dépression dans cette classe d'âge serait d'environ 20 % (Fondation Pierre Denicker). Cependant, dans les services de soins somatiques qui leur sont dédiés, les symptômes dépressifs sont présents chez 40 % des patients. Trente % d'entre eux ont

---

même une dépression majeure. Aujourd'hui, on peut estimer que 60 à 70 % des états dépressifs des personnes âgées sont négligés, méconnus ou mal traités, en particulier chez les personnes très âgées (Coldefy & Nestrigue, 2013). La dépression, marquée par des troubles de régulation cognitive et émotionnelle, s'accompagne d'un dysfonctionnement cérébral, notamment du cortex préfrontal et des structures limbiques (Martinot & Mana, 2011). Plus spécifiquement, les patients âgés souffrant d'une dépression présentent des déficits exécutifs majeurs (flexibilité, inhibition, planification) et une difficulté à gérer leurs émotions (Berking et al., 2014). La capacité à réguler notre ressenti et nos réactions face aux événements émotionnels de la vie et aux situations stressantes est un prérequis adaptatif essentiel dans la vie quotidienne pour maintenir un niveau de bien-être élevé. Or cette capacité est fortement liée au contrôle cognitif et aux fonctions exécutives (Gross, 1999), ce qui explique l'intrication complexe entre les déficits cognitifs et les troubles de la régulation émotionnelle chez les personnes âgées (Makowski et al., 2015). Goss (Gross, 2002) distingue plusieurs familles de stratégies de régulation émotionnelle dont celle de la distraction. Lorsque nous sommes confrontés à une situation chargée émotionnellement, il nous est possible d'opérer un redéploiement attentionnel. De cette manière, nous dirigeons et nous maintenons notre attention sur un aspect moins anxiogène de la situation. Ce changement cognitif, lié à l'orientation et au maintien de l'attention (Kanske et al., 2011), repose lourdement sur les fonctions exécutives de haut niveau, comme la mémoire de travail (Ochsner & Gross, 2005) et l'inhibition cognitive (Sperduti, Makowski, et al., 2017). Or un redéploiement attentionnel déficitaire peut entraîner des ruminations liées à une focalisation trop marquée sur des pensées ou des situations anxiogènes et négatives (Makowski et al., 2015). Les personnes âgées, dont la régulation émotionnelle peut être altérée, utilisent de manière préférentielle les stratégies préservées, comme l'évitement de situations désagréables. L'utilisation privilégiée de ce type de stratégies, au détriment du changement cognitif, est considérée comme mal adaptée et le plus souvent inefficace (Aldao et al., 2010). Une étude en IRMf a d'ailleurs mis en évidence, chez les personnes âgées, une suractivité de l'amygdale associée à des bénéfices moindres des stratégies de régulation et un nombre d'émotions négatives ressenties plus important (Winecoff et al., 2011). Cette même étude a également montré une activité moins importante au niveau du cortex préfrontal, une région étroitement associée à l'efficacité des stratégies de régulation chez les personnes âgées. Les auteurs suggèrent que cette baisse d'activité dans cette région pourrait être le résultat du manque d'engagement des processus de contrôle cognitif dans la régulation des émotions négatives. Cet effet de l'âge sur la régulation des émotions ne serait que la résultante de l'effet des altérations cognitives sous-jacentes. Un enjeu majeur de santé publique est donc d'améliorer le fonctionnement cognitif des personnes âgées pour réduire

---

le déclin cognitif et les symptômes dépressifs et augmenter ainsi la qualité de vie et le bien-être. Ces dernières années, un intérêt grandissant s'est porté sur l'étude de la *mindfulness* et de ses effets neurocognitifs dans le vieillissement. Chez les personnes âgées, il a ainsi été démontré que la méditation favorise une réorganisation neuronale tant au niveau structurel que fonctionnel (Cotier et al., 2017). Après 8 semaines de méditation, les auteurs mettent en évidence un pattern complexe de réorganisation fonctionnelle, reflétant une meilleure efficacité du traitement de l'information. Ces effets protecteurs de la méditation contre le vieillissement cérébral pourraient s'expliquer par une augmentation du volume et de la densité de matière grise dans les régions frontales et dans l'hippocampe (Chételat et al., 2017), ainsi que par une diminution de l'atrophie cérébrale, notamment via la réduction du stress, connu pour avoir un impact négatif sur le volume cérébral (Luders et al., 2016). Comme nous l'avons détaillé dans ce manuscrit, de très nombreuses études ont rapporté de meilleures performances attentionnelles, en particulier dans la capacité à ignorer les distracteurs, après une pratique méditative à court ou à long terme. Par exemple, un simple exercice de respiration visant à focaliser son attention, proposé sur une période de 4 semaines, a permis de réduire l'errance mentale (Levinson et al., 2014), principalement associés à des changements négatifs dans l'humeur et l'affect (Schooler et al., 2014). Au-delà de la performance attentionnelle, la méditation semble avoir une influence positive sur les capacités de régulation émotionnelle (Hölzel et al., 2011). Néanmoins, bien que la régulation émotionnelle soit altérée de manière complexe dans le vieillissement (Makowski et al., 2015), une pratique méditative régulière améliore les capacités de régulation émotionnelle permettant d'acquérir une plus grande stabilité émotionnelle et un meilleur bien-être (Tang et al., 2015). Malheureusement, les études portant spécifiquement sur l'effet de la méditation sur le vieillissement sont rares, voire inexistantes en ce qui concerne la MP et notamment ses liens avec la régulation émotionnelle. Pourtant, l'étude de l'effet possible de la méditation en tant qu'outil de stimulation et de remédiation cognitive dans le vieillissement mérite de s'y intéresser fortement vu ses effets potentiels sur la réorganisation cérébrale (Sperduti et al., 2017).

Ces dernières années ont vu l'épanouissement d'une pléthore d'applications d'entraînement cérébral via l'explosion du digital et de la réalité virtuelle. D'ailleurs, l'avènement des smartphones a fait naître un intérêt populaire considérable pour les applications de formation à la *mindfulness*. Néanmoins, à ce jour, la plupart des applications de *mindfulness* fournissent simplement des instructions verbales, et ne sont pas interactives, ce qui limite considérablement leur attrait et leur attrait. Cette explosion des applications va de pair

---

avec l'indéniable croissance de la « gamification » (application d'éléments de game design et de principes de jeu dans des contextes autres que le jeu), ou de l'utilisation de « serious game » dans des contextes cliniques et éducatifs avec notamment l'introduction du game-based learning dans de nombreuses écoles (Speak, 2015). La logique inhérente à cette approche est que les éléments de jeu améliorent l'engagement et la motivation (Looyestyn et al., 2017). L'immersion dans des environnements virtuels écologiques proches du quotidien avec lesquels l'utilisateur peut interagir lui permet d'éprouver un fort sentiment de présence tout en conservant, pour l'expérimentateur, un haut niveau de contrôle expérimental (Fuchs, 2017). La présence communément définie comme le sentiment d'être situé et de répondre à un environnement virtuel comme s'il était réel est l'expression de l'intensité de l'engagement attentionnel envers le stimulus (Slater & Sanchez-Vives, 2016). Cette propriété semble particulièrement intéressante pour développer des applications virtuelles qui permettent d'entraîner le contrôle attentionnel volontaire, stimulé également par la *mindfulness*. De plus, l'immersion en réalité virtuelle et la *mindfulness* pourraient partager un état cognitif commun caractérisé par un focus attentionnel stable. Certaines applications et programmes ont déjà été validées chez les sujets jeunes ou les personnes âgées pour évaluer leur mémoire épisodique (Abichou et al., 2022; La Corte et al., 2019; Penaud et al., 2022; Plancher & Piolino, 2017) et la mémoire prospective chez les personnes âgées (Debarnot et al., 2015) ou chez des sujets pathologiques (Duivon, Perrier, Joly, et al., 2018; Hogan, Cornwell, et al., 2021; Kourtesis et al., 2021; Lecouvey et al., 2019; Rizzo et al., 2020), et des programmes de stimulation cognitives (mémoire prospective et fonctions cognitives) ont été récemment mis en place chez des patients en psychiatrie et dans la maladie d'Alzheimer (Amado et al., 2016). Nous pourrions envisager d'étudier l'impact neurocognitif d'un programme d'entraînement cognitif sur la MP, en réalité virtuelle et avec biofeedback reprenant les fondements de la *mindfulness* basés sur le contrôle volontaire de l'attention. Le biofeedback pourrait faciliter la focalisation attentionnelle sur les signaux corporels, une caractéristique fondamentale de la pratique de la *mindfulness*. Il a été démontré que le biofeedback de la variabilité de la fréquence cardiaque (VRC) affecte le fonctionnement du cerveau préfrontal et améliore les fonctions exécutives (Lehrer & Gevirtz, 2014). Une étude récente (Bögge et al., 2022) a également fourni des preuves que le biofeedback modère le contrôle vagal cardiaque lié à la respiration, qui à son tour médiatise les améliorations dans plusieurs processus cognitifs cruciaux pour le fonctionnement quotidien, comme la mémoire épisodique. Ces améliorations ont été maintenues au-delà de la période d'entraînement. Ces résultats soulignent l'intérêt du biofeedback VRC en tant qu'outil de

---

recherche innovant et approche thérapeutique sans médicament pour affecter le fonctionnement autonome et neurocognitif. Dans cette perspective, avec ce type d'entraînement de médiation-biofeedback en réalité virtuelle, nous pourrions étudier son impact sur la MP dans le vieillissement, sain ou pathologique (dépression).

### 9.3. Orientation et intentionnalité du *mind wandering*

Le MW correspondant à un déplacement de l'attention vers des pensées non liées à la tâche, l'encodage de la mémoire épisodique, tout comme l'est probablement l'encodage des intentions, est fortement influencé par la disponibilité des ressources attentionnelles (Blondé et al., 2022). Cependant, peu d'études ont testé ce lien entre l'encodage de la mémoire et le MW. L'une d'entre elle, (Blondé et al., 2021), a étudié systématiquement l'influence du MW pendant l'encodage sur les performances de la mémoire épisodique dans un contexte écologique de réalité virtuel. Au cours de leur promenade virtuelle, les participants rencontraient différentes scènes qui, à leur insu, étaient des éléments cibles présentés dans une tâche de reconnaissance ultérieure associée à un paradigme Remember-Know-Guess (Friedman & Trott, 2000) . Chaque élément déclenchait, après un intervalle aléatoire, une sonde de pensée évaluant le MW en cours. Les auteurs ont trouvé une relation positive linéaire significative entre le ratio d'éléments correctement reconnus et le MW global rapporté après la tâche. De plus, ils ont trouvé une relation quadratique en forme de U inversé entre la probabilité de donner une réponse « Se souvenir » et le MW rapportée a posteriori. Plus le niveau de MW se rapprochait de la valeur moyenne, plus la probabilité d'obtenir une reconnaissance basée sur le souvenir est élevée. Ces résultats indiquent que dans un environnement complexe, la probabilité la plus élevée de se souvenir effectivement d'une scène serait lorsque les participants présentent un niveau d'attention moyen : ni distraits par des pensées intérieures, ni trop concentrés sur l'environnement. Cet état attentionnel ouvert permettrait un meilleur traitement global de l'environnement en empêchant l'attention d'être capturée par des pensées internes ou rétrécie par une focalisation excessive sur l'environnement. Cette étude confirme que lorsque le MW est totalement déconnecté de ce que le participant fait au même instant (*task-unrelated thoughts* ; Antrobus, 1968), l'impact du MW sera analogue à une situation d'attention divisée et aura un impact négatif sur le traitement des stimuli environnementaux (encodage et récupération des intentions de MP). Cependant, lorsque le contenu du MW est lié plus ou moins directement à certains stimuli externes (*stimulus-dependant thoughts* ; Smallwood & Schooler, 2015), il peut

---

favoriser leur traitement, générant des associations spontanées. Ainsi, dans certains cas spécifiques où le participant éprouverait des pensées liées aux stimuli, ce traitement associatif permettra probablement un meilleur encodage de ceux-ci. Dans chacune de ces situations, l'intentionnalité et l'orientation temporelle précise du contenu devra être mesurées afin de déterminer l'intrication fonctionnelle des différentes composantes du MW liées à la MP. En reprenant le paradigme en réalité virtuelle de Blondé et al. (2021) étudiant la relation entre encodage implicite et épisode de MW, cette fois dans le cadre de l'étude des relations entre MW et MP relatives à l'encodage et à la consolidation des intentions, nous pourrions chercher à répondre aux deux questions suivantes : Les pensées associées aux intentions futures (composante rétrospective et prospective) apparaissent-elles au stade initial de la décision d'effectuer une action particulière dans le futur ou pendant la phase de rétention entre la formation de l'intention et l'occasion de la réaliser ? Alors que la première situation coïncide principalement avec des processus délibérés et stratégiques de formation d'une intention (Kvavilashvili & Rummel, 2020), notre **Étude 3** montre que la seconde semble davantage impliquer des processus spontanés, c'est-à-dire lorsque l'intention surgit simplement à l'esprit. Ce qui n'est pas clair actuellement, cependant, c'est si les cas où les participants déclarent penser délibérément à l'avenir coïncident principalement avec le processus de formation (délibérée) d'intentions à exécuter dans le futur, et si les reports de pensées futures spontanées coïncident avec le simple fait de se souvenir d'intentions précédemment formulées pour des tâches à venir.

#### 9.4. La conscience intéroceptive façonne l'expérience du temps

Les changements dynamiques de la physiologie corporelle influencent les processus perceptifs, affectifs et cognitifs (Critchley & Garfinkel, 2018). Du point de vue psychophysiologique, un nombre important d'études ont souligné les effets des activités du système nerveux autonome (*partie du système nerveux qui régule certaines fonctions automatiques de l'organisme comme les muscles lisses, la digestion, la respiration, les muscles cardiaques ou certaines glandes*) sur diverses fonctions cognitives, notamment l'attention, lesquelles sont impliquées dans des composantes de la MP (Jennings et al., 1990; Thayer & Lane, 2000). Les processus mentaux et le comportement sont ainsi façonnés par l'intéroception (*capacité à ressentir et à se représenter les signaux provenant du corps : cardiaques (« sentir son cœur battre »), etc.*). Le système baroréflexe, à l'origine de l'impact cognitif des signaux neuronaux issus du système cardiovasculaire, est constitué de récepteurs ouvrant la voie à un canal intéroceptif qui transporte des informations

---

sur l'éveil cardiovasculaire, comme la force et la dynamique temporelle des battements cardiaques individuels (Critchley & Harrison, 2013; Pramme et al., 2016). Ainsi, les signaux physiologiques, tels que les battements cardiaques, facilitent, concurrencent ou inhibent sélectivement le traitement de l'information dans les domaines psychologiques, comme la mémoire (Fiacconi et al., 2016; Garfinkel et al., 2013; Terasawa & Umeda, 2017). Dans notre **Étude 1**, nous avons mis en évidence des liens entre la tendance naturelle à décrire ses propres sentiments internes par des mots (facette Description du FFMQ ; (Baer et al., 2008) et la MP, en particulier les performances de MP *time-based* qui reposent sur des processus de contrôle réflexif auto-initiés. En plus des liens entre la facette Description et les processus attentionnels, une association positive entre la facette Description et le volume de matière grise de l'insula antérieure droite a été observée (Murakami et al., 2012; Zhuang et al., 2017). Or, l'insula est impliquée dans plusieurs processus cognitifs, tels que : l'estimation du temps et la conscience intéroceptive (Craig, 2009; Critchley et al., 2004; Wittmann, 2013). Ainsi, une explication intrigante du lien entre la facette Description et la MP *time-based* serait que les personnes ayant un trait de Description plus développé auraient une plus grande conscience de leurs états corporels, et donc un meilleur suivi du temps qui s'écoule. Cette hypothèse est soutenue par des résultats antérieurs montrant un lien direct entre les capacités intéroceptives et la MP. Umeda, Tochizawa, Shibata, & Terasawa, (2016) ont rapporté que les sujets ayant une plus grande précision intéroceptive avaient également de meilleures performances de PM. Néanmoins, les auteurs n'ont testé que la MP *event-based*. Ainsi, nous pourrions étudier la relation entre l'intéroception, les capacités d'estimation du temps et la MP *time-based*.

Nous pourrions envisager le paradigme suivant, inspiré de Garfinkel et al. (2015), pour mesurer l'intéroception. L'intéroception cardiaque peut être mesurée selon différentes dimensions, en utilisant des tâches de détection du rythme cardiaque pour indexer (a) la performance objective, (b) la confiance subjective et (c) la conscience métacognitive (insight ; c'est-à-dire la mesure dans laquelle la confiance prédit la performance)(Critchley & Garfinkel, 2017; Garfinkel et al., 2015). Ainsi, nous évaluerons les participants sur trois dimensions distinctes de l'intéroception : La précision intéroceptive, la sensibilité intéroceptive et la conscience intéroceptive. La première dimension (précision) sera évaluée via des tests objectifs de précision intéroceptive (une tâche de suivi des battements de cœur) dans laquelle il sera donné aux participants un signal de début et un signal de fin d'un intervalle (par exemple 40s) et le sujet devra compter ses propres battements cardiaques pendant cet intervalle. Plusieurs



---

essais seront proposés en variant la durée des intervalles (20, 25, 30, 35, 40s, chacun répété deux fois). Pour la deuxième mesure intéroceptive (sensibilité), nous utiliserons une mesure subjective d'auto-évaluation sondant l'aptitude perçue des participants. Pour chaque essai, nous calculerons 1) la différence entre le nombre de battements cardiaques réels ((HBr) et le nombre de battements perçus (HBp) donnés par le participant (plus la différence est petite, plus les sujets sont précis), 2) un score de confiance. À partir de ces deux mesures, nous pourrons calculer trois scores et ainsi obtenir la troisième dimension intéroceptive (awareness) :

- Interoceptive Accuracy (IAc) =  $1 - (|HBr - HBp|) / \text{mean}(HBr, HBp)$
- Interoceptive Sensibility (IS) = moyenne(confiance)
- Interoceptive Awareness (IAw) = Trial-by-trial correlation entre IAc et IS

Par ailleurs, le processus bottom-up d'intéroception étant directement lié à des modifications physiologiques telles que la fréquence cardiaque et la variabilité de la fréquence cardiaque, celles-ci seront mesurées on-line, durant la tâche de MP en réalité virtuelle. Ceci permettra d'étudier les marqueurs physiologiques du rappel en MP et ses liens avec le niveau de précision individuelle de conscience intéroceptive.

## 9.5. Conclusion

Nous avons tâché, dans cette thèse, de rendre compte de l'effet croisé-combiné de la *mindfulness* et du *mind wandering* sur la mémoire prospective dans différentes conditions expérimentales, visant à retranscrire au mieux comment ces liens prennent place de manière naturelle.

La première expérience (Girardeau et al., 2020) a permis de suggérer l'existence d'un lien entre la *mindfulness* état, le MW et la MP. De prime abord, nous n'avons pas pu mettre en évidence de différence entre les inductions de *mindfulness* et de MW, quand bien même les sujets fait état de ressentis bien différents selon l'induction qu'ils avaient suivie, démontrant que les inductions de *mindfulness* et de *mind wandering* avaient vraisemblablement eu un impact différent sur l'état cognitif des participants. L'une de nos hypothèses explicatives étaient que ces deux inductions avaient eu un impact similaire sur les performances de MP. En ajoutant un troisième groupe (contrôle) non actif, les résultats ont confirmé notre hypothèse puisque nous avons pu mettre en évidence une amélioration des performances de MP à la suite des deux types

---

d'inductions (*mindfulness* et MW) par rapport au groupe contrôle. Nous avons tenté de répondre à la question de la similarité des effets engendrés par deux états cognitifs différents dans les études suivantes. Néanmoins, la limite méthodologique d'une étude en deux phases séparées nous empêche de tirer toutes conclusions hâtives. Cependant, l'ouverture est prometteuse pour le futur. Par ailleurs, des liens entre la *mindfulness* dispositionnelle et les performances *time-based* ont été observées, reflétant l'implication possible de mécanismes intéroceptifs. Là aussi, les pistes sont encourageantes au regard de la littérature.

La seconde étude (Girardeau et al., 2022), portant cette fois-ci sur le MW et un paradigme naturaliste, basé sur l'échantillonnage de l'expérience, visait à tester le lien entre MW et MP dans la vie de tous les jours, au cœur des activités quotidiennes des participants. Nos résultats ont certes confirmé la prévalence des pensées orientées vers le futur et principalement consacrées aux intentions prospectives, cependant celles-ci n'étaient pas prédictives des performances à la tâche de MP *time-based*. Au contraire, les pensées orientées vers le passé, bien moins nombreuses et traditionnellement associées à la rumination et aux humeurs négatives, ont montré un lien fort avec la réussite à la tâche *time-based*. La possibilité que ces pensées aient pu renforcer l'encodage des intentions, par des mécanismes de consolidation (ré-encodage) pendant la phase de rétention a été discuté. Cependant, certaines limites méthodologiques appellent à la prudence quant à l'interprétation des données et demandent qu'elles soient vérifiées dans un cadre plus contrôlé. C'est ce que nous avons fait dans l'étude suivante. Enfin, un sous-groupe de méditant multi-niveau a montré de meilleures performances à la tâche de MP, selon le degré d'expertise (plus d'an de pratique) et selon le nombre d'heure de pratique par semaine. L'opposition traditionnelle entre le *mindfulness* et le MW a également été observé, en ce sens que le groupe de méditant, dont certains ont obtenu de meilleures performances à la tâche de MP, ont reportés moins d'épisodes de MW. Ce résultat met en avant la capacité du MW à être à la fois utile et délétère, et ce probablement selon l'étape de la MP en cours au moment du MW. Cette piste demande à être exploré dans les études futures.

La troisième étude (Girardeau et al., *submitted*) avait pour objectif de confirmer et d'étendre les résultats de l'étude précédente concernant le lien entre le MW orienté vers le passé et la MP, à travers son rôle potentiel sur la consolidation des intentions pendant la phase de rétention. Le pattern de résultats confirme le rôle du MW passé sur la consolidation des intentions MP, en précisant la composante sur laquelle il se concentre durant cet intervalle d

---

réretention des intentions (composante rétrospective). Par ailleurs, le MW spontané orienté vers le futur épisodique, hors planification, semblent renforcer la composante prospective des intentions. Dans les deux cas, l'influence du MW exercée pendant la phase de rétention s'est faite au dépend des individus. Enfin, les mêmes pensées orientées vers le futur épisodique vécues pendant la phase de rétention, mais cette fois de façon volontaire, ont été associées à la composante rétrospective d'intentions encodées par la suite, dont ils ignoraient devoir y être confronté. Cette double observation oriente le rôle fonctionnel du MW dans la MP vers des processus de consolidation conjointement à des mécanismes de projection et d'anticipation de l'avenir.

Enfin, la quatrième étude (Girardeau et al., in prep), n'a malheureusement pas permis de mettre en évidence l'efficacité différencié de deux pratiques méditatives opposées (AF et AO), en raison d'un trop faible effectif de sujets. Elle a néanmoins permis d'élaborer des hypothèses solides sur l'implication potentielle de ces deux pratiques sur la MP et de construire une tâche sensible et efficace, comme en démontre les liens attendus entre les fonctions exécutives (inhibition) et la réussite à la tâche MP.

La présente thèse a humblement cherché à démontrer des liens à la fois attendus, mais non expérimentés, et inattendus que seules quelques hypothèses théoriques avaient effleurées. En employant une méthodologie diversifiée et complémentaire, nous avons souhaité apporter notre pierre expérimentale à l'édifice des moyens de mesures de la MP, en les croisant avec ceux employés pour l'étude de la *mindfulness* et du MW. Les conclusions de cette thèse concernent principalement l'effet du MW sur la consolidation des intentions prospective, et plus modestement des effets de la *mindfulness* sur la MP. Il serait pertinent de déterminer plus précisément quelles étapes de la MP tirerait parties des avantages de la *mindfulness* et surtout du MW, ce dernier pouvant également être délétère. En ce qui concerne la *mindfulness*, il serait également intéressant d'envisager un entraînement à long terme et de tester si l'effet de la *mindfulness* tient plus de l'amélioration des processus attentionnels et exécutifs, au moment de la détection des indices prospectifs, ou du renforcement de la trace mnésique des intentions au moment de l'encodage ou/et de l'encodage. Enfin, l'intéroception est une dimension qui reste à explorer et pourrait être tester afin d'investiguer ses implications théoriques sur la détection ou l'auto-initiation des indices prospectifs.

---

## Bibliographie

- Abichou, K., La Corte, V., Bellegarde, A., Nicolas, S., & Piolino, P. (2022). How rich are false memories in a naturalistic context in healthy aging? *Memory*, *30*(3), 262-278.
- Abney, D. H., McBride, D. M., & Petrella, S. N. (2013). Interactive effects in transfer-appropriate processing for event-based prospective memory: The roles of effort, ongoing task, and PM cue properties. *Memory & Cognition*, *41*(7), 1032-1045.
- Addis, D. R., Knapp, K., Roberts, R. P., & Schacter, D. L. (2012). Routes to the past: Neural substrates of direct and generative autobiographical memory retrieval. *Neuroimage*, *59*(3), 2908-2922.
- Addis, D. R., Wong, A. T., & Schacter, D. L. (2008). Age-related changes in the episodic simulation of future events. *Psychological science*, *19*(1), 33-41.
- Ainsworth, B., Eddershaw, R., Meron, D., Baldwin, D. S., & Garner, M. (2013). The effect of focused attention and open monitoring meditation on attention network function in healthy volunteers. *Psychiatry research*, *210*(3), 1226-1231.
- Alberini, C. M., & LeDoux, J. E. (2013). Memory reconsolidation. *Current Biology*, *23*(17), R746-R750. <https://doi.org/10.1016/j.cub.2013.06.046>
- Aldao, A., Nolen-Hoeksema, S., & Schweizer, S. (2010). Emotion-regulation strategies across psychopathology: A meta-analytic review. *Clinical Psychology Review*, *30*, 217-237. <https://doi.org/10.1016/j.cpr.2009.11.004>
- Allport, G. W. & A. (1997). Planning and problem solving using the five disc Tower of London task. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology: Section A*, *50*(1), 49-78.
- Altgassen, M., Rendell, P. G., Bernhard, A., Henry, J. D., Bailey, P. E., Phillips, L. H., & Kliegel, M. (2015). Future thinking improves prospective memory performance and plan enactment in older adults. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, *68*(1), 192-204. <https://doi.org/10.1080/17470218.2014.956127>

- 
- Amado, I., Brénugat-Herné, L., Orriols, E., Desombre, C., Dos Santos, M., Prost, Z., Krebs, M.-O., & Piolino, P. (2016). A serious game to improve cognitive functions in schizophrenia : A pilot study. *Frontiers in psychiatry*, 7, 64.
- Anālayo, B. (2016). Early Buddhist mindfulness and memory, the body, and pain. *Mindfulness*, 7(6), 1271-1280.
- Anderson, F. T., & Einstein, G. O. (2017). The fate of completed intentions. *Memory*, 25(4), 467-480.
- Anderson, F. T., & McDaniel, M. A. (2019). Hey buddy, why don't we take it outside : An experience sampling study of prospective memory. *Memory & Cognition*, 47(1), 47-62. <https://doi.org/10.3758/s13421-018-0849-x>
- Anderson, F. T., McDaniel, M. A., & Einstein, G. O. (2017). Remembering to Remember : An Examination of the Cognitive Processes Underlying Prospective Memory ☆. In *Learning and Memory : A Comprehensive Reference* (p. 451-463). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-809324-5.21049-3>
- Anderson, F. T., Strube, M. J., & McDaniel, M. A. (2019). Toward a better understanding of costs in prospective memory : A meta-analytic review. *Psychological Bulletin*, 145(11), 1053-1081. <https://doi.org/10.1037/bul0000208>
- Antrobus, J. S. (1968a). Information theory and stimulus-independent thought. *British Journal of Psychology*, 59(4), 423-430. <https://doi.org/10.1111/j.2044-8295.1968.tb01157.x>
- Antrobus, J. S. (1968b). INFORMATION THEORY AND STIMULUS-INDEPENDENT THOUGHT. *British Journal of Psychology*, 59(4), 423-430. <https://doi.org/10.1111/j.2044-8295.1968.tb01157.x>
- Antrobus, J. S., Singer, J. L., Goldstein, S., & Fortgang, M. (1970). Section of Psychology : MINDWANDERING AND COGNITIVE STRUCTURE\*, †. *Transactions of the New York Academy of Sciences*, 32(2 Series II), 242-252. <https://doi.org/10.1111/j.2164-0947.1970.tb02056.x>
- Arabaci, G., & Parris, B. A. (2018). Probe-caught spontaneous and deliberate mind wandering in relation to self-reported inattentive, hyperactive and impulsive traits in adults. *Scientific reports*, 8(1), 1-10.
- Arch, J. J., & Craske, M. G. (2006). Mechanisms of mindfulness : Emotion regulation following a focused breathing induction. *Behaviour research and therapy*, 44(12), 1849-1858.

- 
- Armougum, A., Orriols, E., Gaston-Bellegarde, A., Joie-La Marle, C., & Piolino, P. (2019). Virtual reality : A new method to investigate cognitive load during navigation. *Journal of Environmental Psychology, 65*, 101338.
- Atance, C. M., & O’Neill, D. K. (2001). Episodic future thinking. *Trends in cognitive sciences, 5*(12), 533-539.
- Baer, R. A., Smith, G. T., Hopkins, J., Krietemeyer, J., & Toney, L. (2006). Using self-report assessment methods to explore facets of mindfulness. *Assessment, 13*(1), 27-45.
- Baer, R. A., Smith, G. T., Lykins, E., Button, D., Krietemeyer, J., Sauer, S., Walsh, E., Duggan, D., & Williams, J. M. G. (2008). Construct validity of the Five Facet Mindfulness Questionnaire in meditating and nonmeditating samples. *Assessment, 15*, 329-342. <https://doi.org/10.1177/1073191107313003>
- Baird, B., Smallwood, J., & Schooler, J. W. (2011). Back to the future : Autobiographical planning and the functionality of mind-wandering. *Consciousness and Cognition, 20*(4), 1604-1611. <https://doi.org/10.1016/j.concog.2011.08.007>
- Baldwin, C. L., Roberts, D. M., Barragan, D., Lee, J. D., Lerner, N., & Higgins, J. S. (2017). Detecting and quantifying mind wandering during simulated driving. *Frontiers in human neuroscience, 11*, 406.
- Banich, M. T. (2009). Executive function : The search for an integrated account. *Current directions in psychological science, 18*(2), 89-94.
- Barner, C., Seibold, M., Born, J., & Diekelmann, S. (2017). Consolidation of prospective memory : Effects of sleep on completed and reinstated intentions. *Frontiers in Psychology, 7*, 2025.
- Barrett, L. F., Tugade, M. M., & Engle, R. W. (2004). Individual differences in working memory capacity and dual-process theories of the mind. *Psychological bulletin, 130*(4), 553.
- Barron, E., Riby, L. M., Greer, J., & Smallwood, J. (2011). Absorbed in thought : The effect of mind wandering on the processing of relevant and irrelevant events. *Psychological science, 22*(5), 596-601.
- Bastian, M., Lerique, S., Adam, V., Franklin, M. S., Schooler, J. W., & Sackur, J. (2017). Language facilitates introspection : Verbal mind-wandering has privileged access to consciousness. *Consciousness and Cognition, 49*, 86-97. <https://doi.org/10.1016/j.concog.2017.01.002>

- 
- Baumeister, R. F., Maranges, H. M., & Sjästad, H. (2018). Consciousness of the future as a matrix of maybe : Pragmatic prospection and the simulation of alternative possibilities. *Psychology of Consciousness: Theory, Research, and Practice*, 5(3), 223.
- Baumeister, R. F., Vohs, K. D., & Oettingen, G. (2016). Pragmatic prospection : How and why people think about the future. *Review of General Psychology*, 20(1), 3-16.
- Benson, H., & Klipper, M. Z. (1975). *The relaxation response*. Morrow New York.
- Berking, M., Wirtz, C. M., Svaldi, J., & Hofmann, S. G. (2014). Emotion regulation predicts symptoms of depression over five years. *Behaviour research and therapy*, 57, 13-20.
- Berntsen, D. (2010). The unbidden past : Involuntary autobiographical memories as a basic mode of remembering. *Current Directions in Psychological Science*, 19, 138-142. <https://doi.org/10.1177/0963721410370301>
- Berntsen, D. (2019). Spontaneous future cognitions : An integrative review. *Psychological research*, 83(4), 651-665.
- Blair, C. (2016). Developmental science and executive function. *Current directions in psychological science*, 25(1), 3-7.
- Blondé, P., Girardeau, J.-C., Sperduti, M., & Piolino, P. (2022). A wandering mind is a forgetful mind : A systematic review on the influence of mind wandering on episodic memory encoding. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 132, 774-792. <https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2021.11.015>
- Blondé, P., Makowski, D., Sperduti, M., & Piolino, P. (2021). In Medio Stat Virtus : Intermediate levels of mind wandering improve episodic memory encoding in a virtual environment. *Psychological Research*, 85(4), 1613-1625.
- Blondé, P., Sperduti, M., Makowski, D., & Piolino, P. (2022). Bored, distracted, and forgetful : The impact of mind wandering and boredom on memory encoding. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 75(1), 53-69.
- Bogacz, R. (2007). Optimal decision-making theories : Linking neurobiology with behaviour. *Trends in cognitive sciences*, 11(3), 118-125.
- Bögge, L., Colás-Blanco, I., & Piolino, P. (2022). Respiratory sinus arrhythmia during biofeedback is linked to persistent improvements in attention, short-term memory, and positive self-referential episodic memory. *Frontiers in neuroscience*, 16.
- Bohil, C. J., Alicea, B., & Biocca, F. A. (2011). Virtual reality in neuroscience research and therapy. *Nature reviews neuroscience*, 12(12), 752-762.

- 
- Bonamo, K. K., Legerski, J.-P., & Thomas, K. B. (2015). The influence of a brief mindfulness exercise on encoding of novel words in female college students. *Mindfulness*, *6*(3), 535-544.
- Boywitt, C. D., & Rummel, J. (2011). A diffusion model analysis of task interference effects in prospective memory. *Memory & cognition*, *40*(1), 70-82.  
<https://doi.org/10.3758/s13421-011-0128-6>
- Brandimonte, M. A., Einstein, G. O., & McDaniel, M. A. (2014). *Prospective memory: Theory and applications*. Psychology Press.
- Brandimonte, M. A., Ferrante, D., Bianco, C., & Villani, M. G. (2010). Memory for pro-social intentions : When competing motives collide. *Cognition*, *114*(3), 436-441.
- Brandimonte, M. A., & Passolunghi, M. C. (1994). The Effect of Cue-Familiarity, Cue-Distinctiveness, and Retention Interval on Prospective Remembering. *Quarterly journal of experimental psychology* (2006), *47*(3), 565-587.  
<https://doi.org/10.1080/14640749408401128>
- Brandmeyer, T., & Delorme, A. (2018). Reduced mind wandering in experienced meditators and associated EEG correlates. *Experimental brain research*, *236*(9), 2519-2528.
- Brandmeyer, T., & Delorme, A. (2021). Meditation and the wandering mind : A theoretical framework of underlying neurocognitive mechanisms. *Perspectives on Psychological Science*, *16*(1), 39-66.
- Braver, T. S., Gray, J. R., & Burgess, G. C. (2007). Explaining the many varieties of working memory variation : Dual mechanisms of cognitive control. In *Variation in working memory*. (p. 76-106). Oxford University Press.
- Brewer, G. A., Knight, J. B., Marsh, R. L., & Unsworth, N. (2010). Individual differences in event-based prospective memory : Evidence for multiple processes supporting cue detection. *Memory & cognition*, *38*(3), 304-311.
- Brewer, G. A., & Marsh, R. L. (2010). On the role of episodic future simulation in encoding of prospective memories. *Cognitive neuroscience*, *1*(2), 81-88.  
<https://doi.org/10.1080/17588920903373960>
- Brown, K. W., Goodman, R. J., Ryan, R. M., & Anālayo, B. (2016). Mindfulness enhances episodic memory performance : Evidence from a multimethod investigation. *PloS one*, *11*(4), e0153309.



- 
- 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.
- Buckner, R. L., & Carroll, D. C. (2007). Self-projection and the brain. *Trends in cognitive sciences*, 11(2), 49-57.
- Bugg, J. M., & Scullin, M. K. (2013). Controlling intentions : The surprising ease of stopping after going relative to stopping after never having gone. *Psychological Science*, 24(12), 2463-2471.
- Bugg, J. M., Scullin, M. K., & Rauvola, R. S. (2016). Forgetting no-longer-relevant prospective memory intentions is (sometimes) harder with age but easier with forgetting practice. *Psychology and Aging*, 31(4), 358.
- Bulzacka, E., Lavault, S., Pelissolo, A., & Isnard, C. B. (2018). Mindful neuropsychology : Repenser la réhabilitation neuropsychologique à travers la pleine conscience. *L'Encéphale*, 44(1), 75-82.
- Burgess, P. W., Dumontheil, I., Gilbert, S. J., Okuda, J., Schölvinck, M. L., & Simons, J. S. (2007). On the role of rostral prefrontal cortex (area 10) in prospective memory. *Prospective Memory: Cognitive, Neuroscience, Developmental, and Applied Perspectives*, Mahwah: Erlbaum.
- Burgess, P. W., Veitch, E., de Lacy Costello, A., & Shallice, T. (2000). The cognitive and neuroanatomical correlates of multitasking. *Neuropsychologia*, 38(6), 848-863.
- Butera, R., & Kreatsoulas, J. (2018). *Body Mindful Yoga : Create a Powerful and Affirming Relationship with Your Body*. Llewellyn Worldwide.
- Callard, F., Smallwood, J., Golchert, J., & Margulies, D. S. (2013). The era of the wandering mind? Twenty-first century research on self-generated mental activity. *Frontiers in Psychology*, 4. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2013.00891>
- Carriere, J. S. A., Seli, P., & Smilek, D. (2013a). Wandering in both mind and body : Individual differences in mind wandering and inattention predict fidgeting. *Canadian Journal of Experimental Psychology*, 67(1), 19-31. <https://doi.org/10.1037/a0031438>
- Carriere, J. S. A., Seli, P., & Smilek, D. (2013b). Wandering in both mind and body : Individual differences in mind wandering and inattention predict fidgeting. *Canadian Journal of Experimental Psychology/Revue Canadienne de Psychologie Expérimentale*, 67(1), 19-31. <https://doi.org/10.1037/a0031438>

- 
- Chan, D., & Woollacott, M. (2007). Effects of level of meditation experience on attentional focus : Is the efficiency of executive or orientation networks improved? *The Journal of Alternative and Complementary Medicine*, *13*(6), 651-658.
- Chaytor, N., & Schmitter-Edgecombe, M. (2003). The ecological validity of neuropsychological tests : A review of the literature on everyday cognitive skills. *Neuropsychology review*, *13*(4), 181-197.
- Chen, X., Wang, Y., Liu, L., Cui, J., Gan, M., Shum, D. H. K., & Chan, R. C. K. (2015). The effect of implementation intention on prospective memory : A systematic and meta-analytic review. *Psychiatry Research*, *226*(1), 14-22. <https://doi.org/10.1016/j.psychres.2015.01.011>
- Chételat, G., Mézenge, F., Tomadesso, C., Landeau, B., Arenaza-Urquijo, E., Rauchs, G., André, C., De Flores, R., Egret, S., & Gonneaud, J. (2017). Reduced age-associated brain changes in expert meditators : A multimodal neuroimaging pilot study. *Scientific reports*, *7*(1), 1-11.
- Chiesa, A., & Malinowski, P. (2011). Mindfulness-based approaches : Are they all the same? *Journal of clinical psychology*, *67*(4), 404-424.
- Chiesa, A., & Serretti, A. (2009). Mindfulness-based stress reduction for stress management in healthy people : A review and meta-analysis. *The journal of alternative and complementary medicine*, *15*(5), 593-600.
- Chiesa, A., Serretti, A., & Jakobsen, J. C. (2013). Mindfulness : Top-down or bottom-up emotion regulation strategy? *Clinical psychology review*, *33*(1), 82-96.
- Chiorri, C., & Vannucci, M. (2019). Replicability of the Psychometric Properties of Trait-Levels Measures of Spontaneous and Deliberate Mind Wandering. *European Journal of Psychological Assessment*, *35*(4), 459-468. <https://doi.org/10.1027/1015-5759/a000422>
- Christoff, K., Gordon, A. M., Smallwood, J., Smith, R., & Schooler, J. W. (2009). Experience sampling during fMRI reveals default network and executive system contributions to mind wandering. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, *106*(21), 8719-8724. <https://doi.org/10.1073/pnas.0900234106>
- Christoff, K., Irving, Z. C., Fox, K. C. R., Spreng, R. N., & Andrews-Hanna, J. R. (2016a). Mind-wandering as spontaneous thought : A dynamic framework. *Nature Reviews Neuroscience*, *17*(11), 718-731. <https://doi.org/10.1038/nrn.2016.113>

- 
- Christoff, K., Irving, Z. C., Fox, K. C. R., Spreng, R. N., & Andrews-Hanna, J. R. (2016b). Mind-wandering as spontaneous thought: A dynamic framework. *Nature Reviews Neuroscience*, 17(11), 718-731. <https://doi.org/10.1038/nrn.2016.113>
- Christoff, K., Mills, C., Andrews-Hanna, J. R., Irving, Z. C., Thompson, E., Fox, K. C. R., & Kam, J. W. Y. (2018). Mind-Wandering as a Scientific Concept: Cutting through the Definitional Haze. *Trends in Cognitive Sciences*, 22(11), 957-959. <https://doi.org/10.1016/j.tics.2018.07.004>
- Cohen, A.-L. (2013). Attentional decoupling while pursuing intentions: A form of mind wandering? *Frontiers in Psychology*, 4. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2013.00693>
- Cohen, A.-L., Dixon, R. A., Lindsay, D. S., & Masson, M. E. (2003). The effect of perceptual distinctiveness on the prospective and retrospective components of prospective memory in young and old adults. *Canadian Journal of Experimental Psychology/Revue canadienne de psychologie expérimentale*, 57(4), 274.
- Cohen, A.-L., Gordon, A., Jaudas, A., Hefer, C., & Dreisbach, G. (2016). Let it go: The flexible engagement and disengagement of monitoring processes in a non-focal prospective memory task. *Psychological research*, 81(2), 366-377. <https://doi.org/10.1007/s00426-016-0744-7>
- Cohen, A.-L., Jaudas, A., & Gollwitzer, P. M. (2008). Number of cues influences the cost of remembering to remember. *Memory & cognition*, 36(1), 149-156.
- Cohen, A.-L., West, R., & Craik, F. I. (2001). Modulation of the prospective and retrospective components of memory for intentions in younger and older adults. *Aging, Neuropsychology, and Cognition*, 8(1), 1-13.
- Coldefy, M., & Nestrigue, C. (2013). La prise en charge de la dépression dans les établissements de santé. *Études et résultats*. Paris: DREES, IRDES, 860.
- Cole, S., & Kvavilashvili, L. (2019). Spontaneous future cognition: The past, present and future of an emerging topic. *Psychological Research*, 83(4), 631-650. <https://doi.org/10.1007/s00426-019-01193-3>
- Cole, S., & Kvavilashvili, L. (2021). Spontaneous and deliberate future thinking: A dual process account. *Psychological Research*, 85(2), 464-479. <https://doi.org/10.1007/s00426-019-01262-7>
- Colzato, L. S., Sellaro, R., Samara, I., Baas, M., & Hommel, B. (2015). Meditation-induced states predict attentional control over time. *Consciousness and Cognition*, 37, 57-62.

- 
- Colzato, L. S., Sellaro, R., Samara, I., & Hommel, B. (2015). Meditation-induced cognitive-control states regulate response-conflict adaptation: Evidence from trial-to-trial adjustments in the Simon task. *Consciousness and Cognition*, *35*, 110-114.
- Colzato, L. S., van der Wel, P., Sellaro, R., & Hommel, B. (2016). A single bout of meditation biases cognitive control but not attentional focusing: Evidence from the global–local task. *Consciousness and Cognition*, *39*, 1-7.
- Cona, G., Bisiacchi, P. S., Sartori, G., & Scarpazza, C. (2016). Effects of cue focality on the neural mechanisms of prospective memory: A meta-analysis of neuroimaging studies. *Scientific Reports*, *6*(1), 25983. <https://doi.org/10.1038/srep25983>
- Cona, G., Scarpazza, C., Sartori, G., Moscovitch, M., & Bisiacchi, P. S. (2015). Neural bases of prospective memory: A meta-analysis and the “Attention to Delayed Intention” (AtoDI) model. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, *52*, 21-37. <https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2015.02.007>
- Conte, A. M., & McBride, D. M. (2018). Comparing time-based and event-based prospective memory over short delays. *Memory*, *26*(7), 936-945.
- Conway, M. A., & Dewhurst, S. A. (1995). The self and recollective experience. *Applied Cognitive Psychology*, *9*(1), 1-19.
- Conway, M. A., Dewhurst, S. A., Pearson, N., & Sapute, A. (2001). The self and recollection reconsidered: How a ‘failure to replicate’ failed and why trace strength accounts of recollection are untenable. *Applied Cognitive Psychology: The Official Journal of the Society for Applied Research in Memory and Cognition*, *15*(6), 673-686.
- Conway, M. A., Loveday, C., & Cole, S. N. (2016). The remembering–imagining system. *Memory Studies*, *9*(3), 256-265.
- Corballis, M. C. (2013). Wandering tales: Evolutionary origins of mental time travel and language. *Frontiers in psychology*, *4*, 485.
- Costa, A., Peppe, A., Serafini, F., Zabberoni, S., Barban, F., Caltagirone, C., & Carlesimo, G. A. (2014). Prospective memory performance of patients with Parkinson’s disease depends on shifting aptitude: Evidence from cognitive rehabilitation. *Journal of the International Neuropsychological Society*, *20*(7), 717-726.
- Cotier, F. A., Zhang, R., & Lee, T. (2017). A longitudinal study of the effect of short-term meditation training on functional network organization of the aging brain. *Scientific reports*, *7*(1), 1-11.

- 
- Craig, A. D. (Bud). (2009). Emotional moments across time : A possible neural basis for time perception in the anterior insula. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 364(1525), 1933-1942. <https://doi.org/10.1098/rstb.2009.0008>
- Critchley, H. D., & Garfinkel, S. N. (2017). Interoception and emotion. *Current opinion in psychology*, 17, 7-14.
- Critchley, H. D., & Garfinkel, S. N. (2018). The influence of physiological signals on cognition. *Current Opinion in Behavioral Sciences*, 19, 13-18. <https://doi.org/10.1016/j.cobeha.2017.08.014>
- Critchley, H. D., & Harrison, N. A. (2013). Visceral influences on brain and behavior. *Neuron*, 77(4), 624-638.
- Critchley, H. D., Wiens, S., Rotshtein, P., Öhman, A., & Dolan, R. J. (2004). Neural systems supporting interoceptive awareness. *Nature neuroscience*, 7(2), 189-195.
- Cuadra, R. (2020). Frequency of Mind-Wandering in a Sustained Attention to Response Task : A Cognitive Model of Distraction. *Res. Comput. Sci.*, 149(11), 11-21.
- Cunningham, S., Scerbo, M. W., & Freeman, F. G. (2000). The electrocortical correlates of daydreaming during vigilance tasks. *Journal of Mental Imagery*.
- Dahl, C. J., Lutz, A., & Davidson, R. J. (2015). Reconstructing and deconstructing the self : Cognitive mechanisms in meditation practice. *Trends in Cognitive Sciences*, 19(9), 515-523. <https://doi.org/10.1016/j.tics.2015.07.001>
- D'Argembeau, A. (2016). The role of personal goals in future-oriented mental time travel. *Seeing the future: Theoretical perspectives on future-oriented mental time travel*, 199-214.
- D'Argembeau, A. (2018a). Mind-wandering and self-referential thought. *The Oxford handbook of spontaneous thought: Mind-wandering, creativity, and dreaming*, 181-191.
- D'Argembeau, A. (2018b). Mind-wandering and self-referential thought. *The Oxford handbook of spontaneous thought: Mind-wandering, creativity, and dreaming*, 181-191.
- D'Argembeau, A., Ortoleva, C., Jumentier, S., & Van der Linden, M. (2010). Component processes underlying future thinking. *Memory & cognition*, 38(6), 809-819.
- D'Argembeau, A., Renaud, O., & Van der Linden, M. (2011a). Frequency, characteristics and functions of future-oriented thoughts in daily life. *Applied cognitive psychology*, 25(1), 96-103. <https://doi.org/10.1002/acp.1647>

- 
- D'Argembeau, A., Renaud, O., & Van der Linden, M. (2011b). Frequency, characteristics and functions of future-oriented thoughts in daily life. *Applied Cognitive Psychology, 25*(1), 96-103. <https://doi.org/10.1002/acp.1647>
- Debarnot, U., Crépon, B., Orriols, E., Abram, M., Charron, S., Lion, S., Roca, P., Oppenheim, C., Gueguen, B., Ergis, A.-M., Baron, J.-C., & Piolino, P. (2015). Intermittent theta burst stimulation over left BA10 enhances virtual reality-based prospective memory in healthy aged subjects. *Neurobiology of Aging, 36*(8), 2360-2369. <https://doi.org/10.1016/j.neurobiolaging.2015.05.001>
- Deng, Y., Zhang, B., Zheng, X., Liu, Y., Wang, X., & Zhou, C. (2019). The role of mindfulness and self-control in the relationship between mind-wandering and metacognition. *Personality and Individual Differences, 141*, 51-56. <https://doi.org/10.1016/j.paid.2018.12.020>
- Diamond, A. (2013). Executive functions. *Annual review of psychology, 64*, 135.
- Dickenson, J., Berkman, E. T., Arch, J., & Lieberman, M. D. (2013). Neural correlates of focused attention during a brief mindfulness induction. *Social Cognitive and Affective Neuroscience, 8*(1), 40-47. <https://doi.org/10.1093/scan/nss030>
- Diekelmann, S., Büchel, C., Born, J., & Rasch, B. (2011). Labile or stable: Opposing consequences for memory when reactivated during waking and sleep. *Nature neuroscience, 14*(3), 381-386.
- Diekelmann, S., Wilhelm, I., Wagner, U., & Born, J. (2013). Sleep to implement an intention. *Sleep, 36*(1), 149-153.
- Dismukes, R. K. (2008). Prospective memory in aviation and everyday settings. In *Prospective memory: Cognitive, neuroscience, developmental, and applied perspectives*. (p. 411-431). Taylor & Francis Group/Lawrence Erlbaum Associates.
- Droit-Volet, S., Fanget, M., & Dambrun, M. (2015). Mindfulness meditation and relaxation training increases time sensitivity. *Consciousness and Cognition, 31*, 86-97. <https://doi.org/10.1016/j.concog.2014.10.007>
- Duivon, M., Perrier, J., Desgranges, B., & Giffard, B. (2018). Actualités sur la plainte cognitive associée au cancer du sein : La mémoire prospective, une mémoire oubliée. *Revue de neuropsychologie, 10*(3), 222. <https://doi.org/10.3917/rne.103.0222>
- Duivon, M., Perrier, J., Joly, F., Licaj, I., Grellard, J.-M., Clarisse, B., Lévy, C., Fleury, P., Madeleine, S., & Lefèvre, N. (2018). Impact of breast cancer on prospective memory

- 
- functioning assessed by virtual reality and influence of sleep quality and hormonal therapy : PROSOM-K study. *BMC cancer*, 18(1), 1-10.
- Dunne, J. D., Thompson, E., & Schooler, J. (2019). Mindful meta-awareness : Sustained and non-propositional. *Current Opinion in Psychology*, 28, 307-311. <https://doi.org/10.1016/j.copsyc.2019.07.003>
- Duval, C., Desgranges, B., de La Sayette, V., Belliard, S., Eustache, F., & Piolino, P. (2012). What happens to personal identity when semantic knowledge degrades ? A study of the self and autobiographical memory in semantic dementia. *Neuropsychologia*, 50(2), 254-265.
- Ehring, T., & Watkins, E. R. (2008). Repetitive negative thinking as a transdiagnostic process. *International journal of cognitive therapy*, 1(3), 192-205.
- Einstein, G. O., & McDaniel, M. A. (1990). Normal aging and prospective memory. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 16(4), 717-726. <https://doi.org/10.1037/0278-7393.16.4.717>
- Einstein, G. O., & McDaniel, M. A. (1996). Retrieval processes in prospective memory : Theoretical approaches and some new empirical findings. *Prospective memory: Theory and applications*, 115-141.
- Einstein, G. O., & McDaniel, M. A. (2005). Prospective Memory : Multiple Retrieval Processes. *Current Directions in Psychological Science*, 14(6), 286-290. <https://doi.org/10.1111/j.0963-7214.2005.00382.x>
- Einstein, G. O., & McDaniel, M. A. (2010). Prospective memory and what costs do not reveal about retrieval processes : A commentary on Smith, Hunt, McVay, and McConnell (2007). *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 36(4), 1082-1088. <https://doi.org/10.1037/a0019184>
- Einstein, G. O., McDaniel, M. A., Manzi, M., Cochran, B., & Baker, M. (2000). Prospective memory and aging : Forgetting intentions over short delays. *Psychology and Aging*, 15, 671-683. <https://doi.org/10.1037/0882-7974.15.4.671>
- Einstein, G. O., McDaniel, M. A., Thomas, R., Mayfield, S., Shank, H., Morrisette, N., & Breneiser, J. (2005). Multiple processes in prospective memory retrieval : Factors determining monitoring versus spontaneous retrieval. *Journal of Experimental Psychology: General*, 134(3), 327.

- 
- Ellis, D. (1996). The dilemma of measurement in information retrieval research. *Journal of the American Society for Information Science*, 47(1), 23-36. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1097-4571\(199601\)47:1<23::AID-ASI3>3.0.CO;2-4](https://doi.org/10.1002/(SICI)1097-4571(199601)47:1<23::AID-ASI3>3.0.CO;2-4)
- Ellis, J. A., & Nimmo-Smith, I. (1993). Recollecting naturally-occurring intentions : A study of cognitive and affective factors. *Memory*, 1(2), 107-126.
- Ellis, J., & Kvavilashvili, L. (2000). Prospective memory in 2000 : Past, present, and future directions. *Applied Cognitive Psychology*, 14(7), S1-S9. <https://doi.org/10.1002/acp.767>
- Engle, R. W., & Kane, M. J. (2004). *Executive attention, working memory capacity, and a two-factor theory of cognitive control*.
- Faber, M., Bixler, R., & D'Mello, S. K. (2018). An automated behavioral measure of mind wandering during computerized reading. *Behavior Research Methods*, 50(1), 134-150.
- Fan, J., McCandliss, B. D., Sommer, T., Raz, A., & Posner, M. I. (2002). Testing the Efficiency and Independence of Attentional Networks. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 14(3), 340-347. <https://doi.org/10.1162/089892902317361886>
- Fiacconi, C. M., Peter, E. L., Owais, S., & Köhler, S. (2016). Knowing by heart : Visceral feedback shapes recognition memory judgments. *Journal of Experimental Psychology: General*, 145(5), 559.
- Finnbogadóttir, H., & Berntsen, D. (2013). Involuntary future projections are as frequent as involuntary memories, but more positive. *Consciousness and Cognition*, 22(1), 272-280.
- Finnigan, F., Schulze, D., & Smallwood, J. (2007). Alcohol and the wandering mind : A new direction in the study of alcohol on attentional lapses. *International Journal on Disability and Human Development*, 6(2), 189-200.
- Fjell, A. M., & Walhovd, K. B. (2010). Structural brain changes in aging : Courses, causes and cognitive consequences. *Reviews in the Neurosciences*, 21(3), 187-222.
- Forster, S., & Lavie, N. (2014). Distracted by your mind? Individual differences in distractibility predict mind wandering. *Journal of experimental psychology: learning, memory, and cognition*, 40(1), 251.
- Fox, K. C., Andrews-Hanna, J. R., Mills, C., Dixon, M. L., Markovic, J., Thompson, E., & Christoff, K. (2018). Affective neuroscience of self-generated thought. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1426(1), 25-51.
- Fox, K. C., Nijeboer, S., Dixon, M. L., Floman, J. L., Ellamil, M., Rumak, S. P., Sedlmeier, P., & Christoff, K. (2014). Is meditation associated with altered brain structure? A



- 
- systematic review and meta-analysis of morphometric neuroimaging in meditation practitioners. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 43, 48-73.
- Fox, K. C. R., & Christoff, K. (2015). Transcranial direct current stimulation to lateral prefrontal cortex could increase meta-awareness of mind wandering. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 112(19). <https://doi.org/10.1073/pnas.1504686112>
- Franklin, M. S., Mooneyham, B. W., Baird, B., & Schooler, J. W. (2014). Thinking one thing, saying another : The behavioral correlates of mind-wandering while reading aloud. *Psychonomic Bulletin & Review*, 21(1), 205-210.
- Franzen, M. D., & Wilhelm, K. L. (1996). Conceptual foundations of ecological validity in neuropsychological assessment. *Ecological validity of neuropsychological testing*, 91-112.
- Freeman, J. E., & Ellis, J. A. (2003). The representation of delayed intentions : A prospective subject-performed task? *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 29(5), 976.
- Fridland, E. (2015). Knowing-how : Problems and considerations. *European Journal of Philosophy*, 23(3), 703-727.
- Friedman, D., & Trott, C. (2000). An event-related potential study of encoding in young and older adults. *Neuropsychologia*, 38(5), 542-557.
- Friedman, N. P., & Miyake, A. (2004). The relations among inhibition and interference control functions : A latent-variable analysis. *Journal of experimental psychology: General*, 133(1), 101.
- Friedman, N. P., & Miyake, A. (2017). Unity and diversity of executive functions : Individual differences as a window on cognitive structure. *Cortex*, 86, 186-204.
- Fuchs, P. (2017). *Virtual reality headsets-a theoretical and pragmatic approach*. CRC Press.
- Fuchs, P., Moreau, G., & Guitton, P. (2011). *Virtual reality : Concepts and technologies*. CRC Press.
- Funke, J., & Krüger, T. (1995). *Plan-a-Day : Konzeption eines modifizierbaren Instruments zur Führungskräfte-Auswahl sowie erste empirische Befunde*.
- Gallant, S. N. (2016). Mindfulness meditation practice and executive functioning : Breaking down the benefit. *Consciousness and cognition*, 40, 116-130.
- Gardner, R. S., & Ascoli, G. A. (2015). The natural frequency of human prospective memory increases with age. *Psychology and Aging*, 30(2), 209-219. <https://doi.org/10.1037/a0038876>

- 
- Garfinkel, S. N., Barrett, A. B., Minati, L., Dolan, R. J., Seth, A. K., & Critchley, H. D. (2013). What the heart forgets : Cardiac timing influences memory for words and is modulated by metacognition and interoceptive sensitivity. *Psychophysiology*, *50*(6), 505-512.
- Garfinkel, S. N., Seth, A. K., Barrett, A. B., Suzuki, K., & Critchley, H. D. (2015). Knowing your own heart : Distinguishing interoceptive accuracy from interoceptive awareness. *Biological Psychology*, *104*, 65-74. <https://doi.org/10.1016/j.biopsycho.2014.11.004>
- Garland, E. L., Hanley, A., Farb, N. A., & Froeliger, B. (2015). State mindfulness during meditation predicts enhanced cognitive reappraisal. *Mindfulness*, *6*(2), 234-242.
- Giambra, L. M. (1989). Task-unrelated-thought frequency as a function of age : A laboratory study. *Psychology and aging*, *4*(2), 136-143. <https://doi.org/10.1037/0882-7974.4.2.136>
- Gilbert, S. J. (2015). Strategic offloading of delayed intentions into the external environment. *Quarterly journal of experimental psychology*, *68*(5), 971-992.
- Gilbert, S. J., Hadjipavlou, N., & Raelison, M. (2013). Automaticity and Control in Prospective Memory : A Computational Model. *PLoS ONE*, *8*(3), e59852. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0059852>
- Girardeau, J.-C., Blondé, P., Makowski, D., Abram, M., Piolino, P., & Sperduti, M. (2020a). The impact of state and dispositional mindfulness on prospective memory : A virtual reality study. *Consciousness and Cognition*, *81*, 102920. <https://doi.org/10.1016/j.concog.2020.102920>
- Girardeau, J.-C., Blondé, P., Makowski, D., Abram, M., Piolino, P., & Sperduti, M. (2020b). The impact of state and dispositional mindfulness on prospective memory : A virtual reality study. *Consciousness and Cognition*, *81*, 102920. <https://doi.org/10.1016/j.concog.2020.102920>
- Girardeau, J.-C., Sperduti, M., Blondé, P., & Piolino, P. (2022). Where Is My Mind...? The Link between Mind Wandering and Prospective Memory. *Brain Sciences*, *12*(9), 1139. <https://doi.org/10.3390/brainsci12091139>
- Godden, D. R., & Baddeley, A. D. (1975). Context-dependent memory in two natural environments : On land and underwater. *British Journal of Psychology*, *66*, 325-331. <https://doi.org/10.1111/j.2044-8295.1975.tb01468.x>
- Golchert, J., Smallwood, J., Jefferies, E., Seli, P., Huntenburg, J. M., Liem, F., Lauckner, M. E., Oligschläger, S., Bernhardt, B. C., & Villringer, A. (2017). Individual variation in

- 
- intentionality in the mind-wandering state is reflected in the integration of the default-mode, fronto-parietal, and limbic networks. *Neuroimage*, 146, 226-235.
- Goldberg, S. B., Hoyt, W. T., Nissen-Lie, H. A., Nielsen, S. L., & Wampold, B. E. (2018). Unpacking the therapist effect : Impact of treatment length differs for high-and low-performing therapists. *Psychotherapy Research*, 28(4), 532-544.
- Gollwitzer, P. M. (1999). Implementation Intentions : Strong Effects of Simple Plans. *The American psychologist*, 54(7), 493-503.
- Gonneaud, J., Kalpouzos, G., Bon, L., Viader, F., Eustache, F., & Desgranges, B. (2011a). Distinct and shared cognitive functions mediate event- and time-based prospective memory impairment in normal ageing. *Memory*, 19(4), 360-377. <https://doi.org/10.1080/09658211.2011.570765>
- Gonneaud, J., Kalpouzos, G., Bon, L., Viader, F., Eustache, F., & Desgranges, B. (2011b). Distinct and shared cognitive functions mediate event- and time-based prospective memory impairment in normal ageing. *Memory*, 19(4), 360-377. <https://doi.org/10.1080/09658211.2011.570765>
- Gonneaud, J., Piolino, P., Lecouvey, G., Madeleine, S., Orriols, E., Fleury, P., Eustache, F., & Desgranges, B. (2012). *Assessing prospective memory in young healthy adults using virtual reality*. 211-218.
- Gonneaud, J., Rauchs, G., Groussard, M., Landeau, B., Mézenge, F., de La Sayette, V., Eustache, F., & Desgranges, B. (2014). How do we process event-based and time-based intentions in the brain? An fMRI study of prospective memory in healthy individuals: Neuroimaging of Prospective Memory. *Human Brain Mapping*, 35(7), 3066-3082. <https://doi.org/10.1002/hbm.22385>
- Goschke, T. (2000). 14 Intentional Reconfiguration and. *Control of cognitive processes: Attention and performance XVIII*, 18, 331.
- Goschke, T., & Kuhl, J. (1993). Representation of intentions : Persisting activation in memory. *Journal of Experimental Psychology: Learning, memory, and cognition*, 19(5), 1211.
- Goschke, T., & Kuhl, J. (1996). *Remembering what to do : Explicit and implicit memory for intentions*.
- Graf, P., & Uttl, B. (2001). Prospective Memory : A New Focus for Research. *Consciousness and cognition*, 10(4), 437-450. <https://doi.org/10.1006/ccog.2001.0504>
- Graf, P., Uttl, B., & Dixon, R. A. (2002). Pro- and retrospective memory in adulthood. In *Lifespan memory development* (p. pp 257-282). MIT Press.

- 
- Gross, J. J. (1999). Emotion regulation: Past, present, future. *Cognition & emotion*, 13(5), 551-573.
- Gross, J. J. (2002). Emotion regulation: Affective, cognitive, and social consequences. *Psychophysiology*, 39, 281-291. <https://doi.org/10.1017/S0048577201393198>
- Gunaratana, H. (1991). *Mindfulness in plain English*.
- Gustavson, D. E., Altamirano, L. J., Johnson, D. P., Whisman, M. A., & Miyake, A. (2017). Is set shifting really impaired in trait anxiety? Only when switching away from an effortfully established task set. *Emotion*, 17(1), 88.
- Guynn, M. J. (2008). *Theory of monitoring in prospective memory: Instantiating a retrieval mode and periodic target checking*. International Conference on Prospective Memory, 2, Jul, 2005, Zurich, Switzerland; Portions of this research were presented at the aforementioned conference.
- Guynn, M. J., McDaniel, M. A., & Einstein, G. O. (1998). Prospective memory: When reminders fail. *Memory & cognition*, 26(2), 287-298.
- Haines, S. J., Shelton, J. T., Henry, J. D., Terrett, G., Vorwerk, T., & Rendell, P. G. (2019). Prospective Memory and Cognitive Aging. In S. J. Haines, J. T. Shelton, J. D. Henry, G. Terrett, T. Vorwerk, & P. G. Rendell, *Oxford Research Encyclopedia of Psychology*. Oxford University Press. <https://doi.org/10.1093/acrefore/9780190236557.013.381>
- Hargus, E., Crane, C., Barnhofer, T., & Williams, J. M. G. (2010). Effects of mindfulness on meta-awareness and specificity of describing prodromal symptoms in suicidal depression. *Emotion*, 10(1), 34.
- Harrison, T. L., & Einstein, G. O. (2010). Prospective memory: Are preparatory attentional processes necessary for a single focal cue? *Memory & Cognition*, 38(7), 860-867.
- Harrison, T. L., Mullet, H. G., Whiffen, K. N., Ousterhout, H., & Einstein, G. O. (2014). Prospective memory: Effects of divided attention on spontaneous retrieval. *Memory & Cognition*, 42(2), 212-224.
- Hasenkamp, W., Wilson-Mendenhall, C. D., Duncan, E., & Barsalou, L. W. (2012). Mind wandering and attention during focused meditation: A fine-grained temporal analysis of fluctuating cognitive states. *Neuroimage*, 59(1), 750-760.
- He, J., McCarley, J. S., & Kramer, A. F. (2014). Lane keeping under cognitive load: Performance changes and mechanisms. *Human factors*, 56(2), 414-426.

- 
- Heeren, A., Van Broeck, N., & Philippot, P. (2009). The effects of mindfulness on executive processes and autobiographical memory specificity. *Behaviour research and therapy*, 47(5), 403-409.
- Henry, J. D., MacLeod, M. S., Phillips, L. H., & Crawford, J. R. (2004). A Meta-Analytic Review of Prospective Memory and Aging. *Psychology and Aging*, 19(1), 27-39. <https://doi.org/10.1037/0882-7974.19.1.27>
- Hering, A., Kliegel, M., Rendell, P. G., Craik, F. I. M., & Rose, N. S. (2018). Prospective Memory Is a Key Predictor of Functional Independence in Older Adults. *Journal of the International Neuropsychological Society*, 24(6), 640-645. <https://doi.org/10.1017/S1355617718000152>
- Hicks, J. L., Marsh, R. L., & Cook, G. I. (2005). Task interference in time-based, event-based, and dual intention prospective memory conditions. *Journal of Memory and Language*, 53(3), 430-444.
- Higginson, C. I., Arnett, P. A., & Voss, W. D. (2000). The ecological validity of clinical tests of memory and attention in multiple sclerosis. *Archives of Clinical Neuropsychology*, 15(3), 185-204.
- Hoffmann, F., Banzhaf, C., Kanske, P., Bermpohl, F., & Singer, T. (2016a). Where the depressed mind wanders: Self-generated thought patterns as assessed through experience sampling as a state marker of depression. *Journal of affective disorders*, 198, 127-134.
- Hoffmann, F., Banzhaf, C., Kanske, P., Bermpohl, F., & Singer, T. (2016b). Where the depressed mind wanders: Self-generated thought patterns as assessed through experience sampling as a state marker of depression. *Journal of Affective Disorders*, 198, 127-134. <https://doi.org/10.1016/j.jad.2016.03.005>
- Hogan, C., Cornwell, P., Fleming, J., Man, D. W., & Shum, D. H. (2021). Assessment of prospective memory after stroke utilizing virtual reality. *Virtual Reality*, 1-14.
- Hogan, C., Fleming, J., Cornwell, P., & Shum, D. H. K. (2021). The impact of using implementation intentions as task instructions on prospective memory performance after stroke. *Neuropsychological Rehabilitation*, 1-16. <https://doi.org/10.1080/09602011.2021.1997766>
- Holbrook, J., & Dismukes, K. (2009). *Prospective memory in everyday tasks*. 53(10), 590-594.

- 
- 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*, 6(6), 537-559. <https://doi.org/10.1177/1745691611419671>
- Hommel, B. (2015). Between persistence and flexibility : The Yin and Yang of action control. In *Advances in motivation science* (Vol. 2, p. 33-67). Elsevier.
- Hommel, B., & Colzato, L. S. (2017a). The social transmission of metacontrol policies : Mechanisms underlying the interpersonal transfer of persistence and flexibility. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 81, 43-58.
- Hommel, B., & Colzato, L. S. (2017b). Meditation and Metacontrol. *Journal of Cognitive Enhancement*, 1(2), 115-121. <https://doi.org/10.1007/s41465-017-0017-4>
- Horn, S. S., & Bayen, U. J. (2015). Modeling criterion shifts and target checking in prospective memory monitoring. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 41(1), 95.
- Ihle, A., Hering, A., Mahy, C. E. V., Bisiacchi, P. S., & Kliegel, M. (2013). Adult age differences, response management, and cue focality in event-based prospective memory : A meta-analysis on the role of task order specificity. *Psychology and Aging*, 28(3), 714-720. <https://doi.org/10.1037/a0033653>
- Immink, M. A., Colzato, L. S., Stolte, M., & Hommel, B. (2017). Sequence Learning Enhancement Following Single-Session Meditation Is Dependent on Metacontrol Mode and Experienced Effort. *Journal of Cognitive Enhancement*, 1(2), 127-140. <https://doi.org/10.1007/s41465-017-0019-2>
- Infurna, F. J., & Reich, J. (2016). Perceived control : 50 years of innovation and another 50 to go. *Perceived control: Theory, research, and practice in the first*, 50, 1-22.
- Irish, M., Addis, D. R., Hodges, J. R., & Piguet, O. (2012a). Considering the role of semantic memory in episodic future thinking : Evidence from semantic dementia. *Brain*, 135(7), 2178-2191.
- Irish, M., Addis, D. R., Hodges, J. R., & Piguet, O. (2012b). Exploring the content and quality of episodic future simulations in semantic dementia. *Neuropsychologia*, 50(14), 3488-3495.
- Irish, M., & Piguet, O. (2013). The pivotal role of semantic memory in remembering the past and imagining the future. *Frontiers in behavioral neuroscience*, 7, 27.

- 
- Irish, M., & Piolino, P. (2016). Impaired capacity for prospection in the dementias—Theoretical and clinical implications. *British Journal of Clinical Psychology*, *55*(1), 49-68.
- Irving, Z. C., & Glasser, A. (2020). Mind-wandering : A philosophical guide. *Philosophy Compass*, *15*(1), e12644.
- Jackson, J. D., Weinstein, Y., & Balota, D. A. (2013). Can mind-wandering be timeless? Atemporal focus and aging in mind-wandering paradigms. *Frontiers in psychology*, *4*, 742.
- Jacoby, L. L. (1991). A process dissociation framework : Separating automatic from intentional uses of memory. *Journal of Memory and Language*, *30*, 513-541. [https://doi.org/10.1016/0749-596X\(91\)90025-F](https://doi.org/10.1016/0749-596X(91)90025-F)
- James, W., Burkhardt, F., Bowers, F., & Skrupskelis, I. K. (1890). *The principles of psychology* (Vol. 1, Numéro 2). Macmillan London.
- Jennings, J. R., Van der Molen, M. W., Somsen, R. J., & Terezis, C. (1990). On the shift from anticipatory heart rate deceleration to acceleratory recovery : Revisiting the role of response factors. *Psychophysiology*, *27*(4), 385-395.
- Jeong, J. M., & Cranney, J. (2009). Motivation, depression, and naturalistic time-based prospective remembering. *Memory*, *17*(7), 732-741.
- Jeunehomme, O., & D'Argembeau, A. (2016). Prevalence and determinants of direct and generative modes of production of episodic future thoughts in the word cueing paradigm. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, *69*(2), 254-272.
- Jha, A. P., Krompinger, J., & Baime, M. J. (2007). Mindfulness training modifies subsystems of attention. *Cognitive, Affective, & Behavioral Neuroscience*, *7*(2), 109-119.
- Kabat-Zinn, J. (1994). Wherever you go, there you are : Mindfulness meditation in everyday life. *Hyperion*, 78-80.
- Kalpouzos, G., Eriksson, J., Sjölie, D., Molin, J., & Nyberg, L. (2010). Neurocognitive Systems Related to Real-World Prospective Memory. *PLoS ONE*, *5*(10), e13304. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0013304>
- Kalpouzos, G., Eustache, F., & Desgranges, B. (2008). La mémoire prospective au cours du vieillissement : Déclin ou préservation? *NPG Neurologie - Psychiatrie - Gériatrie*, *8*(47), 25-31. <https://doi.org/10.1016/j.npg.2008.06.003>
- Kam, J. W., Dao, E., Farley, J., Fitzpatrick, K., Smallwood, J., Schooler, J. W., & Handy, T. C. (2011). Slow fluctuations in attentional control of sensory cortex. *Journal of cognitive neuroscience*, *23*(2), 460-470.

- 
- Kam, J. W., & Handy, T. C. (2013). The neurocognitive consequences of the wandering mind : A mechanistic account of sensory-motor decoupling. *Frontiers in psychology, 4*, 725.
- Kam, J. W., & Handy, T. C. (2014). Differential recruitment of executive resources during mind wandering. *Consciousness and Cognition, 26*, 51-63.
- Kane, M. J., Brown, L. H., McVay, J. C., Silvia, P. J., Myin-Germeys, I., & Kwapil, T. R. (2007). For Whom the Mind Wanders, and When : An Experience-Sampling Study of Working Memory and Executive Control in Daily Life. *Psychological science, 18*(7), 614-621. <https://doi.org/10.1111/j.1467-9280.2007.01948.x>
- Kane, M. J., Gross, G. M., Chun, C. A., Smeekens, B. A., Meier, M. E., Silvia, P. J., & Kwapil, T. R. (2017). For Whom the Mind Wanders, and When, Varies Across Laboratory and Daily-Life Settings. *Psychological Science, 28*(9), 1271-1289. <https://doi.org/10.1177/0956797617706086>
- Kane, M. J., & McVay, J. C. (2012). What mind wandering reveals about executive-control abilities and failures. *Current Directions in Psychological Science, 21*(5), 348-354.
- Kanske, P., Heissler, J., Schönfelder, S., Bongers, A., & Wessa, M. (2011). How to regulate emotion? Neural networks for reappraisal and distraction. *Cerebral Cortex, 21*, 1379-1388. <https://doi.org/10.1093/cercor/bhq216>
- Karr, J. E., Areshenkoff, C. N., Rast, P., Hofer, S. M., Iverson, G. L., & Garcia-Barrera, M. A. (2018). The unity and diversity of executive functions : A systematic review and re-analysis of latent variable studies. *Psychological bulletin, 144*(11), 1147.
- Kidder, D. P., Park, D. C., Hertzog, C., & Morrell, R. W. (1997). Prospective memory and aging : The effects of working memory and prospective memory task load. *Aging, Neuropsychology, and Cognition, 4*(2), 93-112.
- Kiken, L. G., & Shook, N. J. (2011). Looking Up : Mindfulness Increases Positive Judgments and Reduces Negativity Bias. *Social Psychological and Personality Science, 2*(4), 425-431. <https://doi.org/10.1177/1948550610396585>
- Kiken, L. G., & Shook, N. J. (2014). Does mindfulness attenuate thoughts emphasizing negativity, but not positivity? *Journal of Research in Personality, 53*, 22-30. <https://doi.org/10.1016/j.jrp.2014.08.002>
- Killingsworth, M. A., & Gilbert, D. T. (2010). A Wandering Mind Is an Unhappy Mind. *Science, 330*(6006), 932-932. <https://doi.org/10.1126/science.1192439>



- 
- Kliegel, M., Guynn, M. J., & Zimmer, H. (2007). The role of noticing in prospective memory forgetting. *International Journal of Psychophysiology*, *64*(3), 226-232. <https://doi.org/10.1016/j.ijpsycho.2006.09.007>
- Kliegel, M., & Jäger, T. (2006). Delayed–Execute Prospective Memory Performance : The Effects of Age and Working Memory. *Developmental Neuropsychology*, *30*(3), 819-843. [https://doi.org/10.1207/s15326942dn3003\\_4](https://doi.org/10.1207/s15326942dn3003_4)
- Kliegel, M., Jäger, T., & Phillips, L. H. (2008). Adult age differences in event-based prospective memory : A meta-analysis on the role of focal versus nonfocal cues. *Psychology and Aging*, *23*(1), 203-208. <https://doi.org/10.1037/0882-7974.23.1.203>
- Kliegel, M., & Martin, M. (2003). Prospective memory research : Why is it relevant? *International journal of psychology*, *38*(4), 193-194. <https://doi.org/10.1080/00207590344000114>
- Kliegel, M., Martin, M., McDaniel, M. A., & Einstein, G. O. (2002). Complex prospective memory and executive control of working memory : A process model. *Psychological Test and Assessment Modeling*, *44*(2), 303.
- Kliegel, M., Martin, M., McDaniel, M., & Einstein, G. (2004). Importance effects on performance in event-based prospective memory tasks. *Memory*, *12*(5), 553-561. <https://doi.org/10.1080/09658210344000099>
- Kliegel, M., McDaniel, M. A., & Einstein, G. O. (2000). Plan formation, retention, and execution in prospective memory : A new approach and age-related effects. *Memory & cognition*, *28*(6), 1041-1049.
- Kliegel, M., Ramuschkat, G., & Martin, M. (2003). Executive functions and prospective memory performance in old age : An analysis of event-based and time-based prospective memory. *Zeitschrift für Gerontologie und Geriatrie*, *36*(1), 35-41.
- Klinger, E. (1999). Thought flow : Properties and mechanisms underlying shifts in content. In *At play in the fields of consciousness : Essays in honor of Jerome L. Singer*. (p. 29-50). Lawrence Erlbaum Associates Publishers.
- Kominsky, T. K., & Reese-Melancon, C. (2017). Effects of context expectation on prospective memory performance among older and younger adults. *Memory*, *25*(1), 122-131. <https://doi.org/10.1080/09658211.2015.1131300>
- Kourtesis, P., Collina, S., Doulas, L. A., & MacPherson, S. E. (2019). Validation of the virtual reality neuroscience questionnaire : Maximum duration of immersive virtual reality

- 
- sessions without the presence of pertinent adverse symptomatology. *Frontiers in human neuroscience*, 13, 417.
- Kourttesis, P., Collina, S., Doumas, L. A., & MacPherson, S. E. (2021). An ecologically valid examination of event-based and time-based prospective memory using immersive virtual reality : The effects of delay and task type on everyday prospective memory. *Memory*, 29(4), 486-506.
- Kramer, R. S., Weger, U. W., & Sharma, D. (2013). The effect of mindfulness meditation on time perception. *Consciousness and cognition*, 22(3), 846-852.
- Krimsky, M., Forster, D. E., Llabre, M. M., & Jha, A. P. (2017). The influence of time on task on mind wandering and visual working memory. *Cognition*, 169, 84-90.
- Kuhlmann, B. G. (2019). Metacognition of prospective memory : Will I remember to remember? *Prospective memory*, 60-77.
- Kuhlmann, B. G., & Rummel, J. (2014). Context-specific prospective-memory processing : Evidence for flexible attention allocation adjustments after intention encoding. *Memory & Cognition*, 42(6), 943-949.
- Kvavilashvili, L. (1987). Remembering intention as a distinct form of memory. *British journal of psychology*, 78(4), 507-518.
- Kvavilashvili, L. (1992). Remembering intentions : A critical review of existing experimental paradigms. *Applied Cognitive Psychology*, 6(6), 507-524.
- Kvavilashvili, L., Cockburn, J., & Kornbrot, D. E. (2013). Prospective memory and ageing paradox with event-based tasks : A study of young, young-old, and old-old participants. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 66(5), 864-875. <https://doi.org/10.1080/17470218.2012.721379>
- Kvavilashvili, L., & Ellis, J. (1996). Varieties of intention : Some distinctions and classifications. *Prospective memory: Theory and applications*, 6, 183-207.
- Kvavilashvili, L., & Fisher, L. (2007). Is time-based prospective remembering mediated by self-initiated rehearsals? Role of incidental cues, ongoing activity, age, and motivation. *Journal of Experimental Psychology: General*, 136(1), 112-132. <https://doi.org/10.1037/0096-3445.136.1.112>
- Kvavilashvili, L., & Rummel, J. (2020). On the Nature of Everyday Prospection : A Review and Theoretical Integration of Research on Mind-Wandering, Future Thinking, and

- 
- Prospective Memory. *Review of General Psychology*, 24(3), 210-237.  
<https://doi.org/10.1177/1089268020918843>
- La Corte, V., Ferrieux, S., Abram, M., Bertrand, A., Dubois, B., Teichmann, M., & Piolino, P. (2021). The role of semantic memory in prospective memory and episodic future thinking : New insights from a case of semantic dementia. *Memory*, 29(8), 943-962.
- La Corte, V., & Piolino, P. (2016). On the role of personal semantic memory and temporal distance in episodic future thinking : The TEDIFT model. *Frontiers in human neuroscience*, 10, 385.
- La Corte, V., Sperduti, M., Abichou, K., & Piolino, P. (2019). Episodic memory assessment and remediation in normal and pathological aging using virtual reality : A mini review. *Frontiers in Psychology*, 10, 173.
- Lao, S.-A., Kissane, D., & Meadows, G. (2016). Cognitive effects of MBSR/MBCT: A systematic review of neuropsychological outcomes. *Consciousness and cognition*, 45, 109-123.
- Larson, M. J., Steffen, P. R., & Primosch, M. (2013). The impact of a brief mindfulness meditation intervention on cognitive control and error-related performance monitoring. *Frontiers in Human Neuroscience*, 7.  
<https://doi.org/10.3389/fnhum.2013.00308>
- Laughland, A., & Kvavilashvili, L. (2018). Should participants be left to their own devices? Comparing paper and smartphone diaries in psychological research. *Journal of Applied Research in Memory and Cognition*, 7(4), 552-563. <https://doi.org/10.1037/h0101828>
- Lazar, S. W. (2013). The neurobiology of mindfulness. *Mindfulness and psychotherapy*, 282-294.
- Lecouvey, G., Gonneaud, J., Eustache, F., & Desgranges, B. (2012). Les apports de la réalité virtuelle en neuropsychologie : L'exemple de la mémoire prospective. *Revue de neuropsychologie*, 4(4), 267-276.
- Lecouvey, G., Gonneaud, J., Piolino, P., Madeleine, S., Orriols, E., Fleury, P., Eustache, F., & Desgranges, B. (2017). Is binding decline the main source of the ageing effect on prospective memory? A ride in a virtual town. *Socioaffective Neuroscience & Psychology*, 7(1), 1304610. <https://doi.org/10.1080/20009011.2017.1304610>
- Lecouvey, G., Morand, A., Gonneaud, J., Piolino, P., Orriols, E., Pélerin, A., Ferreira Da Silva, L., de La Sayette, V., Eustache, F., & Desgranges, B. (2019). An Impairment of

- 
- Prospective Memory in Mild Alzheimer's Disease : A Ride in a Virtual Town. *Frontiers in Psychology*, 10, 241. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2019.00241>
- Lehrer, P. M., & Gevirtz, R. (2014). Heart rate variability biofeedback : How and why does it work? *Frontiers in psychology*, 756.
- Lenormand, D., & Piolino, P. (2022). In search of a naturalistic neuroimaging approach : Exploration of general feasibility through the case of VR-fMRI and application in the domain of episodic memory. *Neuroscience and biobehavioral reviews*, 133, 104499-104499. <https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2021.12.022>
- Leong, R. L. F., Cheng, G. H.-L., Chee, M. W. L., & Lo, J. C. (2019). The effects of sleep on prospective memory : A systematic review and meta-analysis. *Sleep Medicine Reviews*, 47, 18-27. <https://doi.org/10.1016/j.smrv.2019.05.006>
- Leszczynski, M., Chaieb, L., Reber, T. P., Derner, M., Axmacher, N., & Fell, J. (2017). Mind wandering simultaneously prolongs reactions and promotes creative incubation. *Scientific reports*, 7(1), 10197-10197. <https://doi.org/10.1038/s41598-017-10616-3>
- Levi, U., & Rosenstreich, E. (2019). Mindfulness and memory : A review of findings and a potential model. *Journal of Cognitive Enhancement*, 3(3), 302-314.
- Levinson, D. B., Stoll, E. L., Kindy, S. D., Merry, H. L., & Davidson, R. J. (2014). A mind you can count on : Validating breath counting as a behavioral measure of mindfulness. *Frontiers in Psychology*, 5. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2014.01202>
- Lippelt, D. P., Hommel, B., & Colzato, L. S. (2014). Focused attention, open monitoring and loving kindness meditation : Effects on attention, conflict monitoring, and creativity—A review. *Frontiers in psychology*, 5, 1083.
- Lloyd, M., Szani, A., Rubenstein, K., Colgary, C., & Pereira-Pasarin, L. (2016). A brief mindfulness exercise before retrieval reduces recognition memory false alarms. *Mindfulness*, 7(3), 606-613.
- Loft, S., & Yeo, G. (2007). An investigation into the resource requirements of event-based prospective memory. *Memory & Cognition*, 35(2), 263-274.
- Loftus, E. F. (1971). Memory for intentions : The effect of presence of a cue and interpolated activity. *Psychonomic Science*, 23(4), 315-316. <https://doi.org/10.3758/BF03336128>
- Looyestyn, J., Kernot, J., Boshoff, K., Ryan, J., Edney, S., & Maher, C. (2017). Does gamification increase engagement with online programs ? A systematic review. *PloS one*, 12(3), e0173403.

- 
- Lourenço, J. S., Hill, J. H., & Maylor, E. A. (2015). Too easy? The influence of task demands conveyed tacitly on prospective memory. *Frontiers in Human Neuroscience*, *9*, 242.
- Lourenço, J. S., & Maylor, E. A. (2014). Is it relevant? Influence of trial manipulations of prospective memory context on task interference. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, *67*(4), 687-702.
- Luders, E., Cherbuin, N., & Gaser, C. (2016). Estimating brain age using high-resolution pattern recognition : Younger brains in long-term meditation practitioners. *NeuroImage*, *134*, 508-513. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2016.04.007>
- Luk, C. (1994). *The secrets of Chinese meditation*. Samuel Weiser Inc.
- Lumma, A.-L., Kok, B. E., & Singer, T. (2015). Is meditation always relaxing? Investigating heart rate, heart rate variability, experienced effort and likeability during training of three types of meditation. *International Journal of Psychophysiology*, *97*(1), 38-45.
- Lutz, A., Jha, A. P., Dunne, J. D., & Saron, C. D. (2015). Investigating the phenomenological matrix of mindfulness-related practices from a neurocognitive perspective. *American Psychologist*, *70*(7), 632-658. <https://doi.org/10.1037/a0039585>
- Lutz, A., Slagter, H. A., Dunne, J. D., & Davidson, R. J. (2008). Attention regulation and monitoring in meditation. *Trends in Cognitive Sciences*, *12*(4), 163-169. <https://doi.org/10.1016/j.tics.2008.01.005>
- Lykins, E. L., Baer, R. A., & Gottlob, L. R. (2012). Performance-based tests of attention and memory in long-term mindfulness meditators and demographically matched nonmeditators. *Cognitive therapy and research*, *36*(1), 103-114.
- Mahy, C. E., Moses, L. J., & Kliegel, M. (2014). The impact of age, ongoing task difficulty, and cue salience on preschoolers' prospective memory performance : The role of executive function. *Journal of experimental child psychology*, *127*, 52-64.
- Mahy, C. E. V., Moses, L. J., & Kliegel, M. (2014). The development of prospective memory in children : An executive framework. *Developmental Review*, *34*(4), 305-326. <https://doi.org/10.1016/j.dr.2014.08.001>
- Maillet, D., Beaty, R. E., Jordano, M. L., Touron, D. R., Adnan, A., Silvia, P. J., Kwapil, T. R., Turner, G. R., Spreng, R. N., & Kane, M. J. (2018). Age-related differences in mind-wandering in daily life. *Psychology and Aging*, *33*(4), 643-653. <https://doi.org/10.1037/pag0000260>

- 
- Maillet, D., & Schacter, D. L. (2016). When the mind wanders : Distinguishing stimulus-dependent from stimulus-independent thoughts during incidental encoding in young and older adults. *Psychology and Aging, 31*(4), 370-379. <https://doi.org/10.1037/pag0000099>
- Maillet, D., Seli, P., & Schacter, D. L. (2017). Mind-wandering and task stimuli : Stimulus-dependent thoughts influence performance on memory tasks and are more often past-versus future-oriented. *Consciousness and Cognition, 52*, 55-67. <https://doi.org/10.1016/j.concog.2017.04.014>
- Makowski, D., Sperduti, M., Blanchet, S., Nicolas, S., & Piolino, P. (2015). Régulation émotionnelle face au déclin cognitif dans le vieillissement : Un faux paradoxe? *Gériatrie et Psychologie Neuropsychiatrie du Vieillissement, 13*(3), 301-308.
- Malinowski, P. (2013). Neural mechanisms of attentional control in mindfulness meditation. *Frontiers in neuroscience, 7*, 8.
- Man, D. W., Ganesan, B., Yip, C. C., Lee, C. O., Tsang, S. Y., Yu, P. W., Young, J. G., & Shum, D. H. (2018). Validation of the virtual-reality prospective memory test (Hong Kong Chinese version) for individuals with first-episode schizophrenia. *Neuropsychological Rehabilitation, 28*(7), 1197-1210.
- Markus, H., & Nurius, P. (1986). Possible selves. *American psychologist, 41*(9), 954.
- Marsh, R. L., Hancock, T. W., & Hicks, J. L. (2002). The demands of an ongoing activity influence the success of event-based prospective memory. *Psychonomic Bulletin & Review, 9*(3), 604-610.
- Marsh, R. L., & Hicks, J. L. (1998). Event-based prospective memory and executive control of working memory. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition, 24*(2), 336.
- Marsh, R. L., Hicks, J. L., & Bink, M. L. (1998). Activation of completed, uncompleted, and partially completed intentions. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition, 24*(2), 350.
- Marsh, R. L., Hicks, J. L., & Cook, G. I. (2005). On the relationship between effort toward an ongoing task and cue detection in event-based prospective memory. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition, 31*(1), 68.

- 
- Marsh, R. L., Hicks, J. L., & Cook, G. I. (2006). Task interference from prospective memories covaries with contextual associations of fulfilling them. *Memory & cognition*, 34(5), 1037-1045.
- Marsh, R. L., Hicks, J. L., & Watson, V. (2002). The dynamics of intention retrieval and coordination of action in event-based prospective memory. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 28(4), 652.
- Martin, M., Kliegel, M., & McDaniel, M. A. (2003). The involvement of executive functions in prospective memory performance of adults. *International Journal of Psychology*, 38(4), 195-206. <https://doi.org/10.1080/00207590344000123>
- Martinot, J.-L., & Mana, S. (2011). La neuro-imagerie-De la psychiatrie à la pédopsychiatrie-Imagerie et cognition (7). *médecine/sciences*, 27(6-7), 639-650.
- Mason, M. F., & Reinholtz, N. (2015). Avenues down which a self-reminding mind can wander. *Motivation Science*, 1(1), 1-21. <https://doi.org/10.1037/mot0000011>
- Maylor, E. A., Darby, R. J., & Sala, S. D. (2000). Retrieval of performed versus to-be-performed tasks: A naturalistic study of the intention-superiority effect in normal aging and dementia. *Applied Cognitive Psychology: The Official Journal of the Society for Applied Research in Memory and Cognition*, 14(7), S83-S98.
- Mazzoni, G. (2019). Involuntary memories and involuntary future thinking differently tax cognitive resources. *Psychological research*, 83(4), 684-697.
- McBride, D. M., Beckner, J. K., & Abney, D. H. (2011). Effects of delay of prospective memory cues in an ongoing task on prospective memory task performance. *Memory & cognition*, 39(7), 1222-1231.
- McCauley, S. R., Wilde, E. A., Merkley, T. L., Schnelle, K. P., Bigler, E. D., Hunter, J. V., Chu, Z., Vásquez, A. C., & Levin, H. S. (2010). Patterns of Cortical Thinning in Relation to Event-Based Prospective Memory Performance Three Months after Moderate to Severe Traumatic Brain Injury in Children. *Developmental Neuropsychology*, 35(3), 318-332. <https://doi.org/10.1080/87565641003696866>
- McDaniel, M. A., & Einstein, G. O. (2000a). Strategic and automatic processes in prospective memory retrieval: A multiprocess framework. *Applied Cognitive Psychology*, 14(7). <https://doi.org/10.1002/acp.775>

- 
- McDaniel, M. A., & Einstein, G. O. (2000b). Strategic and automatic processes in prospective memory retrieval: A multiprocess framework. *Applied Cognitive Psychology, 14*(7). <https://doi.org/10.1002/acp.775>
- McDaniel, M. A., & Einstein, G. O. (2011). The neuropsychology of prospective memory in normal aging: A componential approach. *Neuropsychologia, 49*(8), 2147-2155. <https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2010.12.029>
- McDaniel, M. A., Einstein, G. O., & Rendell, P. G. (2008). The puzzle of inconsistent age-related declines in prospective memory: A multiprocess explanation. In *Prospective memory: Cognitive, neuroscience, developmental, and applied perspectives*. (p. 141-160). Taylor & Francis Group/Lawrence Erlbaum Associates.
- McDaniel, M. A., Guynn, M. J., Einstein, G. O., & Breneiser, J. (2004). Cue-focused and reflexive-associative processes in prospective memory retrieval. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition, 30*(3), 605.
- McDaniel, M. A., Robinson-Riegler, B., & Einstein, G. O. (1998). Prospective remembering: Perceptually driven or conceptually driven processes? *Memory & cognition, 26*(1), 121-134.
- McDaniel, M. A., & Scullin, M. K. (2010). Implementation intention encoding does not automatize prospective memory responding. *Memory & cognition, 38*(2), 221-232.
- McDaniel, M. A., Shelton, J. T., Breneiser, J. E., Moynan, S., & Balota, D. A. (2011). Focal and nonfocal prospective memory performance in very mild dementia: A signature decline. *Neuropsychology, 25*(3), 387.
- McDaniel, M., & Einstein, G. (2007). *Prospective Memory: An Overview and Synthesis of an Emerging Field*. <https://doi.org/10.4135/9781452225913>
- McVay, J. C., & Kane, M. J. (2009). Conducting the train of thought: Working memory capacity, goal neglect, and mind wandering in an executive-control task. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition, 35*(1), 196.
- McVay, J. C., & Kane, M. J. (2010). Does mind wandering reflect executive function or executive failure? Comment on Smallwood and Schooler (2006) and Watkins (2008). *Psychological Bulletin, 136*(2), 188-197. <https://doi.org/10.1037/a0018298>
- McVay, J. C., Kane, M. J., & Kwapil, T. R. (2009). Tracking the train of thought from the laboratory into everyday life: An experience-sampling study of mind wandering across



- 
- controlled and ecological contexts. *Psychonomic Bulletin & Review*, 16(5), 857-863.  
<https://doi.org/10.3758/PBR.16.5.857>
- Meacham. (1975). Remembering to perform future actions. Paper presented at the meeting of the American Psychological Association, Chicago, September. *Memory Observed: Remembering in Natural Contexts*.
- Meacham, & Colombo. (1980). External Retrieved Cues Facilitate Prospective Remembering in Children. *The Journal of Educational Research*, 73(5), 299-301.  
<https://doi.org/10.1080/00220671.1980.10885254>
- Meacham, & Kushner. (1980). Anxiety, Prospective Remembering, and Performance of Planned Actions. *The Journal of General Psychology*, 103(2), 203-209.  
<https://doi.org/10.1080/00221309.1980.9920999>
- Meacham, & Leiman. (1982). *Remembering to perform future actions.* In U. Neisser (Ed.), *Memory observed: Remembering in natural contexts*. San Francisco : Freeman.
- Meacham, & Singer. (1977). Incentive Effects in Prospective Remembering. *The Journal of Psychology*, 97(2), 191-197. <https://doi.org/10.1080/00223980.1977.9923962>
- Medea, B., Karapanagiotidis, T., Konishi, M., Ottaviani, C., Margulies, D., Bernasconi, A., Bernasconi, N., Bernhardt, B. C., Jefferies, E., & Smallwood, J. (2018). How do we decide what to do? Resting-state connectivity patterns and components of self-generated thought linked to the development of more concrete personal goals. *Experimental Brain Research*, 236(9), 2469-2481. <https://doi.org/10.1007/s00221-016-4729-y>
- Meier, B., von Wartburg, P., Matter, S., Rothen, N., & Reber, R. (2011). Performance Predictions Improve Prospective Memory and Influence Retrieval Experience. *Canadian journal of experimental psychology*, 65(1), 12-18. <https://doi.org/10.1037/a0022784>
- Meier, B., & Zimmermann, T. D. (2015). Loads and loads and loads: The influence of prospective load, retrospective load, and ongoing task load in prospective memory. *Frontiers in human neuroscience*, 9, 322.
- Meier, B., Zimmermann, T. D., & Perrig, W. J. (2006). Retrieval experience in prospective memory: Strategic monitoring and spontaneous retrieval. *Memory*, 14(7), 872-889.
- Mills, C., Bixler, R., Wang, X., & D'Mello, S. K. (2016). Automatic Gaze-Based Detection of Mind Wandering during Narrative Film Comprehension. *International Educational Data Mining Society*.

- 
- Mills, C., Herrera-Bennett, A., Faber, M., & Christoff, K. (2018). *Why the Mind Wanders* (K. Christoff & K. C. R. Fox, Éd.; Vol. 1). Oxford University Press. <https://doi.org/10.1093/oxfordhb/9780190464745.013.42>
- Miyake, A., & Friedman, N. P. (2012). The nature and organization of individual differences in executive functions : Four general conclusions. *Current directions in psychological science*, 21(1), 8-14.
- Miyake, A., Friedman, N. P., Emerson, M. J., Witzki, A. H., Howerter, A., & Wager, T. D. (2000). The unity and diversity of executive functions and their contributions to complex “frontal lobe” tasks : A latent variable analysis. *Cognitive psychology*, 41(1), 49-100.
- Mlinac, M. E., & Feng, M. C. (2016). Assessment of activities of daily living, self-care, and independence. *Archives of Clinical Neuropsychology*, 31(6), 506-516.
- Mooneyham, B. W., & Schooler, J. W. (2013). The costs and benefits of mind-wandering : A review. *Canadian Journal of Experimental Psychology/Revue Canadienne de Psychologie Expérimentale*, 67(1), 11-18. <https://doi.org/10.1037/a0031569>
- Moore, A., & Malinowski, P. (2009). Meditation, mindfulness and cognitive flexibility. *Consciousness and cognition*, 18(1), 176-186.
- Moynihan, J. A., Chapman, B. P., Klorman, R., Krasner, M. S., Duberstein, P. R., Brown, K. W., & Talbot, N. L. (2013). Mindfulness-based stress reduction for older adults : Effects on executive function, frontal alpha asymmetry and immune function. *Neuropsychobiology*, 68(1), 34-43.
- Mrazek, M. D., Franklin, M. S., Phillips, D. T., Baird, B., & Schooler, J. W. (2013). Mindfulness training improves working memory capacity and GRE performance while reducing mind wandering. *Psychological science*, 24(5), 776-781.
- Mrazek, M. D., Smallwood, J., Franklin, M. S., Chin, J. M., Baird, B., & Schooler, J. W. (2012). The role of mind-wandering in measurements of general aptitude. *Journal of Experimental Psychology: General*, 141(4), 788-798. <https://doi.org/10.1037/a0027968>
- Murakami, H., Nakao, T., Matsunaga, M., Kasuya, Y., Shinoda, J., Yamada, J., & Ohira, H. (2012). *The structure of mindful brain*.
- Nadel, L., Hupbach, A., Gomez, R., & Newman-Smith, K. (2012). Memory formation, consolidation and transformation. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 36(7), 1640-1645. <https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2012.03.001>

- 
- Namgyal, T. T. (2001). *Mahāmudrā: The Quintessence of Mind and Meditation* (Vol. 6). Motilal Banarsidass Publ.
- Naveh-Benjamin, M., Craik, F. I., Perretta, J. G., & Tonev, S. T. (2000). The effects of divided attention on encoding and retrieval processes : The resiliency of retrieval processes. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology Section A*, *53*(3), 609-625.
- Nelson, T. O. (1996). Consciousness and metacognition. *American Psychologist*, *51*, 102-116. <https://doi.org/10.1037/0003-066X.51.2.102>
- Nijboer, M., Borst, J. P., Van Rijn, H., & Taatgen, N. A. (2016). Driving and multitasking : The good, the bad, and the dangerous. *Frontiers in psychology*, 1718.
- Ochsner, K. N., & Gross, J. J. (2005). The cognitive control of emotion. *Trends in Cognitive Sciences*, *9*, 242-249. <https://doi.org/10.1016/j.tics.2005.03.010>
- Ottaviani, C., Shapiro, D., & Couyoumdjian, A. (2013). Flexibility as the key for somatic health : From mind wandering to perseverative cognition. *Biological psychology*, *94*(1), 38-43.
- Park, D. C., Hertzog, C., Kidder, D. P., Morrell, R. W., & Mayhorn, C. B. (1997). Effect of age on event-based and time-based prospective memory. *Psychology and aging*, *12*(2), 314.
- Parsons, T. D. (2015). Virtual reality for enhanced ecological validity and experimental control in the clinical, affective and social neurosciences. *Frontiers in human neuroscience*, *9*, 660.
- Penaud, S., Jebara, N., Zaoui, M., Orriols, E., Berthoz, A., & Piolino, P. (2022). Episodic memory and self-reference in a naturalistic context : New insights based on a virtual walk in the Latin Quarter of Paris. *Journal of environmental psychology*, *81*, 101801. <https://doi.org/10.1016/j.jenvp.2022.101801>
- Pereira, A., Ellis, J., & Freeman, J. (2012). Is prospective memory enhanced by cue-action semantic relatedness and enactment at encoding? *Consciousness and Cognition*, *21*(3), 1257-1266.
- Petersen, S. E., & Posner, M. I. (2012). The attention system of the human brain : 20 years after. *Annual review of neuroscience*, *35*, 73.
- Plancher, G., & Piolino, P. (2017). Virtual reality for assessment of episodic memory in normal and pathological aging. *The role of technology in clinical neuropsychology*, 237-260.
- Plechata, A., Sahula, V., Fayette, D., & Fajnerová, I. (2019). Age-Related Differences With Immersive and Non-immersive Virtual Reality in Memory Assessment. *Frontiers in psychology*, *10*, 1330-1330. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2019.01330>

- 
- Plimpton, B., Patel, P., & Kvavilashvili, L. (2015). Role of triggers and dysphoria in mind-wandering about past, present and future : A laboratory study. *Consciousness and Cognition*, *33*, 261-276. <https://doi.org/10.1016/j.concog.2015.01.014>
- Poerio, G. L., Sormaz, M., Wang, H.-T., Margulies, D., Jefferies, E., & Smallwood, J. (2017). The role of the default mode network in component processes underlying the wandering mind. *Social cognitive and affective neuroscience*, *12*(7), 1047-1062.
- Poppenk, J., Moscovitch, M., McIntosh, A. R., Ozcelik, E., & Craik, F. I. M. (2010). Encoding the future : Successful processing of intentions engages predictive brain networks. *NeuroImage*, *49*(1), 905-913. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2009.08.049>
- Posner, M. I., & Petersen, S. E. (1990). The attention system of the human brain. *Annual review of neuroscience*, *13*(1), 25-42.
- Prakash, R. S., Fountain-Zaragoza, S., Kramer, A. F., Samimy, S., & Wegman, J. (2020). Mindfulness and attention : Current state-of-affairs and future considerations. *Journal of Cognitive Enhancement*, *4*(3), 340-367.
- Pramme, L., Larra, M. F., Schächinger, H., & Frings, C. (2016). Cardiac cycle time effects on selection efficiency in vision. *Psychophysiology*, *53*(11), 1702-1711.
- Preiss, D. D., Cosmelli, D., Grau, V., & Ortiz, D. (2016). Examining the influence of mind wandering and metacognition on creativity in university and vocational students. *Learning and Individual Differences*, *51*, 417-426. <https://doi.org/10.1016/j.lindif.2016.07.010>
- Qu, W., Ge, Y., Xiong, Y., Carciofo, R., Zhao, W., & Zhang, K. (2015). The relationship between mind wandering and dangerous driving behavior among Chinese drivers. *Safety science*, *78*, 41-48.
- Randall, J. G., Oswald, F. L., & Beier, M. E. (2014). Mind-wandering, cognition, and performance : A theory-driven meta-analysis of attention regulation. *Psychological bulletin*, *140*(6), 1411.
- Rasch, B., & Born, J. (2013). About sleep's role in memory. *Physiological reviews*.
- Reichle, E. D., Reineberg, A. E., & Schooler, J. W. (2010). Eye movements during mindless reading. *Psychological science*, *21*(9), 1300-1310.
- Rendell, P. G., & Craik, F. I. M. (2000). Virtual week and actual week : Age-related differences in prospective memory. *Applied Cognitive Psychology*, *14*(7), S43-S62. <https://doi.org/10.1002/acp.770>

- 
- Riby, L. M., Smallwood, J., & Gunn, V. P. (2008). Mind wandering and retrieval from episodic memory : A pilot event-related potential study. *Psychological Reports, 102*(3), 805-818.
- Ricard, M. (2011). *L'Art de la méditation*. Paris: Robert Laffont.
- Rizzo, A. A., Schultheis, M., Kerns, K. A., & Mateer, C. (2004). Analysis of assets for virtual reality applications in neuropsychology. *Neuropsychological rehabilitation, 14*(1-2), 207-239.
- Rizzo, A., Gambino, G., Sardo, P., & Rizzo, V. (2020). Being in the past and perform the future in a virtual world : VR applications to assess and enhance episodic and prospective memory in normal and pathological aging. *Frontiers in Human Neuroscience, 14*, 297.
- Robertson, I. H., Manly, T., Andrade, J., Baddeley, B. T., & Yiend, J. (1997). Oops!': Performance correlates of everyday attentional failures in traumatic brain injured and normal subjects. *Neuropsychologia, 35*(6), 747-758.
- Robison, M. K., Miller, A. L., & Unsworth, N. (2019). Examining the effects of probe frequency, response options, and framing within the thought-probe method. *Behavior Research Methods, 51*(1), 398-408.
- Robison, M. K., & Unsworth, N. (2018a). Cognitive and contextual correlates of spontaneous and deliberate mind-wandering. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition, 44*(1), 85.
- Robison, M. K., & Unsworth, N. (2018b). Cognitive and contextual correlates of spontaneous and deliberate mind-wandering. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition, 44*(1), 85-98. <https://doi.org/10.1037/xlm0000444>
- Rogers, T. B., Kuiper, N. A., & Kirker, W. S. (1977). Self-reference and the encoding of personal information. *Journal of personality and social psychology, 35*(9), 677.
- Rose, N. S., Rendell, P. G., Hering, A., Kliegel, M., Bidelman, G. M., & Craik, F. I. M. (2015). Cognitive and neural plasticity in older adults' prospective memory following training with the Virtual Week computer game. *Frontiers in Human Neuroscience, 9*. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2015.00592>
- Rosenstreich, E., & Goshen-Gottstein, Y. (2015). Recollection-based retrieval Is influenced by contextual variation at encoding but not at retrieval. *PLoS One, 10*(7), e0130403.
- Rosenstreich, E., & Ruderman, L. (2016). Not sensitive, yet less biased : A signal detection theory perspective on mindfulness, attention, and recognition memory. *Consciousness and Cognition, 43*, 48-56.

- 
- Rosenstreich, E., & Ruderman, L. (2017). A dual-process perspective on mindfulness, memory, and consciousness. *Mindfulness*, 8(2), 505-516.
- Rouleau, I., Lajeunesse, A., Drolet, V., Potvin, M.-J., Marcone, S., Lecomte, S., Imbeault, H., Limoges, F., Labelle, V., Gagnon, J.-F., & Joubert, S. (2016). L'évaluation clinique de la mémoire prospective dans le MCI. *NPG Neurologie - Psychiatrie - Gériatrie*, 16(93), 152-158. <https://doi.org/10.1016/j.npg.2015.07.010>
- Rubia, K. (2009). The neurobiology of meditation and its clinical effectiveness in psychiatric disorders. *Biological psychology*, 82(1), 1-11.
- Rummel, J., & Boywitt, C. D. (2014). Controlling the stream of thought : Working memory capacity predicts adjustment of mind-wandering to situational demands. *Psychonomic Bulletin & Review*, 21(5), 1309-1315. <https://doi.org/10.3758/s13423-013-0580-3>
- Rummel, J., Danner, D., & Kuhlmann, B. G. (2019). The short version of the Metacognitive Prospective Memory Inventory (MPMI-s) : Factor structure, reliability, validity, and reference data. *Measurement Instruments for the Social Sciences*, 1(1), 6. <https://doi.org/10.1186/s42409-019-0008-6>
- Rummel, J., & Meiser, T. (2013). The role of metacognition in prospective memory : Anticipated task demands influence attention allocation strategies. *Consciousness and Cognition*, 22(3), 931-943. <https://doi.org/10.1016/j.concog.2013.06.006>
- Rummel, J., Smeekens, B. A., & Kane, M. J. (2017). Dealing with prospective memory demands while performing an ongoing task : Shared processing, increased on-task focus, or both? *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 43(7), 1047-1062. <https://doi.org/10.1037/xlm0000359>
- Rusted, J. M., Trawley, S., Heath, J., Kettle, G., & Walker, H. (2005). Nicotine improves memory for delayed intentions. *Psychopharmacology*, 182(3), 355-365.
- Sahdra, B. K., MacLean, K. A., Ferrer, E., Shaver, P. R., Rosenberg, E. L., Jacobs, T. L., Zanesco, A. P., King, B. G., Aichele, S. R., & Bridwell, D. A. (2011). Enhanced response inhibition during intensive meditation training predicts improvements in self-reported adaptive socioemotional functioning. *Emotion*, 11(2), 299.
- Santucci, J. (1979). Transpersonal Psychological Observations on Theravāda Buddhist Meditative Practices. *Journal of the International Association of Buddhist Studies*, 66-78.
- Sayette, M. A., Reichle, E. D., & Schooler, J. W. (2009). Lost in the sauce : The effects of alcohol on mind wandering. *Psychological Science*, 20(6), 747-752.

- 
- Schacter, D. L., Addis, D. R., & Buckner, R. L. (2007). Remembering the past to imagine the future : The prospective brain. *Nature reviews neuroscience*, 8(9), 657-661.
- Schacter, D. L., Addis, D. R., & Buckner, R. L. (2008). Episodic simulation of future events : Concepts, data, and applications. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1124(1), 39-60.
- Schacter, D. L., Addis, D. R., Hassabis, D., Martin, V. C., Spreng, R. N., & Szpunar, K. K. (2012). The future of memory : Remembering, imagining, and the brain. *Neuron*, 76(4), 677-694.
- Schacter, D. L., Benoit, R. G., & Szpunar, K. K. (2017). Episodic future thinking : Mechanisms and functions. *Current Opinion in Behavioral Sciences*, 17, 41-50. <https://doi.org/10.1016/j.cobeha.2017.06.002>
- Schacter, D. L., & Madore, K. P. (2016). Remembering the past and imagining the future : Identifying and enhancing the contribution of episodic memory. *Memory Studies*, 9(3), 245-255.
- Schmalzl, L., Crane-Godreau, M. A., & Payne, P. (2014). Movement-based embodied contemplative practices : Definitions and paradigms. *Frontiers in human neuroscience*, 8, 205.
- Schnitzspahn, K. M., & Kliegel, M. (2009). Age effects in prospective memory performance within older adults : The paradoxical impact of implementation intentions. *European Journal of Ageing*, 6(2), 147-155.
- Schnitzspahn, K. M., Stahl, C., Zeintl, M., Kaller, C. P., & Kliegel, M. (2013). The role of shifting, updating, and inhibition in prospective memory performance in young and older adults. *Developmental Psychology*, 49(8), 1544-1553. <https://doi.org/10.1037/a0030579>
- Schooler, J. W. (2002). Re-representing consciousness : Dissociations between experience and meta-consciousness. *Trends in Cognitive Sciences*, 6(8), 339-344. [https://doi.org/10.1016/S1364-6613\(02\)01949-6](https://doi.org/10.1016/S1364-6613(02)01949-6)
- Schooler, J. W. (2011). *Meta-awareness, perceptual decoupling and the wandering mind*. 15(7), 8.
- Schooler, J. W., Mrazek, M. D., Baird, B., & Winkielman, P. (2015). *Minding the mind : The value of distinguishing among unconscious, conscious, and metaconscious processes*.

- 
- Schooler, J. W., Mrazek, M. D., Franklin, M. S., Baird, B., Mooneyham, B. W., Zedelius, C., & Broadway, J. M. (2014). The Middle Way. In *Psychology of Learning and Motivation* (Vol. 60, p. 1-33). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-800090-8.00001-9>
- Schooler, J. W., Smallwood, J., Christoff, K., Handy, T. C., Reichle, E. D., & Sayette, M. A. (2011). Meta-awareness, perceptual decoupling and the wandering mind. *Trends in Cognitive Sciences*, S1364661311000878. <https://doi.org/10.1016/j.tics.2011.05.006>
- Schult, J. C., & Steffens, M. C. (2013). Tuned for the future : Intentions are only accessible when a retrieval opportunity is near. *Memory & cognition*, 41(8), 1252-1260.
- Scullin, M. K., & Bugg, J. M. (2013). Failing to forget : Prospective memory commission errors can result from spontaneous retrieval and impaired executive control. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 39(3), 965.
- Scullin, M. K., Bugg, J. M., & McDaniel, M. A. (2012). Whoops, I did it again : Commission errors in prospective memory. *Psychology and Aging*, 27(1), 46-53. <https://doi.org/10.1037/a0026112>
- Scullin, M. K., Einstein, G. O., & McDaniel, M. A. (2009). Evidence for spontaneous retrieval of suspended but not finished prospective memories. *Memory & Cognition*, 37(4), 425-433.
- Scullin, M. K., & McDaniel, M. A. (2010). Remembering to execute a goal : Sleep on it! *Psychological Science*, 21(7), 1028-1035.
- Scullin, M. K., McDaniel, M. A., Dasse, M. N., Lee, J. hae, Kurinec, C. A., Tami, C., & Krueger, M. L. (2018). Thought probes during prospective memory encoding : Evidence for perfunctory processes. *PLOS ONE*, 13(6), e0198646. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0198646>
- Scullin, M. K., McDaniel, M. A., & Einstein, G. O. (2010). Control of cost in prospective memory : Evidence for spontaneous retrieval processes. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 36(1), 190-203. <https://doi.org/10.1037/a0017732>
- Scullin, M. K., McDaniel, M. A., & Shelton, J. T. (2013). The Dynamic Multiprocess Framework : Evidence from prospective memory with contextual variability. *Cognitive Psychology*, 67(1-2), 55-71. <https://doi.org/10.1016/j.cogpsych.2013.07.001>



- 
- Scullin, M. K., McDaniel, M. A., Shelton, J. T., & Lee, J. H. (2010). Focal/nonfocal cue effects in prospective memory : Monitoring difficulty or different retrieval processes? *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, *36*(3), 736.
- Seli, P., Carriere, J. S. A., & Smilek, D. (2015). Not all mind wandering is created equal : Dissociating deliberate from spontaneous mind wandering. *Psychological Research*, *79*(5), 750-758. <https://doi.org/10.1007/s00426-014-0617-x>
- Seli, P., Carriere, J. S., Levene, M., & Smilek, D. (2013). How few and far between ? Examining the effects of probe rate on self-reported mind wandering. *Frontiers in psychology*, *4*, 430.
- Seli, P., Cheyne, J. A., & Smilek, D. (2013). Wandering minds and wavering rhythms : Linking mind wandering and behavioral variability. *Journal of experimental psychology: human perception and performance*, *39*(1), 1.
- Seli, P., Cheyne, J. A., Xu, M., Purdon, C., & Smilek, D. (2015). Motivation, intentionality, and mind wandering : Implications for assessments of task-unrelated thought. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, *41*(5), 1417-1425. <https://doi.org/10.1037/xlm0000116>
- Seli, P., Kane, M. J., Smallwood, J., Schacter, D. L., Maillet, D., Schooler, J. W., & Smilek, D. (2018). Mind-Wandering as a Natural Kind : A Family-Resemblances View. *Trends in Cognitive Sciences*, *22*(6), 479-490. <https://doi.org/10.1016/j.tics.2018.03.010>
- Seli, P., Konishi, M., Risko, E. F., & Smilek, D. (2018). The role of task difficulty in theoretical accounts of mind wandering. *Consciousness and Cognition*, *65*, 255-262.
- Seli, P., Maillet, D., Smilek, D., Oakman, J. M., & Schacter, D. L. (2017). Cognitive aging and the distinction between intentional and unintentional mind wandering. *Psychology and Aging*, *32*(4), 315-324. <https://doi.org/10.1037/pag0000172>
- Seli, P., Ralph, B. C. W., Risko, E. F., W. Schooler, J., Schacter, D. L., & Smilek, D. (2017). Intentionality and meta-awareness of mind wandering : Are they one and the same, or distinct dimensions? *Psychonomic Bulletin & Review*, *24*(6), 1808-1818. <https://doi.org/10.3758/s13423-017-1249-0>
- Seli, P., Risko, E. F., & Smilek, D. (2016a). Assessing the associations among trait and state levels of deliberate and spontaneous mind wandering. *Consciousness and Cognition*, *41*, 50-56.

- 
- Seli, P., Risko, E. F., & Smilek, D. (2016b). On the Necessity of Distinguishing Between Unintentional and Intentional Mind Wandering. *Psychological Science*, 27(5), 685-691. <https://doi.org/10.1177/09567976166634068>
- Seli, P., Risko, E. F., Smilek, D., & Schacter, D. L. (2016a). Mind-Wandering With and Without Intention. *Trends in Cognitive Sciences*, 20(8), 605-617. <https://doi.org/10.1016/j.tics.2016.05.010>
- Seli, P., Risko, E. F., Smilek, D., & Schacter, D. L. (2016b). Mind-Wandering With and Without Intention. *Trends in Cognitive Sciences*, 20(8), 605-617. <https://doi.org/10.1016/j.tics.2016.05.010>
- Seli, P., Smallwood, J., Cheyne, J. A., & Smilek, D. (2015). On the relation of mind wandering and ADHD symptomatology. *Psychonomic bulletin & review*, 22(3), 629-636.
- Seli, P., Smilek, D., Ralph, B. C. W., & Schacter, D. L. (2018). The awakening of the attention : Evidence for a link between the monitoring of mind wandering and prospective goals. *Journal of Experimental Psychology: General*, 147(3), 431-443. <https://doi.org/10.1037/xge0000385>
- Shapiro, S. L., Carlson, L. E., Astin, J. A., & Freedman, B. (2006). Mechanisms of mindfulness. *Journal of clinical psychology*, 62(3), 373-386.
- Shelton, J. T., Lee, J. H., Scullin, M. K., Rose, N. S., Rendell, P. G., & McDaniel, M. A. (2016). Improving prospective memory in healthy older adults and individuals with very mild Alzheimer's disease. *Journal of the American Geriatrics Society*, 64(6), 1307-1312.
- Shelton, J. T., & Scullin, M. K. (2017). The dynamic interplay between bottom-up and top-down processes supporting prospective remembering. *Current Directions in Psychological Science*, 26(4), 352-358.
- Siegling, A., & Petrides, K. (2014). Measures of trait mindfulness : Convergent validity, shared dimensionality, and linkages to the five-factor model. *Frontiers in psychology*, 5, 1164.
- Singer, J. L. (1993). Experimental studies of ongoing conscious experience. In *Experimental and theoretical studies of consciousness*. (p. 100-122). John Wiley & Sons. <https://doi.org/10.1002/9780470514412.ch6>
- Singh, N. N., Lancioni, G. E., Singh Joy, S. D., Winton, A. S., Sabaawi, M., Wahler, R. G., & Singh, J. (2007). Adolescents with conduct disorder can be mindful of their aggressive behavior. *Journal of Emotional and Behavioral Disorders*, 15(1), 56-63.

- 
- Slagter, H. A., Lutz, A., Greischar, L. L., Francis, A. D., Nieuwenhuis, S., Davis, J. M., & Davidson, R. J. (2007). Mental training affects distribution of limited brain resources. *PLoS biology*, 5(6), e138.
- Slater, M., & Sanchez-Vives, M. V. (2016). Enhancing Our Lives with Immersive Virtual Reality. *Frontiers in robotics and AI*, 3. <https://doi.org/10.3389/frobt.2016.00074>
- Smallwood, J. (2010). *Why the global availability of mind wandering necessitates resource competition : Reply to McVay and Kane (2010)*.
- Smallwood, J. (2013). Distinguishing how from why the mind wanders : A process–occurrence framework for self-generated mental activity. *Psychological Bulletin*, 139(3), 519-535. <https://doi.org/10.1037/a0030010>
- Smallwood, J., Beach, E., Schooler, J. W., & Handy, T. C. (2008). Going AWOL in the brain : Mind wandering reduces cortical analysis of external events. *Journal of cognitive neuroscience*, 20(3), 458-469.
- Smallwood, J., Fishman, D. J., & Schooler, J. W. (2007). Counting the cost of an absent mind : Mind wandering as an underrecognized influence on educational performance. *Psychonomic bulletin & review*, 14(2), 230-236.
- Smallwood, J. M., Baracaia, S. F., Lowe, M., & Obonsawin, M. (2003). Task unrelated thought whilst encoding information. *Consciousness and Cognition*, 12(3), 452-484. [https://doi.org/10.1016/S1053-8100\(03\)00018-7](https://doi.org/10.1016/S1053-8100(03)00018-7)
- Smallwood, J., McSpadden, M., & Schooler, J. W. (2007). The lights are on but no one's home : Meta-awareness and the decoupling of attention when the mind wanders. *Psychonomic Bulletin & Review*, 14(3), 527-533. <https://doi.org/10.3758/BF03194102>
- Smallwood, J., McSpadden, M., & Schooler, J. W. (2008). When attention matters : The curious incident of the wandering mind. *Memory & Cognition*, 36(6), 1144-1150. <https://doi.org/10.3758/MC.36.6.1144>
- Smallwood, J., Nind, L., & O'Connor, R. C. (2009). When is your head at ? An exploration of the factors associated with the temporal focus of the wandering mind. *Consciousness and cognition*, 18(1), 118-125.
- Smallwood, J., Obonsawin, M., & Reid, H. (2002). The effects of block duration and task demands on the experience of task unrelated thought. *Imagination, cognition and personality*, 22(1), 13-31.

- 
- Smallwood, J., O'Connor, R. C., Sudberry, M. V., Haskell, C., & Ballantyne, C. (2004). The consequences of encoding information on the maintenance of internally generated images and thoughts : The role of meaning complexes. *Consciousness and cognition*, *13*(4), 789-820.
- Smallwood, J., Riby, L., Heim, D., & Davies, J. B. (2006). Encoding during the attentional lapse : Accuracy of encoding during the semantic sustained attention to response task. *Consciousness and cognition*, *15*(1), 218-231.
- Smallwood, J., & Schooler, J. W. (2006a). The restless mind. *Psychological Bulletin*, *132*(6), 946-958. <https://doi.org/10.1037/0033-2909.132.6.946>
- Smallwood, J., & Schooler, J. W. (2006b). The restless mind. *Psychological Bulletin*, *132*(6), 946-958. <https://doi.org/10.1037/0033-2909.132.6.946>
- Smallwood, J., & Schooler, J. W. (2015). The Science of Mind Wandering: Empirically Navigating the Stream of Consciousness. *Annual Review of Psychology*, *66*(1), 487-518. <https://doi.org/10.1146/annurev-psych-010814-015331>
- Smallwood, J., Schooler, J. W., Turk, D. J., Cunningham, S. J., Burns, P., & Macrae, C. N. (2011). Self-reflection and the temporal focus of the wandering mind. *Consciousness and Cognition*, *20*(4), 1120-1126. <https://doi.org/10.1016/j.concog.2010.12.017>
- Smeekens, B. A., & Kane, M. J. (2016). Working Memory Capacity, Mind Wandering, and Creative Cognition : An Individual-Differences Investigation Into the Benefits of Controlled Versus Spontaneous Thought. *Psychology of aesthetics, creativity, and the arts*, *10*(4), 389-415. <https://doi.org/10.1037/aca0000046>
- Smith, R. E. (2003). The cost of remembering to remember in event-based prospective memory : Investigating the capacity demands of delayed intention performance. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, *29*(3), 347-361. <https://doi.org/10.1037/0278-7393.29.3.347>
- Smith, R. E., & Bayen, U. J. (2004). A Multinomial Model of Event-Based Prospective Memory. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, *30*(4), 756-777. <https://doi.org/10.1037/0278-7393.30.4.756>
- Smith, R. E., Hunt, R. R., McVay, J. C., & McConnell, M. D. (2007). The cost of event-based prospective memory : Salient target events. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, *33*, 734-746. <https://doi.org/10.1037/0278-7393.33.4.734>

- 
- Smith, R. E., Hunt, R. R., & Murray, A. E. (2017). Prospective Memory in Context : Moving Through a Familiar Space. *Journal of experimental psychology. Learning, memory, and cognition*, 43(2), 189-204. <https://doi.org/10.1037/xlm0000303>
- Smith, S. A. (2019). Virtual reality in episodic memory research : A review. *Psychonomic Bulletin & Review*, 26(4), 1213-1237. <https://doi.org/10.3758/s13423-019-01605-w>
- Smith, S. J., Souchay, C., & Moulin, C. J. A. (2011). Metamemory and prospective memory in Parkinson's disease. *Neuropsychology*, 25(6), 734-740. <https://doi.org/10.1037/a0025475>
- Song, X., & Wang, X. (2012a). Mind Wandering in Chinese Daily Lives—An Experience Sampling Study. *PloS one*, 7(9), e44423-e44423. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0044423>
- Song, X., & Wang, X. (2012b). Mind Wandering in Chinese Daily Lives – An Experience Sampling Study. *PLoS ONE*, 7(9), e44423. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0044423>
- Speak, U. (2015). *From Print to Pixel : The role of videos, games, animations and simula-tions within K-12 education*.
- Sperduti, M., Armougum, A., Makowski, D., Blondé, P., & Piolino, P. (2017). Interaction between attentional systems and episodic memory encoding : The impact of conflict on binding of information. *Experimental Brain Research*, 235(12), 3553-3560.
- Sperduti, M., Makowski, D., Blondé, P., & Piolino, P. (2017). Meditation and successful aging : Can meditative practices counteract age-related cognitive decline? *Geriatric et psychologie neuropsychiatrie du vieillissement*, 15(2), 205-213.
- Spooner, D. M., & Pachana, N. A. (2006). Ecological validity in neuropsychological assessment : A case for greater consideration in research with neurologically intact populations. *Archives of clinical neuropsychology*, 21(4), 327-337.
- Spreng, R. N., Stevens, W. D., Chamberlain, J. P., Gilmore, A. W., & Schacter, D. L. (2010). Default network activity, coupled with the frontoparietal control network, supports goal-directed cognition. *Neuroimage*, 53(1), 303-317.
- Stanley, E. A., Schaldach, J. M., Kiyonaga, A., & Jha, A. P. (2011). Mindfulness-based mind fitness training : A case study of a high-stress predeployment military cohort. *Cognitive and Behavioral Practice*, 18(4), 566-576.

- 
- Stawarczyk, D. (2018). *Phenomenological Properties of Mind-Wandering and Daydreaming* (K. Christoff & K. C. R. Fox, Éd.s.; Vol. 1). Oxford University Press. <https://doi.org/10.1093/oxfordhb/9780190464745.013.18>
- Stawarczyk, D., Cassol, H., & D'Argembeau, A. (2013). Phenomenology of future-oriented mind-wandering episodes. *Frontiers in Psychology*, 4. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2013.00425>
- Stawarczyk, D., Majerus, S., Catale, C., & D'Argembeau, A. (2014). Relationships between mind-wandering and attentional control abilities in young adults and adolescents. *Acta psychologica*, 148, 25-36.
- Stawarczyk, D., Majerus, S., Maj, M., Van der Linden, M., & D'Argembeau, A. (2011). Mind-wandering : Phenomenology and function as assessed with a novel experience sampling method. *Acta Psychologica*, 136(3), 370-381. <https://doi.org/10.1016/j.actpsy.2011.01.002>
- Stawarczyk, D., Majerus, S., Maj, M., Van der Linden, M., & D'Argembeau, A. (2011). Mind-wandering : Phenomenology and function as assessed with a novel experience sampling method. *Acta Psychologica*, 136(3), 370-381. <https://doi.org/10.1016/j.actpsy.2011.01.002>
- Steed, A., & Schroeder, R. (2015). Collaboration in Immersive and Non-immersive Virtual Environments. In M. Lombard, F. Biocca, J. Freeman, W. IJsselsteijn, & R. J. Schaevitz (Éds.), *Immersed in Media : Telepresence Theory, Measurement & Technology* (p. 263-282). Springer International Publishing. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-10190-3\\_11](https://doi.org/10.1007/978-3-319-10190-3_11)
- Steindorf, L., Hammerton, H. A., & Rummel, J. (2020). Mind wandering outside the box— About the role of off-task thoughts and their assessment during creative incubation. *Psychology of aesthetics, creativity, and the arts*, 15(4), 584-595. <https://doi.org/10.1037/aca0000373>
- Sugimori, E., & Kusumi, T. (2009). Limiting attentional resources influences performance and output monitoring of an event-based prospective memory task. *European Journal of Cognitive Psychology*, 21(1), 112-128.
- Symons, C. S., & Johnson, B. T. (1997). The self-reference effect in memory : A meta-analysis. *Psychological bulletin*, 121(3), 371.

- 
- Szarras, K., & Niedźwieńska, A. (2011). The role of rehearsals in self-generated prospective memory tasks. *International Journal of Psychology*, *46*(5), 346-353. <https://doi.org/10.1080/00207594.2011.565342>
- Szpunar, K. K. (2010). Episodic future thought: An emerging concept. *Perspectives on Psychological Science*, *5*(2), 142-162.
- Tan, L. B. G., Lo, B. C. Y., & Macrae, C. N. (2014). Brief Mindfulness Meditation Improves Mental State Attribution and Empathizing. *PLoS ONE*, *9*(10), e110510. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0110510>
- 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>
- Tang, Y.-Y., Ma, Y., Wang, J., Fan, Y., Feng, S., Lu, Q., Yu, Q., Sui, D., Rothbart, M. K., & Fan, M. (2007). Short-term meditation training improves attention and self-regulation. *Proceedings of the national Academy of Sciences*, *104*(43), 17152-17156.
- Teo, W.-P., Muthalib, M., Yamin, S., Hendy, A. M., Bramstedt, K., Kotsopoulos, E., Perrey, S., & Ayaz, H. (2016). Does a combination of virtual reality, neuromodulation and neuroimaging provide a comprehensive platform for neurorehabilitation?—a narrative review of the literature. *Frontiers in human neuroscience*, *10*, 284.
- Teper, R., & Inzlicht, M. (2013). Meditation, mindfulness and executive control: The importance of emotional acceptance and brain-based performance monitoring. *Social cognitive and affective neuroscience*, *8*(1), 85-92.
- Terasawa, Y., & Umeda, S. (2017). The Impact of Interoception on Memory. In *Memory in a Social Context* (p. 165-178). Springer.
- Thayer, J. F., & Lane, R. D. (2000). A model of neurovisceral integration in emotion regulation and dysregulation. *Journal of affective disorders*, *61*(3), 201-216.
- Thomson, D. R., Ralph, B. C. W., Besner, D., & Smilek, D. (2015). The more your mind wanders, the smaller your attentional blink: An individual differences study. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, *68*(1), 181-191. <https://doi.org/10.1080/17470218.2014.940985>
- Thomson, D. R., Smilek, D., & Besner, D. (2014). On the asymmetric effects of mind-wandering on levels of processing at encoding and retrieval. *Psychonomic Bulletin & Review*, *21*(3), 728-733.

- 
- Trawley, S. L., Law, A. S., Brown, L. A., Niven, E. H., & Logie, R. H. (2014). Prospective memory in a virtual environment : Beneficial effects of cue saliency. *Journal of Cognitive Psychology*, 26(1), 39-47.
- Trull, T. J., & Ebner-Priemer, U. (2014). The role of ambulatory assessment in psychological science. *Current directions in psychological science*, 23(6), 466-470.
- Tulving, E., & Szpunar, K. K. (2011). 248Does The Future Exist? In B. Levine & F. Craik I.M. (Éds.), *Mind and the Frontal Lobes : Cognition, Behavior, and Brain Imaging* (p. 0). Oxford University Press. <https://doi.org/10.1093/acprof:oso/9780199791569.003.0075>
- Umeda, S., Tochizawa, S., Shibata, M., & Terasawa, Y. (2016). Prospective memory mediated by interoceptive accuracy : A psychophysiological approach. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 371(1708), 20160005. <https://doi.org/10.1098/rstb.2016.0005>
- Unsworth, N., & Robison, M. K. (2016). The influence of lapses of attention on working memory capacity. *Memory & Cognition*, 44(2), 188-196. <https://doi.org/10.3758/s13421-015-0560-0>
- Uttl, B. (2006). Age-related changes in event-cued visual and auditory prospective memory proper. *Aging, Neuropsychology, and Cognition*, 13(2), 141-172.
- van den Berg, E., Kant, N., & Postma, A. (2012). Remember to Buy Milk on the Way Home ! A Meta-analytic Review of Prospective Memory in Mild Cognitive Impairment and Dementia. *Journal of the International Neuropsychological Society*, 18(4), 706-716. <https://doi.org/10.1017/S1355617712000331>
- van den Hurk, P. A., Giommi, F., Gielen, S. C., Speckens, A. E., & Barendregt, H. P. (2010). Greater efficiency in attentional processing related to mindfulness meditation. *Quarterly journal of experimental psychology*, 63(6), 1168-1180.
- van Leeuwen, S., Müller, N. G., & Melloni, L. (2009). Age effects on attentional blink performance in meditation. *Consciousness and cognition*, 18(3), 593-599.
- Vannucci, M., Chiorri, C., Nocentini, A., & Menesini, E. (2020). Distinguishing spontaneous from deliberate mind wandering in adolescents : The role of attentional control and depressive symptoms. *British Journal of Developmental Psychology*, 38(3), 434-441. <https://doi.org/10.1111/bjdp.12325>



- 
- van Vugt, M. K., & Slagter, H. A. (2014). Control over experience? Magnitude of the attentional blink depends on meditative state. *Consciousness and Cognition*, *23*, 32-39. <https://doi.org/10.1016/j.concog.2013.11.001>
- Varma, S., Takashima, A., Fu, L., & Kessels, R. P. (2019). Mindwandering propensity modulates episodic memory consolidation. *Aging clinical and experimental research*, *31*(11), 1601-1607.
- Verhaeghen, P. (2021). Mindfulness as attention training : Meta-analyses on the links between attention performance and mindfulness interventions, long-term meditation practice, and trait mindfulness. *Mindfulness*, *12*(3), 564-581.
- Wallace, B. A. (2006). *The attention revolution : Unlocking the power of the focused mind*. Simon and Schuster.
- Walsh, R., & Shapiro, S. L. (2006). The meeting of meditative disciplines and Western psychology : A mutually enriching dialogue. *American psychologist*, *61*(3), 227.
- Walter, S., & Meier, B. (2014). How important is importance for prospective memory? A review. *Frontiers in Psychology*, *5*. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2014.00657>
- Wammes, J. D., Boucher, P. O., Seli, P., Cheyne, J. A., & Smilek, D. (2016). Mind wandering during lectures I : Changes in rates across an entire semester. *Scholarship of Teaching and Learning in Psychology*, *2*(1), 13-32. <https://doi.org/10.1037/stl0000053>
- Wammes, J. D., & Smilek, D. (2017). Examining the influence of lecture format on degree of mind wandering. *Journal of Applied Research in Memory and Cognition*, *6*(2), 174-184.
- Wang, L., Altgassen, M., Liu, W., Xiong, W., Akgün, C., & Kliegel, M. (2011). Prospective memory across adolescence : The effects of age and cue focality. *Developmental psychology*, *47*(1), 226.
- Warden, E. A., Plimpton, B., & Kvavilashvili, L. (2018). Absence of age effects on spontaneous past and future thinking in daily life. *Psychological research*, *83*(4), 727-746. <https://doi.org/10.1007/s00426-018-1103-7>
- Warden, E. A., Plimpton, B., & Kvavilashvili, L. (2019). Absence of age effects on spontaneous past and future thinking in daily life. *Psychological Research*, *83*(4), 727-746. <https://doi.org/10.1007/s00426-018-1103-7>
- Weiler, J. A., Suchan, B., & Daum, I. (2010). When the future becomes the past : Differences in brain activation patterns for episodic memory and episodic future thinking. *Behavioural brain research*, *212*(2), 196-203.

- 
- Weinstein, Y. (2018). Mind-wandering, how do I measure thee with probes ? Let me count the ways. *Behavior research methods*, 50(2), 642-661.
- Weinstein, Y., De Lima, H. J., & Van Der Zee, T. (2018). Are you mind-wandering, or is your mind on task ? The effect of probe framing on mind-wandering reports. *Psychonomic Bulletin & Review*, 25(2), 754-760.
- West, R. (2011). The temporal dynamics of prospective memory : A review of the ERP and prospective memory literature. *Neuropsychologia*, 49(8), 2233-2245.
- West, R., & Krompinger, J. (2005). Neural correlates of prospective and retrospective memory. *Neuropsychologia*, 43(3), 418-433.
- Williams, J. M. G., Teasdale, J. D., Segal, Z. V., & Soulsby, J. (2000). Mindfulness-based cognitive therapy reduces overgeneral autobiographical memory in formerly depressed patients. *Journal of abnormal psychology*, 109(1), 150.
- Wilson, B. M., Mickes, L., Stolarz-Fantino, S., Evrard, M., & Fantino, E. (2015). Increased false-memory susceptibility after mindfulness meditation. *Psychological Science*, 26(10), 1567-1573.
- Wincoff, A., LaBar, K. S., Madden, D. J., Cabeza, R., & Huettel, S. A. (2011). Cognitive and neural contributors to emotion regulation in aging. *Social Cognitive and Affective Neuroscience*, 6, 165-176. <https://doi.org/10.1093/scan/nsq030>
- Wittmann, M. (2013). The inner sense of time : How the brain creates a representation of duration. *Nature Reviews Neuroscience*, 14(3), 217-223. <https://doi.org/10.1038/nrn3452>
- Yamaoka, A., & Yukawa, S. (2020). Mind wandering in creative problem-solving : Relationships with divergent thinking and mental health. *PloS one*, 15(4), e0231946-e0231946. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0231946>
- Zaidi, S. F. M., Duthie, C., Carr, E., & Maksoud, S. H. A. E. (2018). *Conceptual framework for the usability evaluation of gamified virtual reality environment for non-gamers*. 1-4.
- Zedelius, C. M., Broadway, J. M., & Schooler, J. W. (2015a). Motivating meta-awareness of mind wandering : A way to catch the mind in flight? *Consciousness and Cognition*, 36, 44-53. <https://doi.org/10.1016/j.concog.2015.05.016>
- Zedelius, C. M., Broadway, J. M., & Schooler, J. W. (2015b). Motivating meta-awareness of mind wandering : A way to catch the mind in flight? *Consciousness and Cognition*, 36, 44-53. <https://doi.org/10.1016/j.concog.2015.05.016>

- 
- Zedelius, C. M., & Schooler, J. W. (2015). Mind wandering “Ahas” versus mindful reasoning : Alternative routes to creative solutions. *Frontiers in psychology*, 6, 834-834. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2015.00834>
- Zhuang, K., Bi, M., Li, Y., Xia, Y., Guo, X., Chen, Q., Du, X., Wang, K., Wei, D., & Yin, H. (2017). A distinction between two instruments measuring dispositional mindfulness and the correlations between those measurements and the neuroanatomical structure. *Scientific reports*, 7(1), 1-9.
- Zimmermann, T. D., & Meier, B. (2009). The effect of implementation intentions on prospective memory performance across the lifespan. *Applied Cognitive Psychology*, 24(5), 645-658. <https://doi.org/10.1002/acp.1576>
- Zuber, S., Ihle, A., Blum, A., Desrichard, O., & Kliegel, M. (2019). The Effect of Stereotype Threat on Age Differences in Prospective Memory Performance : Differential Effects on Focal Versus Nonfocal Tasks. *The Journals of Gerontology: Series B*, 74(4), 625-632. <https://doi.org/10.1093/geronb/gbx097>
- Zuber, S., & Kliegel, M. (2020). Prospective Memory Development Across the Lifespan : An Integrative Framework. *European Psychologist*, 25(3), 162-173. <https://doi.org/10.1027/1016-9040/a000380>
- Zuber, S., Kliegel, M., & Ihle, A. (2016). An individual difference perspective on focal versus nonfocal prospective memory. *Memory & Cognition*, 44(8), 1192-1203.