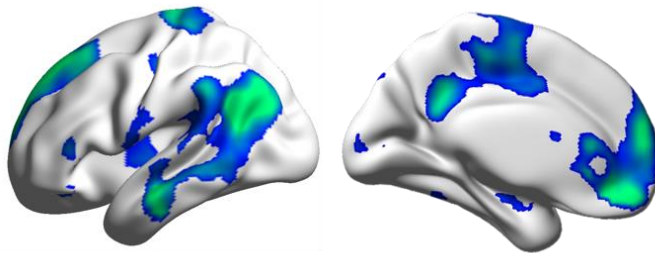


DISSOCIATION ENTRE RECOLLECTION OBJECTIVE ET
SUBJECTIVE DANS LE VIEILLISSEMENT NORMAL:
UNE APPROCHE COMPORTEMENTALE ET PAR
NEUROIMAGERIE FONCTIONNELLE



Adrien Folville

Année académique 2019-2020

Thèse présentée en vue de l'obtention du diplôme de Docteur en Sciences Psychologiques

Faculté de Psychologie et des Sciences de l'éducation

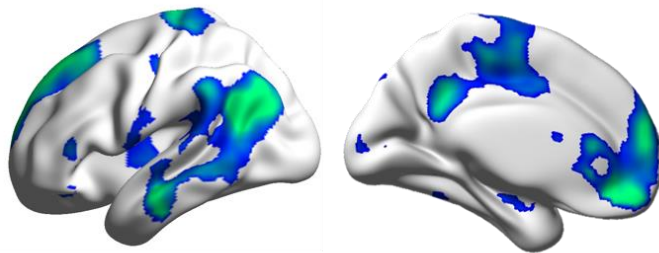
Promotrice: Dr. Christine Bastin

Co-promoteur: Dr Arnaud D'Argembeau

Jury de Thèse composé de:

Dr. Sylvie Willems, Dr. Hedwige Dehon, Dr. Lucie Angel, Dr. Matthias Kliegel

DISSOCIATION ENTRE RECOLLECTION OBJECTIVE ET SUBJECTIVE DANS LE VIEILLISSEMENT NORMAL: UNE APPROCHE COMPORTEMENTALE ET PAR NEUROIMAGERIE FONCTIONNELLE



Adrien Folville

Thèse présentée en vue de l'obtention du diplôme de Docteur en Sciences Psychologiques

Année académique 2019-2020

Faculté de Psychologie et des Sciences de l'éducation

Promotrice: Dr. Christine Bastin

Co-promoteur: Dr Arnaud D'Argembeau

Jury de Thèse composé de:

Dr. Sylvie Willems, Dr. Hedwige Dehon, Dr. Lucie Angel, Dr. Matthias Kliegel

Remerciements

Au moment d'écrire ces lignes, je ne peux m'empêcher de revivre mentalement les quatre années qui viennent de s'écouler. Un projet de thèse de doctorat rédigé en octobre 2015 est devenu un travail de thèse que je m'apprête à finaliser en ce mois de mars 2020. Je ne peux que constater combien l'aide reçue au cours de cet intervalle de temps a été essentielle pour mener ce projet à terme. Je souhaite donc remercier toutes ces personnes qui, de près ou de loin, m'ont aidé à y parvenir.

Mes remerciements vont tout d'abord à Christine. Merci de m'avoir accordé ta confiance si tôt, alors que je n'étais encore qu'un étudiant de master. D'un point de vue professionnel, je te remercie pour tes connaissances scientifiques, ton ouverture d'esprit et tes précieux conseils. J'ai énormément appris à tes côtés. Je te remercie également pour les innombrables relectures que tu n'as jamais hésité à effectuer. Christine, tu as également des qualités humaines (les membres du CRC ne pourront que confirmer mes dires) qui font de toi une personne avec qui on aime travailler. Ton sens de l'écoute, ta gentillesse et ta bienveillance sont des qualités qui, parmi tant d'autres, me viennent à l'esprit. Je te remercie pour m'avoir offert la chance d'accomplir ce travail de longue haleine dans un environnement aussi plaisant que serein.

Mes remerciements vont également à Arnaud. Bien que nous n'ayons pas partagé les mêmes locaux, tu as toujours été disponible pour me recevoir. Ta rigueur scientifique, tes connaissances théoriques et ton sens de l'écoute sont autant de qualités qui font de toi un excellent chercheur et promoteur de thèse. Je te remercie de m'avoir toujours poussé à aller plus loin dans mes raisonnements scientifiques ou mes propositions théoriques. Sans toi, ce travail de thèse ne serait pas ce qu'il est.

Je remercie grandement le Fonds de la Recherche Scientifique (FRS-FNRS) de m'avoir accordé le financement nécessaire à la réalisation de l'ensemble des études constituant ce travail de thèse.

Je tiens également à remercier l'ensemble des membres du Memory Group. Merci à Emma pour ses conseils et sa disponibilité, tant lors de la réalisation de mon mémoire de fin d'étude que dans l'achèvement de ce travail. Merci également pour ta gentillesse et ta bienveillance envers chaque membre du CRC. Merci à Gab pour les discussions théoriques – ou pas- autour de la machine à café et ton côté humain. Merci à Marie pour ses nombreux conseils et pour les brainstormings endiablés sur la création de nouvelles études.

Je remercie également Mohamed pour son soutien logistique, sans lequel, une partie de ce travail n'aurait pas pu aboutir. Merci au Dr Salmon pour ses relectures et ses conseils précieux. Merci à Olivier pour son aide et sa disponibilité sur l'étude « Autographe ».

Je remercie également le Dr Jon Simons pour m'avoir accepté dans son équipe durant un bref séjour et pour ses commentaires ayant permis d'enrichir le contenu théorique de ce travail.

Vincenzo a un jour décrit le CRC comme une famille dont les membres partagent une vie commune qui s'étend bien au-delà des aspects professionnels. Je ne peux que me ranger à ses côtés. Je ne remercierai sans doute jamais assez tous mes collègues du CRC, qui pour la plupart, sont devenus de véritables amis. Merci à Maxime et à Justinas pour m'avoir accueilli dans le grand bureau avec tant de gentillesse. Merci à Jess pour les bons moments partagés au CRC ou en terrasse autour d'une bière. Mes pensées vont également à Martin, le roi du Kubb, à Nora la « débogueuse » de scripts et à Flo, l'épicerie à biscuits du grand bureau. Merci à vous trois pour votre enthousiasme au quotidien. Merci à Catherine et Daphné pour leur bonne humeur matinale. Merci à notre représentante, Camille, pour tout ce qu'elle a fait pour nous, les doctorants.

Je remercie également tous les membres du CRC qui ont permis de créer une véritable osmose de travail dans tout le bâtiment : Gregory, Michele, Vincenzo, Mathilde, Alexia, Nikita, Zoltan, Marion, Katia, Liza, Siya, Lou, Puneet, Islay et Soodeh.

Merci à Fabienne, Christina, Gilles, Christophe et Evelyne pour leurs conseils et suggestions durant les « tomato sessions ». Je réserve également un merci à Brigitte et à Annick pour leur gentillesse et l'aide précieuse qu'elles ont su m'apporter lorsque je sombrais dans les méandres administratifs liés à la thèse. Merci à Christian pour son soutien technique dont nous bénéficions tous.

Je remercie l'ensemble des étudiants avec qui j'ai été amené à collaborer. Ces travaux d'encadrement ont été enrichissants d'un point de vue professionnel et humain, probablement plus que je ne l'aurais imaginé.

Je ne remercierai sans doute jamais assez les dizaines de participants de mes études. Sans vous, ce travail n'aurait jamais abouti. Cette thèse, elle est aussi pour vous.

Je remercie les membres de mon Jury de Thèse : Dr Sylvie Willems, Dr Hedwige Dehon, Dr Lucie Angel et Dr Matthias Kliegel. Merci à vous tous d'avoir accepté de faire partie du jury et de me consacrer un peu de votre temps.

Enfin, je tiens à remercier ces personnes avec qui je partage mon quotidien hors du CRC. Je te remercie tout particulièrement, Emilie. Merci pour tes encouragements incessants, pour ton optimisme sans égal et pour m'avoir supporté dans les moments difficiles, il y en a eu quelques-uns. Sans toi, je ne sais pas si ce travail de thèse aurait pu aboutir. Je te remercie pour cela mais, et c'est là le plus important, je te suis reconnaissant pour le bonheur que tu m'apportes au quotidien.

Merci à ma maman pour ses encouragements perpétuels et pour sa disponibilité de chaque instant. Merci à mon frère, Gilles, pour sa curiosité envers mes travaux et pour sa joie de vivre. Mes pensées vont également à mon père qui m'a toujours poussé à me dépasser et qui n'a jamais refusé de me consacrer de son temps. Je terminerai en remerciant les membres de « la meute », ils se reconnaîtront. Merci à vous tous pour les bons moments que nous partageons depuis des années. Il y en aura encore beaucoup d'autres, j'en suis certain.

Table des matières

Préambule.....	1
Preamble.....	5
1 INTRODUCTION THEORIQUE.....	9
1.1 La mémoire épisodique	9
1.1.1 Généralités	9
1.1.1.1 Définition	9
1.1.1.2 Encodage et récupération en mémoire épisodique	10
1.1.2 Modèles théoriques des processus impliqués dans la récupération en mémoire épisodique	13
1.1.2.1 La théorie des doubles processus de reconnaissance : recollection et familiarité	13
1.1.2.2 Le cadre théorique du monitoring de source.....	14
1.1.2.3 Fuzzy-trace Theory	15
1.1.3 Recollection : un examen détaillé.....	17
1.1.3.1 Recollection objective.....	17
1.1.3.1.1 <i>La mémoire de source</i>	17
1.1.3.1.2 <i>Le rappel libre</i>	18
1.1.3.1.3 <i>Recollection objective et fonctions exécutives</i>	20
1.1.3.1.4 <i>Un mot sur la compression temporelle des souvenirs en mémoire épisodique</i>	22
1.1.3.2 La recollection subjective.....	24
1.1.3.2.1 <i>L'expérience phénoménologique</i>	25
1.1.3.2.2 <i>Vivacité et imagerie mentale</i>	33
1.1.3.2.3 <i>Recollection subjective et monitoring</i>	35
1.1.4 Soubassements cérébraux de la recollection.....	42
1.1.4.1 L'Imagerie par Résonance Magnétique Fonctionnelle (IRMf)	43
1.1.4.2 Analyses univariées	43
1.1.4.3 Analyses multivariées - classifications	46

1.1.4.4	Analyses multivariées – similarité des représentations	49
1.1.4.5	Corrélats neuronaux de la recollection.....	51
1.1.4.5.1	<i>Corrélats neuronaux de la recollection objective.....</i>	<i>56</i>
1.1.4.5.2	<i>Corrélats neuronaux de la recollection subjective</i>	<i>60</i>
1.1.4.5.3	<i>La réinstallation corticale.....</i>	<i>62</i>
1.1.5	Un modèle intégratif pour comprendre la recollection et ses altérations.....	67
1.2	Mémoire épisodique et vieillissement normal	71
1.2.1	Encodage en mémoire épisodique dans le vieillissement normal	72
1.2.2	Récupération en mémoire épisodique et vieillissement	74
1.2.2.1	Recollection objective et vieillissement.....	75
1.2.2.1.1	<i>Mémoire de source et vieillissement.....</i>	<i>76</i>
1.2.2.1.2	<i>Vieillissement et rappel libre</i>	<i>81</i>
1.2.2.1.3	<i>Effet de l'âge sur le succès et la précision de la recollection ..</i>	<i>85</i>
1.2.2.2	Vieillissement et recollection subjective	86
1.2.2.2.1	<i>Utilisation du paradigme Remember/Know dans le vieillissement.....</i>	<i>86</i>
1.2.2.2.2	<i>Vieillissement, vivacité et Memory Characteristics Questionnaire</i>	<i>87</i>
1.2.2.2.3	<i>Imagerie mentale dans le vieillissement</i>	<i>89</i>
1.2.2.2.4	<i>Heuristiques, monitoring et jugements subjectifs dans le vieillissement.....</i>	<i>90</i>
1.2.2.3	Contraste entre mesure objective et subjective de la recollection dans le vieillissement	93
1.2.3	Vieillissement et corrélats neuronaux de la mémoire.....	99
1.2.3.1	Vieillissement cérébral et cognition	99
1.2.3.2	Corrélats neuronaux de la mémoire épisodique dans le vieillissement.....	103
1.2.3.2.1	<i>Corrélats neuronaux de la recollection objective dans le vieillissement.....</i>	<i>103</i>

1.2.3.2.2	<i>Corrélat neuronal de la recollection subjective dans le vieillissement.....</i>	<i>104</i>
1.2.3.2.3	<i>Vieillessement et réinstallation corticale</i>	<i>107</i>
1.2.4	Causes possibles de la dissociation entre recollection objective et subjective dans le vieillissement	109
2	PARTIE EXPERIMENTALE	113
2.1	Résumé théorique	113
2.2	Objectifs et hypothèses de la partie expérimentale	116
2.3	Etude 1. Deciphering the Relationship between Objective and Subjective Aspects of Recollection in Healthy Aging.	123
2.3.1	Abstract	125
2.3.2	Introduction	126
2.3.3	Methods	131
2.3.4	Results	139
2.3.5	Discussion	146
2.3.6	Supplementary material.....	154
2.4	Etude 2. Age-related differences in the neural correlates of vivid remembering.....	159
2.4.1	Abstract	161
2.4.2	Introduction	162
2.4.3	Method.....	167
2.4.4	Results	175
2.4.5	Discussion	179
2.5	Etude 3. The impact of age on the temporal compression of daily life events in episodic memory.	187
2.5.1	Abstract	189
2.5.2	Introduction	190
2.5.3	Method.....	196
2.5.4	Results	206

2.5.5	Discussion	212
2.5.6	Supplementary material.....	221
2.6	Etude 4. Shared event memory in aging: Across-participants similarity of vividness judgements decreases with age	231
2.6.1	Abstract	233
2.6.2	Introduction.....	234
2.6.3	Method.....	238
2.6.4	Results	245
2.6.5	Discussion	248
2.7	Etude 5. A gist orientation before retrieval impacts the objective content but not the subjective experience of recollection.	255
2.7.1	Abstract	257
2.7.2	Methods	262
2.7.3	Results	266
2.7.4	Discussion	271
2.7.5	Supplementary material.....	279
2.8	Etude 6. Young but not older adults adjust their criterion for the subjective vividness of memories according to task context ...	283
2.8.1	Abstract	285
2.8.2	Introduction.....	286
2.8.3	Method.....	291
2.8.4	Results	294
2.8.5	Discussion	297
3	DISCUSSION GENERALE	303
3.1	Résumé des principaux résultats	303
3.2	Dissociation entre recollection objective et subjective dans le vieillissement normal.....	309

3.3	Causes probables de la déconnexion entre recollection objective et subjective dans le vieillissement.....	312
3.3.1	Pourquoi les personnes âgées émettent-elles des jugements subjectifs plus élevés que les personnes jeunes ?.....	315
3.3.2	Participants jeunes et âgés utilisent-ils le même type d'information pour réaliser un jugement subjectif en mémoire?	323
3.4	Proposition d'adaptation du modèle intégratif : Le cas de la recollection et des jugements de vivacité.....	331
3.5	Perspectives futures	341
3.6	Conclusion.....	344
	Références bibliographiques.....	347

Préambule

L'être humain dispose d'une capacité à se remémorer les moments de son existence, de sorte que des événements passés peuvent être revécus mentalement ou que des détails précis les concernant peuvent être récupérés. Afin d'illustrer ce propos, prenez un instant pour vous remémorer le dernier mariage auquel vous avez assisté. Lors de cet exercice de remémoration, il est possible que vous récupériez en mémoire une image mentale plus ou moins riche et détaillée de l'événement. Il est possible que vous ayez le sentiment de vous souvenir de ce mariage de façon très claire et vivace, si bien que vous pourriez affirmer que vous vous en souvenez comme si c'était hier. Ce sentiment de reviviscence associé à une représentation claire et vivace d'un souvenir désigne l'expérience subjective accompagnant la récupération en mémoire épisodique. Lorsque vous vous souvenez du mariage en question, il est également possible que vous vous souveniez des informations concernant le contexte dans lequel l'événement s'inscrit mais également de détails spécifiques et précis relatifs à l'événement. Ainsi, vous vous rappelez peut-être que le mariage a eu lieu fin mars de cette année dans une église à Verviers, que le principal intéressé était votre ami Pascal, qu'il portait une veste bleue marine et un nœud papillon rouge et que vous étiez assis près de ses parents lors de la cérémonie. La remémoration du passé peut donc prendre la forme d'une expérience subjective de reviviscence ou peut désigner la récupération objective de détails épisodiques précis et concrets. Durant des années, l'idée selon laquelle la qualité de l'expérience subjective concernant une trace mnésique dépendait des détails objectivement remémorés à propos de cette trace a été prise pour acquis dans la littérature sur la mémoire épisodique.

Des études examinant l'effet du vieillissement normal sur la capacité à récupérer des souvenirs passés en mémoire épisodique semblent cependant suggérer que ce n'est pas nécessairement le cas. De façon générale, notre capacité à récupérer des

souvenirs détaillés ainsi que les contextes dans lesquels ils s'inscrivent diminue avec l'avancée en âge. Par exemple, des personnes âgées éprouvent plus de difficultés à rappeler des détails précis relatifs à des événements de leur vie personnelle par rapport à des personnes plus jeunes. Si on considère que l'expérience subjective en mémoire épisodique est intrinsèquement liée à la quantité d'information qui peut être, objectivement, récupérée en mémoire, il serait donc logique d'observer que les personnes âgées rapportent des jugements subjectifs d'intensité réduite par rapport à des personnes plus jeunes. De façon relativement surprenante, de très nombreuses recherches ont révélé que les personnes âgées rapportent qu'elles se souviennent très bien d'un événement passé (ce qui se traduit par des jugements subjectifs plus élevés que les personnes jeunes), et ce, même lorsque leurs souvenirs sont objectivement moins riches et détaillés. Il se pourrait donc que les aspects objectifs et subjectifs de la remémoration en mémoire ne soient pas toujours étroitement liés et puissent même parfois être dissociés comme c'est le cas dans le vieillissement normal.

Comment peut-on expliquer que des personnes âgées, qui rapportent des souvenirs quantitativement moins riches et détaillées que des personnes jeunes, décrivent qu'elles se souviennent de l'événement de façon claire et vivace (voire même de manière plus vivace que des personnes jeunes) ?

L'objectif de ce travail de thèse était de répondre à cette question.

Dans la première partie de notre travail, les concepts de récupération objective de détails et d'expérience subjective en mémoire épisodique ainsi que les différentes façons de les mesurer seront abordés. Ensuite, les corrélats neuronaux relatifs à chacune de ces dimensions seront discutés et illustrés. La suite de cette première partie détaillera comment le vieillissement normal modifie les aspects objectifs et subjectifs de la récupération en mémoire ainsi que les différents mécanismes cognitifs susceptibles de les influencer. Après une présentation de l'effet du vieillissement normal sur les corrélats neuronaux de la remémoration en mémoire

épisodique, des hypothèses pouvant expliquer les raisons de la dissociation entre l'expérience subjective en mémoire et la richesse objective des traces mnésiques sous-jacentes dans le vieillissement normal seront décrites.

Dans la seconde partie de ce travail de thèse, six études expérimentales seront présentées. Les quatre premières études auront pour but d'examiner directement la relation entre les aspects objectifs et subjectifs de la remémoration en mémoire dans le vieillissement normal en ayant recours à des paradigmes et des méthodes d'analyses différents. Plus spécifiquement, la première étude consistera en une tâche de laboratoire sur ordinateur au cours de laquelle les aspects objectifs et subjectifs de la remémoration en mémoire épisodique seront directement mis en relation en examinant si la quantité de détails épisodiques remémorés prédit l'intensité de l'expérience subjective associée et si l'importance de cette relation est équivalente entre les participants jeunes et âgés. La seconde étude, grâce à une approche en Imagerie par Résonance Magnétique Fonctionnelle (IRMf), examinera comment le vieillissement normal impacte les corrélats neuronaux associés à la remémoration subjective de souvenirs hautement vivaces. Le but de la troisième étude sera d'examiner si la dissociation entre les aspects objectifs et subjectifs de la remémoration en mémoire est observée lorsque des participants jeunes et âgés se remémorent des souvenirs récents pour des événements de la vie réelle. Enfin, la quatrième d'étude évaluera si des participants jeunes et âgés se remémorant les mêmes événements partagent des similitudes dans l'intensité de leur expérience subjective en mémoire. Les deux dernières études auront pour but d'examiner les causes possibles de la dissociation. Plus spécifiquement, la cinquième étude évaluera la possibilité que les personnes jeunes et âgées ne se basent pas sur le même type d'information pour juger subjectivement de la qualité de leurs souvenirs. Enfin, la dernière étude évaluera la possibilité que les personnes âgées ajustent différemment que les personnes jeunes le critère

qu'elles utilisent pour déterminer subjectivement la richesse d'un souvenir selon le contexte dans lequel la remémoration a lieu.

Dans la troisième partie de notre travail de thèse, les résultats de l'ensemble des études seront tout d'abord résumés. Ensuite, nous détaillerons l'apport théorique de nos études à la compréhension de la dissociation entre les dimensions objectives et subjectives de la remémoration en mémoire épisodique, ainsi que comment les résultats de nos six études permettent de faire la lumière sur une partie des causes de cette dissociation dans le vieillissement normal. Les implications des résultats de ces études pour les modèles théoriques sur la mémoire épisodique ainsi que pour la conceptualisation de l'expérience subjective en mémoire seront ensuite décrits. Enfin, quelques perspectives de recherches futures seront mentionnées et une conclusion sera formulée.

Preamble

When remembering a past event, one can have the subjective experience of reliving it in a clear and vivid fashion or he/she can objectively retrieve the context in which the event took place and specific episodic details from it. For instance, if you remember the last wedding you attended to, you may be able to bring a rich and vivid mental image of the event to mind, so that you may claim that you remember it as “if it was yesterday”. While remembering the wedding, you may also be able to recollect that it happened in March in Verviers, that the groom was your friend Pascal and that he was wearing a blue shirt and a red bow tie. For years, the assumption that the quality of the subjective experience of remembering is tightly linked to the amount of retrieved episodic details has been taken for granted.

Nevertheless, studies investigating age-related changes in episodic memory functions could suggest otherwise. With increasing age, episodic memory fades and older adults are usually found to retrieve lower amount of specific episodic details from past events than young adults. Considering this age-related decrease in the objective aspect of episodic memory, one may expect older adults to report lower subjective memory judgements than young adults. Surprisingly, it is not the case. Indeed, many, if not all, studies that examined age-related changes in the subjective experience of remembering revealed that older individuals report as high – or even higher- memory vividness levels relative to young adults. Strikingly, it has been reported that older adults gave as high subjective memory judgements as young adults even when, at the same time, they had lower performance in tasks assessing the objective aspects of memory retrieval. Together, these findings suggest that older adults overestimate the strength of their subjective experience of remembering so that it is tightly disconnected from the objective richness of their memories.

The aim of the current project was to try to understand why older adults report high subjective memory levels while the content of their memories is actually impoverished.

In the first part of the current thesis, the cognitive and neural mechanisms underlying the objective retrieval and the subjective experience of episodic memory will be presented. Then, age-related changes in objective and subjective aspects of episodic memory functions will be described. Before the experimental part, we will describe several hypothesis that have been suggested in the literature to account for the discrepancy between the subjective experience of memory and the objective richness of the underlying memory representations in older individuals.

In the second part of the current work, six experiments will be reported. The aim of the first experiment was to directly link objective and subjective aspects of episodic memory in young and older adults using a laboratory memory task. The second experiment, using fMRI, was designed to examine how healthy aging impacts the neural correlates of the retrieval of highly vivid memories. In the third experiment, we examined whether the discrepancy between objective and subjective aspects of episodic memory in older adults was also observed when they remember recent real-life events. The aim of the fourth experiment was to examine whether young and older participants can share a common subjective experience of remembering when they remember the same events. While these four studies aimed at showing the presence of a discrepancy between the subjective experience and the objective retrieval of details in episodic memory, the two last studies intended to test hypotheses that could explain the reasons of this discrepancy. More specifically, the fifth study examined the possibility that young and older adults do not rely on – use – the same types of information when judging the subjective quality of their memories. The aim of the last study was to investigate whether young and older adults switch their subjective memory

criterion similarly according to the context in which the remembering experience takes place.

In the third part of this thesis, the extent of the contribution of the six experiments to our understanding of the discrepancy between objective and subjective aspects of episodic memory will be outlined. Next, the causes of this discrepancy will be discussed and some perspectives will be proposed. Last, we will discuss how the results of the experiments conducted in the current work can shed new lights on theoretical models of episodic memory functions and can bring our understanding of the cognitive determinants of the subjective experience of remembering a step further.

1 INTRODUCTION THEORIQUE

1.1 La mémoire épisodique

1.1.1 Généralités

1.1.1.1 Définition

Bien que nous vivions l'instant présent de façon consciente, notre existence est constituée de nombreuses remémorations d'événements passés et de projections tournées vers l'avenir. Pour s'en rendre compte, il suffit de réfléchir à ce dont vous venez de penser dans les minutes précédentes. Si vous venez de vous asseoir à votre bureau un lundi matin, vous pourriez songer à votre activité du dimanche après-midi en vous rappelant à quel point cette promenade en forêt était plaisante, relaxante et bienfaisante. Outre cet aspect plaisant, vous pourriez repenser aux embouteillages dans lesquels vous étiez il y a moins d'une heure, ce qui vous fait penser qu'il est probable que vous les affrontiez à nouveau en fin de journée car vous avez rendez-vous chez le dentiste. Vous pourriez également passer en revue votre journée à venir et imaginer votre repas de midi avec votre collègue, ce qui vous ramène dans le passé en vous remémorant l'histoire burlesque qu'il vous a racontée vendredi après-midi.

Ces différents événements illustrent la complexité de notre vie quotidienne et les innombrables moments que nous consacrons à récupérer des souvenirs en mémoire et à imaginer ce qui va se produire dans le futur. A l'origine, la mémoire épisodique était définie par Tulving comme la capacité de se souvenir du moment et du lieu correspondant à un événement particulier que l'on a vécu personnellement (Tulving, 1972). Elle se distinguait ainsi de la mémoire sémantique, qui correspond à la capacité de récupérer des connaissances générales sur le monde nous entourant (p. ex : les capitales de pays) sans que nous soyons capable de déterminer quand et où ces connaissances ont été acquises.

Ainsi, la *mémoire épisodique* peut être définie comme étant cette capacité que nous avons de sélectionner des portions de notre existence, de les stocker en mémoire et de les récupérer après un intervalle de rétention plus ou moins important (Roediger & Marsh, 2003). Le fonctionnement de la mémoire épisodique nécessite donc plusieurs mécanismes permettant l'encodage et la récupération des événements vécus (Craik & Rose, 2012; Roediger & Marsh, 2003). Ces mécanismes feront l'objet d'une attention particulière dans la prochaine section.

1.1.1.2 Encodage et récupération en mémoire épisodique

L'encodage en mémoire épisodique désigne l'ensemble des processus impliqués dans la transformation d'un événement externe ou d'une pensée interne en une trace temporaire ou de longue durée (Craik & Rose, 2012). L'encodage d'une information en mémoire épisodique implique également la mémorisation du contexte (spatio-temporel ou cognitif) entourant cette information (Tulving, 1972). Ainsi, la représentation d'un épisode en mémoire lors de son encodage comprend différents patterns de caractéristiques tels que des aspects perceptuels ou physiques relatifs à l'élément encodé mais également les interprétations, les réactions et les pensées associées à ces différentes informations (Schacter, Norman, & Koutstaal, 1998). L'encodage de ces différentes informations et du contexte les entourant est donc crucial pour former une trace mnésique résistante à l'oubli et récupérable ultérieurement. Le « binding » désigne ce processus par lequel les différentes informations contextuelles relatives à un item sont associées lors de leur encodage en mémoire épisodique, ce qui permet la création de souvenirs complexes et détaillés (Chalfonte & Johnson, 1996). De plus, dans la mesure où les événements vécus font parfois intervenir des caractéristiques ou des contextes similaires (p. ex : passer plusieurs soirées d'affilées avec les mêmes personnes), il est nécessaire d'encoder les souvenirs en mémoire épisodique de façon assez spécifique afin de les rendre dissociables les uns des autres (Rolls, 2016). Afin de rendre compte de ce phénomène, la théorie de *séparation de*

pattern postule que des représentations ou des événements relativement similaires sont encodés indépendamment en mémoire et de manière distincte afin d'éviter les interférences (Rolls, 2016; Yassa & Stark, 2012).

En bref, les processus d'encodage en mémoire épisodique sont une étape clé qui détermine dans quelle mesure un élément sera stocké en mémoire ainsi que la probabilité qu'il puisse être récupéré par après. Ainsi, bien qu'il ait lieu parfois des années auparavant, le processus d'encodage en mémoire épisodique conditionne, du moins en partie, le bon déroulement du processus de récupération, si bien que ces deux processus méritent d'être considérés ensemble plutôt que séparément (Craik & Rose, 2012; Tulving & Thomson, 1973).

La récupération en mémoire épisodique peut être définie comme l'interaction entre un indice de récupération et une trace mnésique stockée, cette interaction permettant la reconstruction mentale de l'épisode représenté par cette trace (Rugg & Wilding, 2000). En particulier, certains auteurs ont proposé l'existence d'un phénomène appelé *complétion de pattern* (Hunsaker & Kesner, 2013; Rolls, 2016). Lors de ce phénomène, un petit ensemble de caractéristiques de l'épisode stocké en mémoire est activé par l'indice de récupération, cette activation se propageant alors au reste des caractéristiques de l'épisode afin de restaurer celui-ci dans son entièreté et de rendre la récupération du contexte associé possible (Hunsaker & Kesner, 2013).

La récupération en mémoire épisodique peut se faire sous plusieurs formes (Roediger & Marsh, 2003). Premièrement, la mémoire de reconnaissance désigne la capacité de correctement identifier un élément préalablement encodé en mémoire (p. ex : reconnaître une personne en rue). En psychologie cognitive, la mémoire de reconnaissance est typiquement évaluée dans des tâches au cours desquelles des participants mémorisent des mots (Gregg, 1976), des paires de mots (Hockley & Consoli, 1999), ou des images (Schloerscheidt, & Rugg, 1997). Deux types de stimuli sont ensuite présentés aux participants : des items

précédemment mémorisés lors de l'encodage (cibles) et des items nouveaux (leurrés). Pour chaque item, il est demandé au participant d'indiquer si celui-ci a été vu précédemment ou non et la performance du participant est évaluée en soustrayant le nombre de fausses alarmes (le nombre d'items leurrés pour lesquels le participant a erronément indiqué qu'il l'avait vu précédemment) au nombre de reconnaissances correctes des cibles (voir Macmillan, 2002; Macmillan, & Creelman, 1991 pour une explication détaillée de la Théorie de détection du signal). Deuxièmement, le rappel libre désigne la capacité de récupérer une information en mémoire grâce à une recherche auto-initiée (p. ex : essayer de se souvenir du prénom d'une personne rencontrée lors du mariage afin de la retrouver sur les réseaux sociaux). Le rappel libre est principalement évalué grâce à des tâches au cours desquelles les participants doivent rappeler oralement des listes de mots précédemment mémorisés ou le contenu de souvenirs personnellement vécus (Roediger & Marsh, 2003). Troisièmement, le rappel indicé désigne la capacité à récupérer une information en mémoire grâce à une recherche activée par un indice externe (se souvenir que la personne rencontrée lors du mariage s'appelait Benoit lorsque vous croisez un ami portant le même prénom). Lors d'une tâche au cours de laquelle les participants ont mémorisé des paires de mots, le rappel indicé désigne une phase de récupération durant laquelle le premier mot de chaque paire est présenté. Il est alors demandé au participant de compléter cette paire avec le mot précédemment associé à l'encodage (Roediger & Marsh, 2003).

Afin de rendre compte des nombreux processus cognitifs impliqués dans la récupération en mémoire épisodique, différents modèles théoriques ont été proposés. Ces modèles théoriques seront abordés dans la section suivante.

1.1.2 Modèles théoriques des processus impliqués dans la récupération en mémoire épisodique

1.1.2.1 La théorie des doubles processus de reconnaissance : recollection et familiarité

Tulving fut le premier à évoquer la possibilité de l'existence de deux types d'expériences mnésiques ou deux formes de conscience lors de la récupération en mémoire épisodique: la conscience auto-noétique ou « Remembering » qui désigne une remémoration associée à la capacité à revivre un événement et à voyager mentalement dans le passé et la conscience noétique ou « Knowing » qui correspond à une reconnaissance d'un événement passé mais sans expérience consciente de remémoration de soi dans le passé (Tulving, 1985). De plus en plus de théories ont par la suite appuyé l'idée selon laquelle la reconnaissance d'un élément précédemment encodé en mémoire pouvait se faire grâce à deux processus indépendants (Gardiner, 1988) : la familiarité et la recollection (voir Besson, Ceccaldi, & Barbeau, 2012 pour une revue sur le sujet). La familiarité désigne un processus de reconnaissance durant lequel un item est reconnu comme ayant été précédemment encodé en mémoire sans toutefois qu'il soit possible de récupérer des détails contextuels relatifs à cet encodage (Mandler, 1980; Yonelinas, 1994, 1997, 2001, 2002). Par exemple, vous expérimentez la familiarité lorsque vous croisez une personne en rue, que vous savez que vous l'avez déjà préalablement rencontrée mais que vous êtes incapable de vous souvenir de son prénom ni de l'endroit où vous l'avez rencontrée. La recollection correspond quant à elle à un processus de reconnaissance durant lequel des détails contextuels et qualitatifs (une pensée ou une image mentale) relatifs à l'encodage de l'élément récupéré en mémoire sont réactivés et ramenés à la conscience (Yonelinas, 2002). Par exemple, la recollection intervient dans le cas où, lorsque vous apercevez cette personne en rue, vous êtes capable de vous souvenir qu'elle s'appelle Benoit et que vous l'avez rencontrée au mariage de votre ami Pascal.

Selon le point de vue théorique dominant, la recollection et la familiarité sont deux processus indépendants qui peuvent contribuer à l'expérience mnésique en parallèle. Ces deux mécanismes sont toutefois différents en de nombreux points. Ainsi, la familiarité est un processus rapide (se déclenchant environ 300 ms après la présentation du stimulus) tandis que la recollection est un processus plus « lent » (500 ms) (Curran & Cleary, 2003; Woodruff, Hayama, & Rugg, 2006). De plus, la recollection est un processus plutôt contrôlé tandis que la familiarité est un processus qui se met davantage en place automatiquement (Yonelinas, 2002).

Alors que la reconnaissance semble être sous-tendue par les deux processus, le rappel indicé et le rappel libre impliquent des mécanismes plus proches de la recollection (Montaldi & Mayes, 2010). En effet, se souvenir du mot associé à l'indice dans une tâche de rappel indicé ou l'initiation contrôlée d'une recherche en mémoire lors du rappel libre nécessitent la récupération du contexte d'encodage de l'item, une caractéristique propre aux processus de recollection.

1.1.2.2 Le cadre théorique du monitoring de source

Le terme « source » désigne une série de caractéristiques qui permettent de spécifier les conditions dans lesquelles un élément a été préalablement rencontré ou généré (p. ex : le contexte spatial, temporel ou la modalité de perception) (Johnson, Hashtroudi, & Lindsay, 1993). Le terme « monitoring » renvoie aux processus cognitifs qui sont effectués pour juger de la pertinence, de la qualité et de l'utilité de ces éléments afin de déterminer l'origine d'une expérience mentale (Mitchell, 2017). Ainsi, outre la mémoire épisodique, une expérience mentale peut être attribuée à la perception, à l'imagination, au rêve ou encore à des croyances (Mitchell & Johnson, 2009). Dans le cadre de la mémoire épisodique, le monitoring de source nous permettrait de rassembler différentes informations et caractéristiques d'un événement afin de pouvoir juger la probabilité qu'il ait effectivement été vécu et encodé en mémoire (Johnson et al., 1993). Être capable de spécifier l'origine d'une information en mémoire est fonctionnellement

important. En effet, il vous est probablement déjà arrivé de raconter une histoire ou une blague à quelqu'un et de vous rendre compte que c'est cette même personne qui vous a conté l'histoire une première fois, quelques jours auparavant (Johnson et al., 1993). Le monitoring de source est composé de deux mécanismes distincts : un processus heuristique et un processus systématique. Le premier se réfère à un jugement basé sur des informations qualitatives récupérées en mémoire (« est-ce que cette trace mnésique est suffisamment détaillée ? ») tandis que le second est basé sur un raisonnement plus élaboré utilisant notamment nos connaissances générales (« en considérant ce que je sais déjà, est-ce que cette réponse semble plausible ? ») (Johnson et al., 1993; Johnson & Raye, 1981).

La théorie du monitoring de source partage des similarités avec la théorie des doubles processus de reconnaissance. En effet, le processus heuristique propre au monitoring de source est rapide et relativement automatique, ce qui permet de faire le parallèle avec le processus de familiarité (Yonelinas, 2002). De façon similaire, le processus systématique est un mécanisme plutôt lent et qui requiert un contrôle conscient, des caractéristiques que l'on retrouve également dans le processus de recollection (Yonelinas, 2002). Toutefois, ces deux visions théoriques, bien que comparables sur ces points, divergent sur plusieurs dimensions (Johnson et al., 1993; Mitchell & Johnson, 2009; Yonelinas, 2002). Ainsi, l'heuristique du monitoring de source ne se fonde pas uniquement sur le degré de familiarité ou la force de la trace mais prend également en compte des détails contextuels, ce qui rend la comparaison avec la familiarité moins évidente (Yonelinas, 2002).

1.1.2.3 Fuzzy-trace Theory

La « Fuzzy-trace Theory » est une théorie de la cognition conçue pour expliquer de nombreux phénomènes cognitifs issus de domaines variés : le raisonnement, la mémoire ou certains aspects de la cognition sociale (Brainerd & Reyna, 2001). Plus spécifiquement, elle défend une conception de la mémoire épisodique selon laquelle nos traces mnésiques peuvent être de deux types : une trace « verbatim »

caractérisée par la récupération consciente d'éléments précis d'un événement ; et une trace « gist » qui consiste en une représentation de la signification plutôt que des détails d'un événement, issue de nos connaissances schématiques et sémantiques du monde environnant (Brainerd & Reyna, 2001; Reyna, 2000). Selon cette théorie, les traces gist et verbatim seraient encodées séparément via des processus cognitifs différents et des voies distinctes (Brainerd & Reyna, 2001). De façon similaire, la récupération des deux types de traces serait indépendante, si bien qu'il soit possible de récupérer la signification d'un événement sans que les détails ne soient ramenés à la conscience. Lors d'une tâche de reconnaissance, les réponses correctes sont considérées comme étant basées tant sur le verbatim que sur le gist (par exemple, si dans une liste de mots précédemment étudiés figurait le mot « pomme », se souvenir du mot exact ou se rappeler qu'il y avait un fruit dans la liste permet d'identifier correctement ce mot lors de sa présentation à la récupération), tandis que les fausses alarmes sont plutôt causées par une réponse basée sur une trace gist. Par exemple, si un leurre lié sémantiquement à la cible pomme (abricot) est présenté, la trace gist (« il y avait un fruit dans la liste ») n'est plus diagnostique et ne permet pas de répondre correctement (Brainerd & Reyna, 2001). A mesure que le délai entre l'encodage et la récupération augmente, la force de la trace verbatim décline tandis que la trace gist se maintient plus longtemps, ce qui augmente les probabilités de fausse alarme (Brainerd, Reyna, & Brandse, 1995). Bien que conceptuellement distinctes, la théorie des doubles processus de reconnaissance et la Fuzzy trace Theory partagent des similarités. Par exemple, elles conceptualisent chacune les deux mécanismes sous-jacents à la reconnaissance en mémoire (recollection vs. familiarité et verbatim vs. gist) comme ayant une contribution indépendante à la reconnaissance en mémoire (Yonelinas, 2002).

A travers les sections précédentes, le lecteur aura pu se familiariser avec les différentes conceptions théoriques proposées pour rendre compte des

mécanismes cognitifs impliqués dans la récupération en mémoire épisodique. Dans la prochaine section, nous aborderons les types de mesures utilisées pour évaluer la récupération consciente d'informations en mémoire épisodique.

1.1.3 Recollection : un examen détaillé

1.1.3.1 Recollection objective

Dans la lignée de McDonough et ses collaborateurs (2014), nous utilisons le terme de « recollection objective » pour désigner la capacité à récupérer consciemment le contexte d'occurrence et également des détails précis d'un événement passé. Dans le présent travail de thèse, le terme « objectif » est utilisé afin d'indiquer que le participant rapporte les détails concrets, précis et quantifiables de l'événement récupéré en mémoire. L'utilisation du terme « objectif » est également justifiée par le fait que dans de nombreux paradigmes, l'exactitude de ce que le participant rapporte est vérifiable par l'expérimentateur. Le cas des tâches de mémoire de source et de rappel libre pour des stimuli de laboratoire seront abordées de façon détaillée dans les sections ci-après.

1.1.3.1.1 La mémoire de source

Le concept de mémoire de source est issu, comme son nom le laisse sous-entendre, du courant théorique du monitoring de source (Johnson et al., 1993). La mémoire de source désigne la capacité d'un individu à se souvenir de la source/de l'origine d'un élément préalablement encodé en mémoire (Mitchell & Johnson, 2009). Elle est principalement étudiée en laboratoire grâce à des tâches permettant de vérifier la véracité de la source mentionnée par le participant (Besson et al., 2012). Ainsi, typiquement, des items que les participants mémorisent sont présentés dans différents contextes, différentes dispositions ou différentes modalités. A la récupération, des items cibles anciens et des leurres sont présentés et il est demandé aux participants d'indiquer si l'item a été vu précédemment et si oui, de désigner la source associée à l'item lors de l'encodage. Ainsi, il est possible de demander aux participants de déterminer si le mot

correctement reconnu avait été prononcé par une voix d’homme ou de femme (Senkfor & Petten, 1998; Wilding, 1999; Wilding & Rugg, 1996; Yonelinas, 1999), si le mot avait été lu ou écouté (Kelley, Jacoby, & Hollingshead, 1989), si l’item avait été étudié sur un fond rouge ou vert (Cycowicz, Friedman, Gay, & Duff, 2001; Diana, Boom, Yonelinas, & Ranganath, 2010) ou si celui-ci avait été présenté à gauche ou à droite de l’écran (Yonelinas, 1999). Ce type de tâche fait directement appel au processus de « binding » brièvement défini précédemment, puisque ce mécanisme permet d’associer un élément à son contexte afin d’encoder une représentation unie en mémoire (Chalfonte & Johnson, 1996; Mitchell & Johnson, 2009).

La mémoire de source, bien que permettant une mesure contrôlée de la capacité à récupérer des détails contextuels d’un événement, présente le désavantage qu’elle « oblige » le participant à récupérer un type de détail contextuel particulier (par exemple, la couleur du fond d’écran présenté derrière un item (Cycowicz et al., 2001)) alors que celui-ci pourrait se souvenir d’autres types d’informations non évaluées par la tâche (p. ex : une pensée liée à l’item lors de l’encodage).

1.1.3.1.2 Le rappel libre

Lors du rappel libre, le participant initie par lui-même la recherche en mémoire afin de ramener les éléments cibles à la conscience, la nature de ces derniers variant selon le type de tâche.

Premièrement, une forme de rappel libre au cours de laquelle les participants doivent rappeler une liste de mots précédemment mémorisée a été très fréquemment utilisée dans les premières études sur la mémoire épisodique (Gardiner & Ramponi, 1976; Murdoch, Lissner, & Marvin, 1962). Ce type de rappel ne fera toutefois pas l’objet d’une étude approfondie dans ce travail de thèse.

Deuxièmement, dans le rappel autobiographique, les participants sont invités à rapporter verbalement tout ce dont ils se souviennent lorsqu’ils se remémorent un

souvenir de leur vie personnelle. La mémoire autobiographique désigne les souvenirs épisodiques d'événements personnellement vécus ainsi que les connaissances personnelles propres à chacun qui façonnent notre identité (Conway, 2001, 2009; Conway & Pleydell-Pearce, 2000). De façon plus concrète, cette tâche de rappel libre prend la forme d'un interview autobiographique au cours duquel le rappel de souvenirs personnels est suscité sur base d'indices (Levine, Svoboda, Hay, Winocur, & Moscovitch, 2002). Ces indices peuvent désigner une période temporelle précise (la semaine dernière, le mois dernier, l'année dernière, il y a plus de 10 ans...), un type d'événement (p. ex., un voyage, Piolino et al., 2003), une valence émotionnelle particulière (positive ou négative; Williams & Broadbent, 1986) ou un événement revêtant une importance particulière (souvenir important vis-à-vis de l'identité du participant ; Grysman, Merrill, & Fivush, 2017). Lorsque le participant a identifié le souvenir en mémoire, il tente de s'en souvenir de la façon la plus détaillée possible et il verbalise ce dont il se souvient. Ce rappel libre est généralement enregistré et retranscrit. Afin d'évaluer la richesse ou l'importance du rappel, le contenu de celui-ci peut être codé selon différentes approches. Une première approche consiste à déterminer le degré de spécificité de l'événement en lui attribuant une note de 1 à 3 (Kopelman, 1994). La spécificité d'un événement se définit comme le degré de précision du contexte spatio-temporel dans lequel l'élément s'inscrit (Conway, 2009; Kopelman, 1994). Une note de 1 renvoie à un souvenir très peu spécifique (« quand je me rendais à l'école lorsque j'étais enfant... ») tandis qu'une note de 3 désigne un souvenir bien localisé dans le temps et dans l'espace (« un jour lorsque j'avais 12 ans, dans la maison de mon grand-père... ») (Kopelman, 1994). Une seconde approche consiste à déterminer le nombre de détails épisodiques et sémantiques contenus dans l'événement rappelé. Chaque détail/élément rappelé par le participant est ainsi comptabilisé et classé dans une catégorie. Ces catégories comprennent : les sous-événements (« il est arrivé »), les informations temporelles (« c'était l'après-midi »), les informations spatiales (« à gauche dans la pièce »), les

informations perceptives (« nous étions assis ») et les pensées (« je me suis demandé ce qu'il faisait là ») (Levine et al., 2002). Dans ce cas, les détails sémantiques se réfèrent aux ajouts réalisés par le participant au moment du rappel mais qui ne se rapportent pas directement aux faits énoncés (les répétitions ou les ajouts d'anecdotes) (Levine et al., 2002).

Enfin, un dernier type de tâche de rappel libre concerne le rappel de détails issus de stimuli de laboratoire comme des images ou des vidéos. Par exemple, si le matériel de laboratoire consiste en des vidéos (Bird, Keidel, Ing, Horner, & Burgess, 2015; Grilli et al., 2019), les participants visionnent les vidéos puis, après un intervalle de rétention plus ou moins important, rappellent le contenu de chaque vidéo sur base d'un indice relatif au contenu de celle-ci. Ce contenu peut ensuite être décortiqué et les détails des vidéos remémorés peuvent être codés dans différentes catégories et comptabilisés. Par rapport aux souvenirs rapportés dans des tâches de mémoire autobiographique, les souvenirs épisodiques pour des images ou des vidéos présentent l'avantage que leur exactitude peut être vérifiée lors de la codification des détails en évaluant si chaque détail rappelé est effectivement représenté sur une image ou dans une vidéo (Grilli et al., 2019).

En résumé, la recollection dite « objective » peut être mesurée grâce à des paradigmes de mémoire de source ou des tâches de rappel libre pour des stimuli de laboratoire ou des événements autobiographiques. Dans la prochaine section, nous examinerons dans quelle mesure la performance à ces tâches peut être indirectement influencée par le fonctionnement exécutif des participants.

1.1.3.1.3 Recollection objective et fonctions exécutives

Les fonctions exécutives désignent un ensemble de fonctions cognitives dites « supérieures » impliquées dans la planification et la régulation de fonctions cognitives de plus bas niveau, permettant ainsi l'adaptation du sujet à des situations nouvelles ou complexes (Allain et al., 2004; Alvarez & Emory, 2006; Miyake et al., 2000). Dans le présent travail, nous nous limiterons délibérément à

l'étude de trois grandes fonctions exécutives (Miyake et al., 2000) : 1) la flexibilité qui désigne la capacité de passer d'une tâche à une autre; 2) la mise à jour et le maintien d'informations en mémoire de travail ; 3) l'inhibition d'une réponse dominante. Ces différents processus exécutifs sont impliqués dans les mécanismes de recollection objective.

Les tâches de mémoire de source requièrent la mise en place des fonctions exécutives afin de pouvoir initier la recherche en mémoire du contexte d'encodage et la mener à terme (Johnson et al., 1993). Plusieurs études de mémoire de source conduites avec des patients souffrant de lésions frontales vont dans ce sens. Par exemple, les patients souffrant de lésions du lobe frontal commettant plus d'erreurs de dénomination de la source que les participants contrôles (Janowsky, Shimamura, & Squire, 1989). De façon similaire, les patients amnésiques obtenant les scores les plus élevés à des tests neuropsychologiques évaluant les fonctions exécutives sont aussi ceux qui obtiennent les meilleures performances dans les tâches en mémoire de source (Schacter, Harbluk, & McLachlan, 1984).

Le rappel libre requiert également la mise en place de stratégies ainsi que d'une recherche active afin de récupérer les éléments préalablement encodés en mémoire. Typiquement, les patients avec des lésions frontales montrent des performances réduites en rappel libre de mots par rapport au groupe contrôle (Gershberg & Shimamura, 1995; Jetter, Poser, Freeman, & Markowitsch, 1986), alors que les performances des deux groupes ne diffèrent pas en ce qui concerne la reconnaissance de ces mêmes mots (Wheeler, Stuss, & Tulving, 1995). De la même manière, les patients souffrant de lésions frontales éprouvent des difficultés à se souvenir d'événements personnellement vécus dans des tâches de mémoire autobiographique (Della Sala, Laiacona, Spinnler, & Trivelli, 1993; Mangels, Gershberg, Shimamura, & Knight, 1996). Enfin, la production de souvenirs autobiographiques spécifiques est associée à un meilleur fonctionnement exécutif chez des jeunes adultes (Guler & Mackovichova, 2019).

Prises ensembles, ces études soulignent que la capacité d'un participant à récupérer des informations épisodiques telles que la source d'un événement ou des détails précis le concernant est donc, au moins partiellement, liée au degré de développement/d'intégrité de son fonctionnement exécutif. Le rôle du fonctionnement exécutif dans les mesures de recollection objective revêt une importance particulière pour l'étude de la mémoire épisodique dans le vieillissement normal et fera donc l'objet d'une présentation approfondie dans le second chapitre de notre introduction.

1.1.3.1.4 Un mot sur la compression temporelle des souvenirs en mémoire épisodique

Le matériel de laboratoire utilisé pour évaluer la mémoire tel que des listes de mots et d'images, bien qu'offrant un contrôle important, est souvent dénué de structure temporelle (Jeunehomme, Folville, Stawarczyk, Van der Linden, & D'Argembeau, 2018). En revanche, lorsque nous nous remémorons un événement de notre vie personnelle, nous ne récupérons pas une image statique en mémoire mais plutôt une représentation dynamique. Cette représentation n'a toutefois pas une durée équivalente à la durée initiale de l'événement. Par exemple, lorsque nous nous remémorons un trajet entre deux lieux ou le déroulement d'un épisode d'une série télévisée, notre reviviscence mentale est généralement plus courte que la durée initiale de l'évènement (Arnold, Iaria, & Ekstrom, 2016; Chen et al., 2017). Ces données suggèrent que nos expériences sont compressées en mémoire épisodique, de sorte que la remémoration d'un événement ne coïncide pas avec la durée de son déroulement initial (Wang & Gennari, 2019).

Plusieurs études ont récemment examiné comment ce phénomène de compression temporelle opérait en mémoire épisodique pour des souvenirs de la vie réelle (Jeunehomme & D'Argembeau, 2019b; Jeunehomme et al., 2018). Dans une de ces études, des participants jeunes effectuaient à un parcours sur un campus universitaire. Lors de ce parcours, ils réalisaient des actions prédéfinies

(telles qu'acheter un journal, poster une lettre ou acheter une boisson) et portaient un appareil photographique autour du cou (Autographer) qui prenait des photos automatiquement à intervalles réguliers sans que le participant n'ait à s'en soucier. Lorsque les participants revenaient au local d'expérimentation, une tâche de mémoire surprise leur était administrée. Au cours de celle-ci, les participants devaient tout d'abord revivre mentalement certaines parties du parcours (p. ex : « acheter le journal dans la librairie »). Grâce à l'enregistrement du moment de prise de vue des photos durant le parcours, les auteurs purent comparer le temps mis pour réaliser l'action (« acheter le journal dans la librairie ») au temps mis pour la revivre. Ils ont mis en évidence que le temps mis pour revivre mentalement les parties du parcours était environ 8 fois plus court que le temps mis pour les vivre réellement (Jeunehomme & D'Argembeau, 2019b). Lors de la tâche de mémoire, les participants devaient ensuite rappeler oralement un maximum de détails relatifs au déroulement de l'événement mentalement revécu. Les résultats ont montré que les participants se souvenaient de moments d'expériences séparés par des écarts temporels (Jeunehomme & D'Argembeau, 2019b; Jeunehomme et al., 2018). Par exemple, pour la section de l'achat du journal dans la librairie, un participant se souvenait du moment où il est entré dans la librairie, du moment où il a regardé les journaux, du moment où il a pris un journal, du moment où il l'a payé et du moment où il est ressorti. Ces moments d'expérience étaient eux-mêmes plus ou moins détaillés et contenaient différents types de composants (p. ex : des personnes, des objets, des actions, des détails perceptifs...). Les données ont montré que les taux de compression temporelle étaient prédits par la densité des moments d'expérience récupérés en mémoire (Jeunehomme & D'Argembeau, 2019b). Autrement dit, le degré de compression d'un souvenir en mémoire est directement lié à la distance séparant les moments d'expérience récupérés en mémoire : plus les différents moments sont espacés, plus le souvenir sera compressé et donc revécu rapidement par rapport à sa durée réelle.

Par rapport aux souvenirs de laboratoire, les souvenirs de la vie réelle ont donc une dimension temporelle qui détermine non seulement la façon dont les détails objectifs sont récupérés mais qui, comme nous le verrons plus tard, joue également un rôle dans l'expérience subjective en mémoire.

Dans les sections précédentes, nous avons décrit les différentes façons de mesurer la recollection de façon « objective ». Il en ressort que la recollection objective désigne une mesure de la capacité d'un individu à récupérer des détails précis d'un événement passé ou à se remémorer le contexte dans lequel cet événement s'inscrit. Le terme « objectif » prend particulièrement sens dans les paradigmes permettant de vérifier la véracité et l'exactitude des souvenirs rapportés tels que les paradigmes de mémoire de source ou les tâches de rappel libre pour du matériel de laboratoire. Dans la prochaine section, nous examinerons les mesures de recollection « subjective » qui impliquent des jugements introspectifs réalisés par les participants.

1.1.3.2 La recollection subjective

« The history of the study of memory has been a dramatic roller coaster ride from the position that the only interesting aspects of memory are those that are consciously experienced to a position that denied or ignored any consciously experienced aspect of memory. However, now there is a small, (and I hope) growing group of researchers who think that the proper study of memory includes a treatment of memory in terms of both behaviour and conscious experience » (Brewer, 1992, p. 36).

Dans le courant des années 70 et 80, l'étude de la mémoire au moyen de tâches fournissant des mesures de performance (p. ex : taux de reconnaissances correctes, nombre de mots correctement rappelés ou nombre de détails dans un souvenir) s'opposait à un champ d'étude, presque philosophique, qui étudiait la nature de nos expériences phénoménologiques et des expériences mentales subjectives qui accompagnent la récupération en mémoire d'un événement

(Brewer, 1999). Toutefois, il s'est très rapidement avéré que les mesures objectives et l'expérience phénoménologique de la mémoire épisodique se devaient de se compléter afin de pouvoir mieux appréhender le phénomène de récupération consciente en mémoire.

Ainsi, la recollection subjective désigne l'expérience consciente, phénoménologique, qui accompagne la récupération d'un événement en mémoire. Le terme « subjectif » renvoie au fait que la présence, l'absence ou l'intensité de la recollection est dépendante du jugement généré par le participant. De ce fait, et contrairement aux paradigmes de recollection objective dans lesquels il est demandé au participant de verbaliser ce qu'il est capable de récupérer en mémoire, les mesures de recollection subjective sont basées sur un jugement introspectif et auto-généré. Les différents types de jugements subjectifs seront, à l'instar des mesures de recollection objective, discutés en regard des théories des doubles processus de reconnaissance et du monitoring de source dans les prochaines sections.

1.1.3.2.1 L'expérience phénoménologique

On retrouve des mentions de l'expérience phénoménologique qui accompagne la récupération en mémoire dans des textes de la littérature philosophique du début du XXème siècle (voir Brewer, 1999 pour une synthèse sur la thématique). Par exemple, Husserl, dans son ouvrage, *Sur la phénoménologie de la conscience intime du temps*, décrit la phénoménologie comme l'étude des phénomènes reçus à la conscience (Eustache, 2010). Très rapidement, les philosophes se sont intéressés à l'expérience phénoménologique associée à la remémoration du passé en examinant le contenu de leurs propres introspections. Par exemple, Russel (1921), Malcolm (1963) et Smith (1966) cités par Brewer (1999) soulignent l'importance des images mentales dans la remémoration d'événements passés.

A travers les essais de ces différents philosophes, certaines caractéristiques récurrentes semblent définir l'expérience phénoménologique d'un souvenir et sont recensées par Brewer (1999) :

- 1- L'imagerie d'un souvenir est plus obscure, moins claire que la perception consciente.
- 2- Par rapport à la perception, l'imagerie est plus floue, « comme si on regardait à travers une vitre gelée ».
- 3- L'imagerie associée à la remémoration d'un événement est simplifiée et schématique par rapport à ce que l'on perçoit.
- 4- Les couleurs de l'imagerie sont moins saturées et plus « délavées ».
- 5- La taille de l'image récupérée en mémoire est souvent de taille comparable à la taille de la fenêtre visuelle à travers laquelle nous percevons consciemment.
- 6- Le centre d'une image mentale contient souvent une zone vide.
- 7- L'image mentale peut venir avec le même point de vue que lors de la perception initiale ou parfois avec une vue de l'extérieur.
- 8- L'image mentale est instable et vacillante.

Ces différentes caractéristiques concernent principalement les aspects visuels globaux de la phénoménologie d'un souvenir. Toutefois, se souvenir du passé implique de récupérer non seulement une image visuelle globale mais également des aspects plus précis comme des odeurs, des sensations tactiles ou des pensées et des émotions. L'expérience subjective associée à un souvenir est également déterminée par des aspects propres à la récupération comme l'intensité de l'effort investi ou le type de stratégie engagée. Afin de prendre en compte ces différents aspects liés à la remémoration de souvenirs épisodiques, Larsen (1998) distingue trois classes de qualités subjectives relatives aux souvenirs. Ainsi, il propose de distinguer : le *contenu*, l'*apparence* et le *processus*. Selon Larsen, le *contenu* est exclusivement relié à l'expérience mnésique passée. Plus spécifiquement, il

concerne ce qui constitue le souvenir même et renvoie aux aspects perceptifs tels que les dimensions visuelles, tactiles ou olfactives du souvenir mais également les aspects « réfléchitifs » tels que les pensées, les intentions, les émotions et la localisation temporelle (voir table 1). L'*apparence* concerne l'expérience présente et elle est en partie basée sur la trace mnésique passée mais renvoie à des qualités du souvenir qui sont propres à la récupération (Larsen, 1998). Ainsi, l'apparence de surface qui désigne la vivacité, la clarté, la richesse des détails d'un souvenir se distingue de l'apparence de croyance qui renvoie à la distance subjective dans le passé, à la familiarité avec le souvenir mais également à la confiance qui s'y rapporte. Enfin, le *processus* est exclusivement relatif au présent et concerne l'évaluation des processus cognitifs mis en place pour le *contenu* et l'*apparence*. Il désigne l'expérience consciente relative à la recherche en mémoire : l'effort ou la facilité de récupération, la stratégie utilisée ou encore le degré de reconstruction ou d'inférence lors de la remémoration.

Le contenu perceptif	<p>Visuel : spatial, perspective, couleur, contexte, mouvement</p> <p>Auditif : niveau, timbre, intensité</p> <p>Olfactif</p> <p>Gustatif</p> <p>Tactile</p> <p>Kinesthésique</p> <p>Somatique</p> <p>Ordre/durée</p>
Le contenu « Réflexif »	<p>Pensées, significations</p> <p>Plans, intentions, causalités</p> <p>Evaluations, préférences</p> <p>Emotions, humeur</p> <p>Conscience de soi</p> <p>Localisation temporelle</p>
L'apparence de surface	<p>Vivacité, clarté</p> <p>Richesse des détails</p> <p>Cohérence</p> <p>Stabilité de l'image</p>
L'apparence de croyance	<p>Distance dans le passé</p> <p>Remember/Know</p> <p>Confiance</p>
Le Processus	<p>Fluence du processus</p> <p>Effort de récupération et accessibilité</p> <p>Stratégie de récupération</p> <p>Volontaire/involontaire</p> <p>Reconstruction, inférences</p>

Table 1. Catégories et sous-catégories des qualités d'un souvenir épisodique (adapté de Larsen, 1998).

Dans le présent travail de thèse, l'attention sera focalisée sur l'apparence de l'expérience phénoménologique. Plus spécifiquement, les prochaines sections détailleront les mécanismes cognitifs sous-tendant l'apparence de croyance (Remember/Know) mais également, et principalement, l'apparence de surface (vivacité, clarté et richesse des détails).

Le paradigme Remember/Know/Guess (RKG)

Le paradigme Remember/Know est directement issu de la théorie des doubles processus de reconnaissance (Gardiner & Java, 1990; Gardiner & Parkin, 1990). Dans ce paradigme, les réponses Remember et Know, reflétant respectivement la recollection et la familiarité, sont générées par les participants eux-mêmes selon la nature de leur expérience mnésique. Lors d'une tâche de reconnaissance, les participants discriminent des items anciens précédemment encodés et des items nouveaux. Lorsqu'ils reconnaissent un item ancien, il leur est demandé de choisir parmi les réponses Remember et Know afin de déterminer si cette reconnaissance est basée sur de la recollection ou de la familiarité. Ce jugement introspectif est donc purement subjectif. Dans certains cas, les jugements Remember et Know sont complétés par un jugement Guess (Gardiner, Ramponi, & Richardson-Klavehn, 1998), sensé refléter une réponse émise « au hasard » ; on parle alors du paradigme Remember/Know/Guess (RKG), très fréquemment utilisé dans la littérature sur la mémoire épisodique (Gardiner, Ramponi, & Richardson-Klavehn, 2002; Yonelinas, 2002).

Le Memory Characteristics Questionnaire (MCQ)

Afin d'évaluer l'ensemble des dimensions phénoménologiques associées à la remémoration d'un événement passé, Johnson et collaborateurs (1988) ont développé un questionnaire composé de 39 items. Ces items évaluent différentes dimensions d'un souvenir telles que les détails visuels, la complexité du souvenir, les informations spatiales et temporelles ou encore les sensations ressenties

(Johnson et al., 1988). Pour répondre à chaque item, les sujets utilisent des échelles de Likert (Likert, 1932), s'échelonnant de 1 (vague) à 7 (très clair).

Dans leur étude initiale visant à valider l'utilisation de ce questionnaire, Johnson et al. (1988) demandaient à des participants jeunes de récupérer des événements réels personnellement vécus (p. ex : une visite chez le dentiste) et des événements imaginés (p. ex : un rêve) afin d'en évaluer les caractéristiques phénoménologiques grâce au MCQ. Il s'est avéré que les souvenirs d'événements réellement vécus étaient évalués comme contenant plus de détails visuels, olfactifs, gustatifs et auditifs que les souvenirs d'événements imaginés (Johnson et al., 1988). Par rapport aux rêves, les souvenirs d'événements réels étaient également jugés comme plus réalistes et l'agencement spatial des personnes et des objets présents était plus clair. A l'opposé, les événements imaginés étaient jugés comme plus complexes et intenses (Johnson et al., 1988). Ils étaient également jugés comme ayant plus d'implication personnelle pour le sujet et ils avaient été ressassés plus de fois que les souvenirs d'événements réellement vécus. De façon similaire, les souvenirs réels récents étaient jugés comme plus détaillés, plus vivaces et plus clairs concernant l'arrangement spatial des différents éléments que les souvenirs d'enfance (Johnson et al., 1988). Ainsi, ce questionnaire permet d'évaluer dans quelle mesure différentes dimensions de l'expérience phénoménologique peuvent différer entre différents types de représentations mentales qu'elles soient de nature mnésique ou non. Ce questionnaire a depuis été utilisé pour investiguer l'expérience phénoménologique de participants jeunes, en contrastant par exemple : souvenirs plaisants vs. stressants (Destun & Kuiper, 1999); souvenirs positifs vs. négatifs (D'Argembeau, Comblain, & Van der Linden, 2003) ; remémoration du passé vs. projection dans le futur (D'Argembeau & Van der Linden, 2004) ; faux souvenirs vs. souvenirs réels (Mather, Henkel, & Johnson, 1997).

La vivacité

La vivacité, bien qu'elle constitue une des dimensions évaluées par le MCQ, mérite davantage d'élaboration car elle constituera la mesure principale d'intérêt du travail expérimental de ce travail de thèse. Le terme « vivacité » se réfère à ce qui a de la vie, ce qui est vif et intense (Larousse). En psychologie, la vivacité peut être définie comme étant une construction personnelle permettant d'évaluer le degré de richesse et la clarté d'une image mentale par rapport à une expérience de perception consciente (D'Angiulli & Reeves, 2007; Marks, 1973; Mitchell & Johnson, 2009). L'intensité de la vivacité peut donc être évaluée selon que l'image mentale associée ressemble à une représentation mentale directement disponible à la perception et à la conscience (D'Angiulli & Reeves, 2007). Lorsqu'il est demandé à des personnes comment elles définissent la vivacité et ce que cette dernière signifie, notamment lorsqu'elles imaginent un objet, certaines caractéristiques ressortent systématiquement (Cornoldil et al., 1991) : la présence de couleurs, la présence d'un contexte riche, la présence de caractéristiques saillantes et de détails riches ainsi qu'un contour et une forme bien définis. De façon concrète, la vivacité peut être mesurée avec une approche essai par essai qui consiste en des jugements réalisés sur une échelle de Likert destinés à évaluer les caractéristiques subjectives d'une représentation mentale précise (D'Angiulli et al., 2013). Cette représentation peut être une image mentale dénuée de composante épisodique (imaginer un chat) (D'Angiulli & Reeves, 2007; D'Angiulli et al., 2013). Dans ce cas précis, la vivacité est prédite par la clarté du contour et de la forme de l'élément imaginé, ainsi que par la richesse des détails associés (Cornoldil et al., 1991). Un jugement de vivacité peut également se référer à une image mentale d'un événement ou d'un stimulus précédemment encodé en mémoire épisodique (Johnson et al., 1988; Mitchell & Johnson, 2009). Dans ce cas, la vivacité est considérée comme étant basée sur l'image mentale associée au souvenir et donc aux détails contenus dans ce souvenir (Marks, 1973; Mitchell & Johnson, 2009). Plus spécifiquement, une étude récente a révélé que les caractéristiques de bas

niveau de souvenirs pour des images de scènes telles que la luminosité ou la brillance étaient des bons prédicteurs de la vivacité d'une représentation mentale pour cette même image (Cooper, Kensinger, & Ritchey, 2019).

Toutefois, ces données sont issues de tâches utilisant des stimuli de laboratoire. Il est probable qu'un jugement de vivacité relatif à un souvenir autobiographique, bien qu'il partage des similitudes avec les jugements de vivacité pour des stimuli discrets, soit déterminé par d'autres facteurs propres aux souvenirs de la vie réelle, comme suggéré par Rubin, Deffler et Umanath (2019). Ces auteurs ont invité des participants jeunes à récupérer des souvenirs sur base d'indices et à remplir les différentes échelles de l'Autobiographical Memory Questionnaire (AMQ) (Rubin, Schrauf, & Greenberg, 2003), une variante du MCQ. Grâce à des équations structurelles, les auteurs ont mis en évidence que les jugements concernant l'agencement et la disposition spatiale des éléments prédisaient de façon importante la vivacité, ce qui n'était pas le cas des échelles sur le contenu (actions, personnes et objets impliqués) de la représentation en mémoire. Ces données suggèrent donc que le sentiment subjectif de se souvenir avec vivacité d'un événement autobiographique est déterminé, au moins en partie, par la capacité à récupérer une représentation mentale bien localisée dans l'espace (Rubin et al., 2019; Rubin & Umanath, 2015). En outre, la vivacité pour des événements personnellement vécus est également influencée par des caractéristiques propres au souvenir : l'intensité de l'émotion de ce dernier (Reisberg, Heuer, Mclean, & O'shaughnessy, 1988), l'intervalle entre son encodage et sa récupération (Sutin & Robins, 2007) mais également par des propriétés propres à la tâche de mémoire : indices hautement vs. faiblement imageables (Williams, Healy, & Ellis, 1999) ou propres au participant : son origine ethnique (les personnes d'origine caucasienne émettent des jugements de vivacité plus élevés que les personnes d'origine asiatique, Sutin & Robins, 2007).

Dans leur étude sur la compression temporelle, Jeunehomme et D'Argembeau (2019) ont montré que le sentiment de revivre un événement personnellement vécu était prédit par la densité des unités d'expérience qui représentent le déroulement de l'événement (c'est-à-dire la quantité d'unités d'expérience par unité de temps) tandis que le niveau de détail de ces unités (les actions, personnes, objets...) ne prédisaient pas ce sentiment subjectif. Les auteurs suggèrent donc que le sentiment subjectif de revivre un événement est lié à la structure temporelle de l'événement plutôt qu'à son niveau de détail ou de richesse. Ce résultat est cohérent avec les résultats de l'étude de Habermas et Diel (2013), qui a révélé que la vivacité d'un souvenir était prédite par la qualité narrative d'un récit (c'est-à-dire la mesure dans laquelle les événements composant un souvenir étaient décrits de façon séquentielle) plutôt que par sa richesse ou sa spécificité. Il semble donc que la vivacité subjective associée à la remémoration d'un événement complexe doté d'une dynamique temporelle soit prédite par d'autres aspects que les détails visuels, par contraste avec les déterminants de la vivacité d'un objet ou d'un stimulus de laboratoire.

Dans les sections qui suivent, les mécanismes cognitifs impliqués dans l'élaboration des jugements subjectifs tels que la vivacité seront abordés.

1.1.3.2.2 Vivacité et imagerie mentale

Comme le suggèrent les études décrites dans la section précédente, un jugement de vivacité est partiellement basé sur une image mentale récupérée en mémoire et ramenée à la conscience, à partir de laquelle le participant peut déterminer la richesse et la clarté du souvenir associé. Cette image mentale peut être statique comme c'est le cas lors de la remémoration ou de l'imagination d'un objet, ou dynamique comme c'est le cas lors de la remémoration d'un événement réel. De ce fait, la capacité à générer et à maintenir une image mentale claire et précise de l'élément à récupérer en mémoire est donc capitale. Cela a été soulignée dès les années septante (voir Paivio, 1969, 1970 pour des revues de la littérature sur le

sujet) au cours desquelles les premiers questionnaires permettant d'évaluer les capacités d'imagerie mentale sont apparus. Parmi ceux-ci, le Vividness of Visual Imagery Questionnaire (VVIQ) (Marks, 1973) est un questionnaire composé de plusieurs items que le participant doit imaginer (un ami, un magasin, un paysage...). Plusieurs aspects de chaque item sont testés séparément. Ainsi, pour l'item « magasin », il est demandé au participant de visualiser le magasin globalement comme s'il se trouvait de l'autre côté de la rue; de visualiser la vitrine et les articles vendus ; de visualiser la porte d'entrée et de visualiser le serveur/caissier. Pour chaque aspect décrit ci-dessus, le participant est invité à évaluer la richesse de sa représentation mentale sur une échelle de 1 (aucune image n'est visible) à 5 (l'image est parfaitement nette, aussi précise et vivace que la perception consciente). Les jugements de chaque échelle sont additionnés et le sujet obtient un score reflétant ses capacités d'imagerie mentale (Marks, 1973). Dans l'étude menée initialement pour valider l'utilisation de ce questionnaire, des participants mémorisaient des agencements de dessins et devaient par après, sur base de leur souvenir, répondre à des questions précises sur les dessins représentés (Marks, 1973). Sur base du questionnaire d'imagerie mentale, les participants avaient préalablement été divisés en deux sous-groupes de « haute capacité d'imagerie » et de « faible capacité d'imagerie ». Il est ressorti de cette étude que les participants à haute capacité d'imagerie obtenaient non seulement des meilleures performances à la tâche de remémoration mais qu'ils émettaient également des jugements de vivacité plus élevés que les participants à faibles capacités d'imagerie (Marks, 1973; voir aussi Keogh & Markham, 1998 pour une autre application de ce questionnaire dans une tâche de mémoire épisodique). Ces résultats suggèrent donc deux choses. Premièrement, il semble que tant les jugements de vivacité que la récupération de détails précis d'un souvenir soient sous-tendus par une représentation prenant la forme d'une image mentale. Deuxièmement, des différences interindividuelles dans la clarté et la richesse de cette représentation mentale peuvent déterminer la capacité d'un individu à

recupérer des souvenirs subjectivement vivaces et objectivement précis et détaillés.

Considérés dans leur ensemble, ces données suggèrent que les capacités d'imagerie mentale d'un participant déterminent en partie l'intensité de l'expérience subjective qu'il rapporte dans une tâche de mémoire. Ceci illustre par conséquent l'importance de prendre en compte les capacités d'imagerie mentale des participants lors de l'étude de l'expérience subjective en mémoire épisodique.

1.1.3.2.3 Recollection subjective et monitoring

Les jugements subjectifs, qu'ils soient de type Remember ou de vivacité, seraient basés sur des détails récupérés en mémoire. Toutefois, il est possible que la récupération d'un faible nombre de détails épisodiques ne soit pas forcément synonyme d'absence de recollection ou de vivacité faible (Kensinger, Addis, & Atapattu, 2011). Pour nous en convaincre, prenons l'exemple de la remémoration de deux voyages en avion ayant lieu dans des contextes différents. Dans le premier cas, nous pourrions nous souvenir du voyage de façon très vivace en étant capable de récupérer des détails précis concernant celui-ci (contexte spatio-temporel, détails visuels, etc.). Dans le deuxième cas, nous éprouverions un sentiment subjectif très fort et vivace de nous souvenir du voyage en avion sans pour autant que nous soyons capable de nous souvenirs de nombreux détails relatifs à cet événement (Kensinger et al., 2011). En réalité, il est possible que notre sentiment subjectif relatif au premier événement soit basé sur les détails visuels et spatiaux que nous sommes capables de récupérer tandis que l'expérience subjective accompagnant la remémoration du deuxième événement est peut-être simplement basée sur le souvenir globalement négatif d'avoir été secoué par des turbulences violentes.

Cet exemple illustre le fait que deux événements distincts peuvent donc recevoir un jugement subjectif d'intensité similaire sans pour autant que le type d'information utilisé pour juger de leur qualité subjective soit le même. Ainsi, un

jugement de vivacité élevé ne reflète pas systématiquement une représentation mentale riche et détaillée de l'événement remémoré. Pour s'en rendre compte, il suffit d'examiner les résultats des études sur le témoignage oculaire montrant que les témoins d'événements à forte teneur émotionnelle peuvent émettre des jugements subjectifs de vivacité très élevés sans pour autant que leur souvenir soit objectivement détaillé et exact (Mather, 2007; Phelps & Sharot, 2008). De façon assez similaire, une étude a montré que la reconnaissance de scènes à valence émotionnelle forte était plus susceptible de se faire sur base de réponses subjectives Remember, reflétant la recollection, que la reconnaissance de scènes neutres, alors que la reconnaissance des scènes émotionnelles était associée à de moins bonnes performances en mémoire de source au sein de la même tâche (Rimmele, Davachi, Petrov, Dougal, & Phelps, 2011). Sur base de ces résultats, nous pouvons conclure deux choses. Premièrement, ces données montrent que dans certaines circonstances, comme lorsque les souvenirs remémorés sont émotionnellement forts, les jugements de vivacité relatifs à ces événements peuvent être basés sur la qualité de certains détails saillants plutôt que sur la quantité de détails récupérés à propos de l'évènement (Phelps & Sharot, 2008). Deuxièmement, il semble que dans certaines circonstances, les mesures de recollection subjective et objective puissent être dissociées (Rimmele et al., 2011).

Comment est déterminé le poids de chaque type d'information dans l'expérience subjective de la remémoration d'un événement ? Le monitoring est considéré comme étant le mécanisme par lequel le poids de chaque type d'information est évalué dans l'élaboration d'un jugement subjectif en mémoire (Johnson et al., 1993). Le monitoring permet par exemple de donner plus d'importance à l'information émotionnelle qu'aux détails perceptifs dans les situations décrites ci-dessus, en adaptant le jugement au contexte dans lequel l'expérience mnésique s'inscrit. Selon les théories du monitoring de source (Johnson et al., 1993), l'exactitude, la rapidité et la précision d'un jugement en mémoire dépendent de la

quantité de détails associés à la trace, de la qualité de ces détails mais également de la qualité du jugement subjectif qui est effectué sur ces détails. Ainsi, il est probable que le poids donné à chaque type de détail épisodique pour l'élaboration d'un jugement subjectif diffère selon que l'expérience mnésique a lieu dans un tribunal pour un témoignage ou lors d'une soirée entre amis (Johnson et al., 1993). Le rôle des processus de monitoring dans l'élaboration d'un jugement subjectif de recollection fera l'objet d'une discussion approfondie dans la section suivante.

Le rôle du monitoring et du contexte dans l'expérience subjective

L'idée brièvement mentionnée dans la section précédente selon laquelle le contexte peut influencer le type d'information utilisée pour générer un jugement subjectif de recollection a été davantage investiguée par Gruppuso, Lindsay et Kelley (1997). Afin qu'il puisse mieux appréhender ce phénomène, il convient de présenter les subtilités méthodologiques des paradigmes utilisés dans ces études au lecteur. Dans l'étude initiale de Gruppuso et ses collaborateurs, des participants jeunes mémorisaient des items présentés dans deux listes distinctes. Dans la première liste (liste 1), les participants encodaient la moitié des items avec un jugement de valeur monétaire (« l'item coûte-t-il de 0 à 10\$, de 10 à 20\$... »), tandis que l'autre moitié était encodée avec un jugement de fréquence (« à quelle fréquence avez-vous rencontré cet item le mois passé ? 0 à 5 fois, 6 à 30 fois... ») (Gruppuso et al., 1997). Les items de la liste 2 étaient tous encodés selon un seul type de jugement (soit le jugement de valeur monétaire, soit le jugement de fréquence). Lors de la phase de reconnaissance, les participants devaient dire « oui » aux items anciens de la liste 2 et rejeter les items nouveaux ainsi que les items anciens de la liste 1. Reconnaître un item mais le rejeter car il a été mémorisé dans la liste 1 requiert la mise en place de la recollection tandis que reconnaître un item de la liste 1 mais ne pas le rejeter se ferait sur base de la familiarité. Les résultats de cette étude ont montré que les items de la liste 1 étaient plus reconnus sur base de la recollection et moins identifiés sur base de la

familiarité lorsqu'ils avaient été encodés avec un jugement différent, plutôt que similaire, par rapport aux items encodés dans la liste 2. Par exemple, l'item « kayak » encodé dans la liste 1 avec le jugement de valeur monétaire était plus susceptible d'être correctement rejeté sur base de la recollection si les items de la liste 2 avaient été mémorisés avec l'autre jugement (de fréquence) plutôt que le même jugement. Ceci peut s'expliquer par le fait que se souvenir que « kayak » a reçu un jugement de valeur monétaire permet de déterminer que celui-ci avait été encodé dans la liste 1 puisque l'ensemble des items de la seconde liste a été encodé avec un jugement de fréquence. De ce fait, cette réponse est associée à de la recollection puisque le contexte de l'encodage a été récupéré. A l'opposé, lorsque les items de la liste 2 ont été également encodés avec le jugement de valeur monétaire, se souvenir que « kayak » a reçu un tel jugement n'est plus diagnostique (utile) pour déterminer dans quelle liste il a été précédemment encodé. Cet item recevra donc une réponse basée sur la familiarité si le participant ne parvient pas à récupérer d'autres détails permettant d'identifier la liste dans lequel le mot a été encodé (Gruppuso et al., 1997). Sur base de ces données, les auteurs concluent que ce qui permet de reconnaître un item, une personne ou un objet sur base de la recollection n'est pas tant la quantité de détails récupérés mais plutôt l'utilité de ces détails pour réaliser le jugement en mémoire et réussir la tâche (Gruppuso et al., 1997).

Ce type de résultat a depuis lors été répliqué grâce à d'autres méthodologies comparables. Ainsi, dans une autre étude, des participants encodaient des mots dans deux listes. Dans une liste, les mots recevaient soit un jugement relevant d'un niveau de traitement de surface (« l'item contient-il la lettre A ? ») ou un jugement de niveau de traitement intermédiaire (« utilisez-vous souvent cet item/objet ? »). Dans l'autre liste, les items recevaient soit un jugement de niveau de traitement profond (« si vous étiez sur une île déserte, emporteriez-vous cet item/objet ? ») ou un jugement de niveau de traitement intermédiaire (« utilisez-vous souvent cet

item/objet ? ») (Bodner & Lindsay, 2003). Lors de la phase de reconnaissance, les participants catégorisaient leurs expériences de remémorations relatives aux mots précédemment visualisés dans les deux listes en réponses Remember ou Know. Les résultats ont montré que la proportion de réponses Remember pour les items ayant reçu un niveau de traitement intermédiaire était plus importante lorsque ces items étaient récupérés avec des items ayant reçu un niveau de traitement de surface plutôt que profond. De plus, le type d'information utilisée pour justifier le jugement Remember (souvenir de la liste d'encodage, pensée émise lors de l'encodage, image visuelle remémorée) changeait également en fonction du contexte dans lequel les items ayant reçu un niveau de traitement intermédiaire étaient remémorés. Les auteurs ont interprété ces résultats comme reflétant le fait que le contexte dans lequel une information est récupérée peut influencer le type d'expérience subjective vécue par le participant. Autrement dit, les critères utilisés par le participant pour déterminer ce à quoi correspondent l'expérience subjective de recollection et de familiarité change en fonction du contexte malgré le fait que le contenu de ce qui est récupéré en mémoire reste le même (Bodner & Lindsay, 2003).

Nous voyons donc que l'expérience subjective en mémoire peut être impactée par le contexte dans lequel l'expérience de remémoration s'inscrit. Par quel mécanisme sous-jacent ce phénomène est-il rendu possible ? Outre les processus de monitoring, le changement de critère concernant un jugement d'expérience subjective selon le contexte de la tâche est également lié aux heuristiques métacognitives que nous allons maintenant décrire.

Le rôle de la métacognition

La métacognition peut se définir comme l'ensemble des croyances et connaissances permettant la régulation et le contrôle de la cognition d'un individu (Flavell, 1979). La métacognition peut être subdivisée en deux composantes : déclarative et procédurale (Fritz, Howie, & Kleitman, 2010). La composante

déclarative renvoie aux connaissances conscientes et explicites des facteurs affectant la performance cognitive tandis que la composante procédurale désigne l'application de la métacognition dans une tâche cognitive telle qu'une tâche de mémoire, ce qui implique la mise en place des processus de monitoring, de contrôle et de régulation mnésique (Fritz et al., 2010).

Parmi les mécanismes métacognitifs, le terme « heuristique » désigne des règles d'inférence basées sur des croyances concernant le fonctionnement cognitif, ces règles pouvant être utilisées pour juger de la qualité de la cognition ou d'une trace mnésique (Ghetti, 2003; Schacter, Israel, & Racine, 1999). Par exemple, il a été montré que les participants à une tâche de mémoire sémantique émettaient des jugements de confiance d'autant plus élevés que l'information (p. ex., une connaissance factuelle : « qui a écrit le roman « Shining » ? ») était récupérée rapidement en mémoire, un phénomène donnant l'impression aux participants qu'ils se souviennent mieux du contenu de cette trace (Kelley & Lindsay, 1993).

Les heuristiques interviennent dans la recollection d'événements passés. Elles prennent la forme d'indices liés à la qualité attendue d'un souvenir qui peuvent être utilisés par les participants pour juger de la qualité d'une trace mnésique ou discriminer un souvenir réel d'un faux souvenir (Dodson & Schacter, 2002). L'heuristique de distinctivité désigne par exemple un mode de réponse lors d'une tâche de mémoire par lequel un participant s'attend à se souvenir de détails clairs et vivaces pour certains types d'items (Dodson & Schacter, 2001, 2002). Ainsi, lorsque deux groupes de participants mémorisaient des items sous forme de mots ou sous forme d'images et devaient ensuite discriminer les items anciens (mots correspondants aux images ou mots précédemment mémorisés) parmi des items nouveaux, les participants ayant mémorisé les items sous forme d'images se basaient sur une heuristique de distinctivité pour discriminer les items anciens des items nouveaux (« je n'ai pas vu cet item sinon je m'en souviendrais, j'aurais une image en mémoire ») (Dodson & Schacter, 2002), contrairement aux participants

ayant étudié les items sous forme de mots. Les participants se basaient donc sur la différence de mémorabilité attendue entre deux types d'items pour réaliser leur décision de reconnaissance. Cette heuristique a depuis été observée dans des tâches de mémoire épisodique utilisant différents types de matériels : items de basse vs. haute fréquence lexicale (Meeks, Knight, Brewer, Cook, & Marsh, 2014) ou des événements plausibles vs. peu plausibles (Ghetti & Alexander, 2004).

McCabe et Balota (2007) suggèrent que les résultats de Bodner & Lindsay (2003) décrits dans la section précédente pourraient être interprétés dans le contexte des heuristiques. Ainsi, selon l'heuristique d'attente, les réponses subjectives de type Remember seront données à des items dépassant un niveau attendu de mémorabilité (McCabe & Balota, 2007). Lorsque dans l'étude de Bodner & Lindsay (2003), les participants encodaient et se remémoraient des items avec un niveau de traitement intermédiaire et de surface, le niveau global de mémorabilité attendue des items ayant reçu un traitement de niveau intermédiaire correspondait à la moyenne des niveaux de mémorabilité des items encodés selon les deux types de jugements (ex., surface = 0.3, intermédiaire = 0.5 → mémorabilité moyenne = 0.4). Lorsque les participants encodaient et se remémoraient des items avec un niveau de traitement intermédiaire et profond, le niveau global de mémorabilité attendue des items ayant reçu un niveau de traitement intermédiaire correspondait à la moyenne des niveaux de mémorabilité des deux types de jugements (ex., profond = 0.7, intermédiaire = 0.5 → mémorabilité moyenne = 0.6). Lorsque les items de niveau de traitement intermédiaire étaient reconnus dans une tâche de mémoire, ceux qui étaient présentés avec des items ayant reçu un niveau de traitement de surface avaient donc un niveau de mémorabilité effectif plus élevé que le niveau de mémorabilité attendu (mémorabilité moyenne attendue $0.4 < 0.5$ mémorabilité des items de niveau de traitement intermédiaires) tandis que ceux présentés aux côtés d'items jugés avec un traitement profond présentaient un niveau de mémorabilité plus bas

que le niveau attendu (mémorabilité moyenne attendue $0.6 > 0.5$ mémorabilité des items de niveau de traitement intermédiaires). En conséquence, le premier type d'item, remémoré avec des items recevant un niveau de traitement de surface, se voyait assigner plus de jugements de type Remember que le deuxième type ayant été remémoré au côté d'items ayant reçu un niveau de traitement profond (McCabe & Balota, 2007). De façon similaire, il a été montré que les taux de réponses Remember de participants jeunes à des questions moyennement difficiles concernant une vidéo vue précédemment étaient plus élevés lorsque ces questions étaient mélangées à/présentées après des questions faciles plutôt que très difficiles (Bodner & Richardson-Champion, 2007). Ce résultat peut s'interpréter de la même façon que ceux des études mentionnées ci-dessus, à savoir que les questions moyennement difficiles dépassent les attentes des participants lorsque ceux-ci viennent de voir des questions faciles mais pas lorsqu'ils viennent de répondre à des questions difficiles (Bodner & Richardson-Champion, 2007; McCabe & Balota, 2007).

En bref, les heuristiques jouent un rôle très important dans la performance des participants à une tâche de mémoire et ils déterminent également en grande partie la qualité de l'expérience subjective vécue par ces mêmes participants. L'expérience subjective en mémoire est donc non seulement déterminée par la quantité d'information récupérée mais également par la façon dont les mécanismes de monitoring et les processus métacognitifs traitent ces informations.

1.1.4 Soubassements cérébraux de la recollection

L'étude des soubassements cérébraux des aspects objectifs et subjectifs de la recollection peut se faire via plusieurs techniques d'imagerie cérébrale. Dans le cadre de ce travail de thèse, nous nous focaliserons sur l'Imagerie par Résonance Magnétique fonctionnelle (IRMf). Avant d'entrer dans le vif du sujet, il convient de

présenter brièvement les principes généraux de l'IRMf ainsi que les différentes approches et techniques utilisées dans la littérature sur la mémoire épisodique.

1.1.4.1 L'Imagerie par Résonance Magnétique Fonctionnelle (IRMf)

L'Imagerie par Résonance Magnétique fonctionnelle est une technique permettant l'étude du fonctionnement du cerveau sur base des variations hémodynamiques observées lors de la réalisation d'une tâche dans le scanner (Kastler & Vetter, 2018). Concrètement, lors de la réalisation d'une tâche cognitive, l'augmentation de l'activité cérébrale dans les régions impliquées dans la tâche entraîne une augmentation de la consommation d'oxygène. Cette augmentation de la consommation d'oxygène est compensée par un afflux de sang oxygéné dans la région concernée, ce qui amène progressivement à une diminution du taux de désoxyhémoglobine (hémoglobine dont l'oxygène a été consommé) qui est le signal principal mesuré (signal BOLD) (Kastler & Vetter, 2018). L'analyse de l'activité cérébrale repose donc sur une réponse consécutive aux changements paramagnétiques du sang lors de l'afflux d'hémoglobine oxygénée. Cette réponse est capturée grâce à des changements de gradients survenant dans le champ magnétique de l'aimant constituant le scanner IRM. Ces changements de gradients permettent d'obtenir des images du cerveau. Ces images doivent être pré-traitées avant de pouvoir être analysées et passent donc par plusieurs étapes : le réaligement, le lissage et la normalisation (Kastler & Vetter, 2018). Ces données pré-traitées peuvent ensuite être utilisées dans différents types d'analyses statistiques. Dans le cadre du présent travail, nous nous focaliserons sur les grands principes des analyses univariées et des techniques multivariées par classificateurs et par analyse de la similarité des représentations.

1.1.4.2 Analyses univariées

Les analyses univariées sont les plus répandues et les plus utilisées dans le domaine de l'IRMf. Celles-ci reposent sur une moyenne du signal BOLD à travers les différents essais d'une tâche (Smith, 2004). Cette moyenne peut être calculée à

différents niveaux : au sein des participants entre deux conditions d'une tâche (par exemple, mémoriser des images de scènes vs. de visages) et/ou entre plusieurs groupes de participants (par exemple, jeunes vs. âgés).

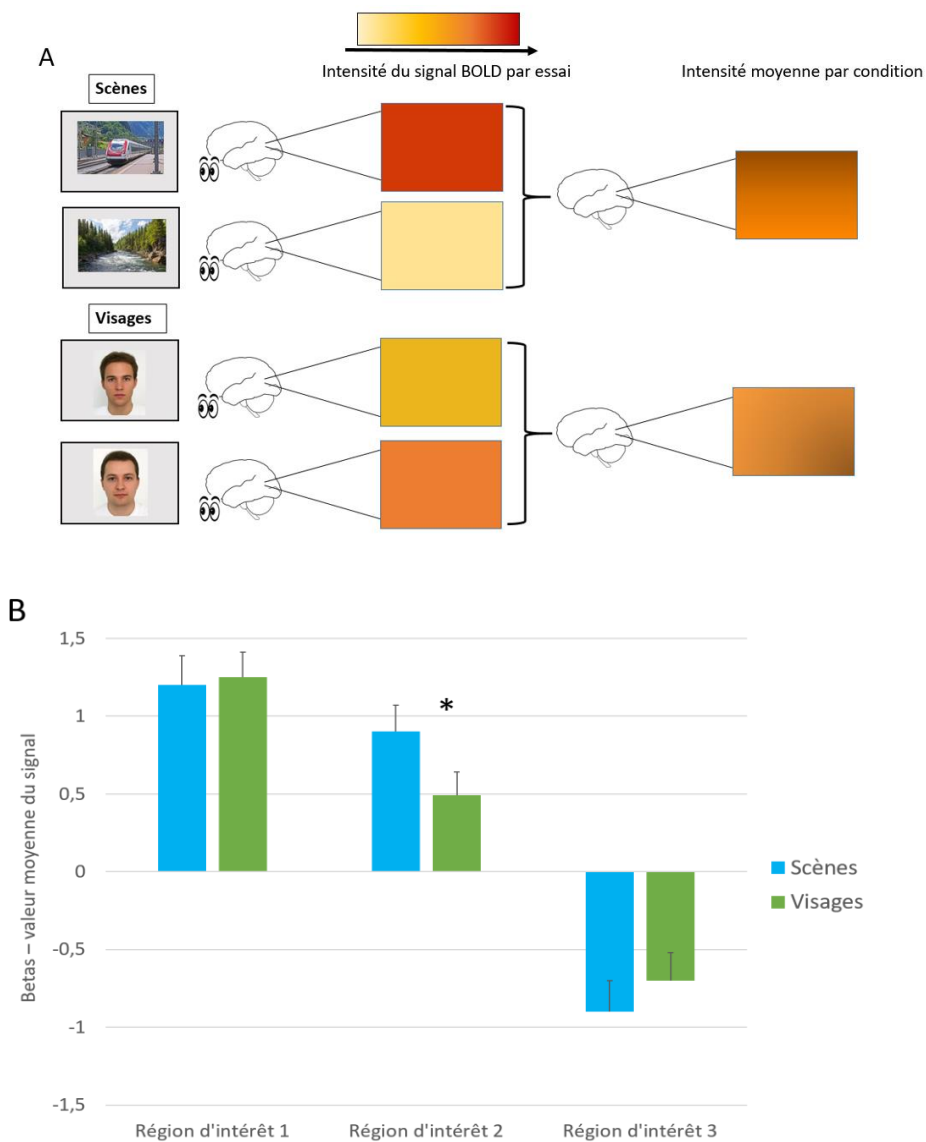


Figure 1. Représentation des grands principes de l'analyse univariée en IRMf (A) et graphique représentant le degré de changement du signal BOLD selon les régions et les conditions (B). * Différence significative.

Afin d'illustrer le principe des analyses univariées, prenons l'exemple d'une tâche de mémoire au cours de laquelle des participants mémorisent des images de scènes et de visages (voir Figure 1). L'intensité du signal BOLD peut être extraite dans une ou plusieurs région(s) d'intérêts pour chaque essai (p. ex : 3 régions différentes). Ensuite, le signal BOLD est moyenné pour une même condition (p. ex : tous les essais de la catégorie scène et tous ceux de la catégorie visage). Une intensité moyenne du signal BOLD est obtenue pour chaque voxel (pixel 3D sous forme de cube de 1 à 3 mm de côté représentant une portion du cerveau) de chaque région d'intérêt et pour chaque condition. Ces deux conditions peuvent alors être comparées avec des procédures statistiques classiques telles qu'un test t de Student pour échantillon apparié qui, pour chaque région, va comparer le signal BOLD moyen dans la condition scènes avec l'intensité moyenne dans le même voxel dans la condition visages (voir la Figure 1 qui représente l'intensité moyenne du signal BOLD dans chaque région pour chaque condition).

Il est ainsi possible d'observer un niveau comparable d'activation entre les deux conditions dans une région donnée tandis que le niveau d'activation moyen peut différer dans une autre. Notons, comme mentionné supra, qu'il est possible, à un niveau supérieur, de comparer ces conditions entre plusieurs groupes grâce, par exemple à une ANOVA 2 groupes (jeunes vs. âgés) x 2 conditions (scènes vs. visages). Il convient de préciser également que cette analyse peut être réalisée à travers tout le cerveau (« wholebrain » ou « voxel-wise »). Dans ce cas, le signal est moyenné à travers tous les essais dans chaque voxel du cerveau, et ce, pour chaque condition. Les régions cérébrales dans lesquels les voxels montrent une différence significative entre les deux conditions sont alors prises en compte.

Bien que ces analyses nous renseignent sur le niveau d'activation global d'une région cérébrale, elles ne nous disent rien sur le type de représentations que cette région sous-tend (Chadwick, Bonnici, & Maguire, 2012). Pour illustrer ce point, prenons pour exemple une tâche en IRMf au cours de laquelle des participants

récupèrent des souvenirs épisodiques et des connaissances sémantiques. Des analyses univariées mettraient certainement en évidence un changement plus important du signal BOLD dans l'hippocampe lors de la récupération de souvenirs épisodiques par rapport à la récupération des connaissances sémantiques. Que se passerait-il maintenant si nous comparions deux souvenirs épisodiques entre eux ? Il est probable que nous n'observions pas de différence significative dans l'intensité du signal BOLD entre les deux souvenirs, simplement parce que les deux souvenirs sont associés à une augmentation globale de l'activité dans l'hippocampe, consécutif de la mise en place des processus de récupération en mémoire épisodique (Chadwick et al., 2012). Ainsi, deux souvenirs, pourtant différents dans leur contexte et leur contenu, seraient associés à un niveau global de changement du signal BOLD similaire dans l'hippocampe. Cet exemple illustre parfaitement les limites des analyses univariées : bien qu'elles permettent d'examiner les changements d'activités cérébrales dans leur globalité entre plusieurs conditions, elles ne permettent pas un examen des représentations neuronales individuelles, liées à un souvenir épisodique spécifique par exemple (Chadwick et al., 2012). L'examen de ce type de représentation nécessite une modélisation du signal au niveau des voxels pour chaque essai, ce qui est rendu possible par les analyses multivariées.

1.1.4.3 Analyses multivariées - classifications

Les analyses multivariées ne sont pas basées sur une moyenne du signal BOLD dans chaque voxel à travers les essais, les conditions ou les groupes. Elles sont basées sur l'idée que certains aspects de la cognition pourraient être représentés dans le cerveau à travers un pattern d'activité distribué de plusieurs voxels (Chadwick et al., 2012).

Le but de ces analyses est donc de trouver un pattern d'activité neuronale qui est propre à chaque classe d'items étudiés (p. ex : des images de scènes vs. de visages) ou même à chaque item pris individuellement. Concrètement, les essais d'une

tâche en IRMf sont séparés en deux sets. Le premier set servira à « entraîner » le classificateur afin que celui-ci détermine, à l'aide d'un algorithme qui traite les différents patterns de voxels, le meilleur seuil de décision pour classer un essai comme étant associé à la visualisation d'une scène ou d'un visage (Figure 2 A) (Chadwick et al., 2012). Le second set sera utilisé afin de tester le classificateur. Sur base du seuil déterminé lors de l'entraînement, le classificateur classe les essais de la phase test dans la catégorie « scènes » ou « visages » (Figure 2 B) (Chadwick et al., 2012). Un pourcentage d'exactitude de classification est alors calculé et est comparé par rapport au seuil représentant le hasard (50% dans notre exemple, puisqu'il y a deux classes d'items) (Figure 2 C). Dans notre exemple, il se pourrait que le classificateur identifie les scènes et les visages avec un taux de classification supérieur au hasard dans une région mais pas dans une autre. A l'instar des analyses univariées, les analyses multivariées avec classificateurs peuvent être appliquées à l'ensemble du cerveau ou à certaines régions d'intérêt.

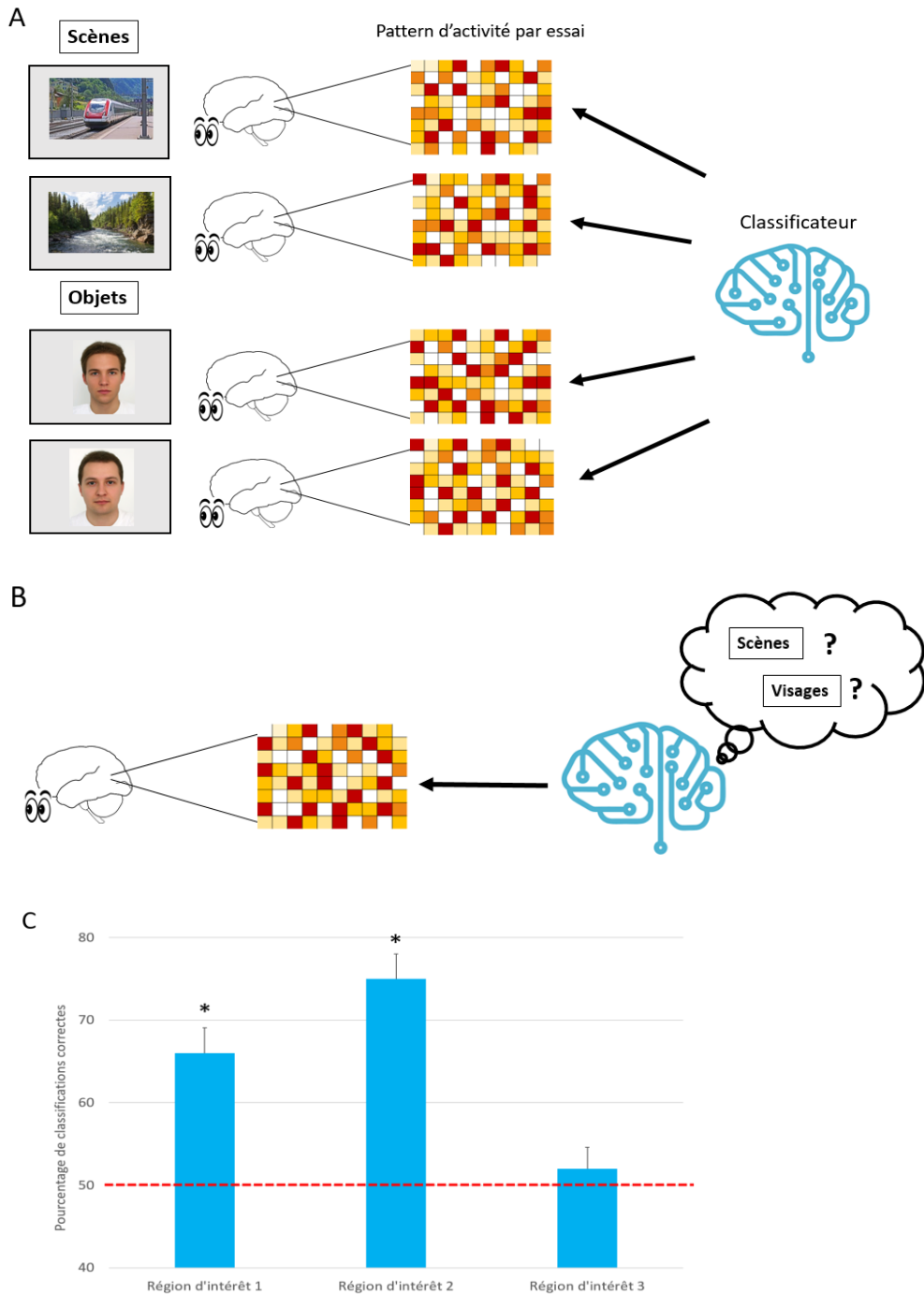


Figure 2. Représentation de l'entraînement (A), du « test » (B) et des résultats (C) issus du classificateur dans une analyse multivariée. * désigne un pourcentage de classification correcte significativement supérieur au hasard.

1.1.4.4 Analyses multivariées – similarité des représentations

Ce type d'analyse multivariée se base également sur les représentations neuronales associées à des items individuels. Plus spécifiquement, cette analyse mesure le degré de similarité entre deux patterns d'activations pour des essais différents au cours d'une tâche en IRMf (Kriegeskorte, Mur, & Bandettini, 2008). Concrètement, la similarité est mesurée grâce à des corrélations entre les patterns de voxels associés à deux items. Par exemple, deux visages ou deux scènes dans une tâche de mémoire peuvent être directement comparés (voir Figure 3 A) grâce à un examen de la relation entre les patterns d'activités des mêmes voxels pour les deux items, ce qui permet d'obtenir une valeur de similarité (Ritchey, Wing, Labar, & Cabeza, 2013). Cette analyse peut être conduite dans des régions d'intérêts. Dans ce cas, les corrélations entre voxels sont réalisées à travers la région d'intérêt et peuvent être directement comparées entre les conditions (visages vs. scènes) (Figure 3 B). L'analyse peut également être réalisée à travers l'ensemble du cerveau via une recherche « searchlight ». Cette recherche consiste à extraire, autour de chaque voxel du cerveau, un cube de 3 ou 5 voxels de côté. Les valeurs des voxels de ce cube pour un item A (le premier visage) sont corrélées avec les valeurs des mêmes voxels du cube de l'item B (le second visage). Ces valeurs de corrélations sont ensuite comparées entre les conditions avec des tests statistiques classiques, ceci permettant de faire ressortir les clusters dans lesquelles les valeurs de similarité sont plus grandes dans une condition que dans une autre.

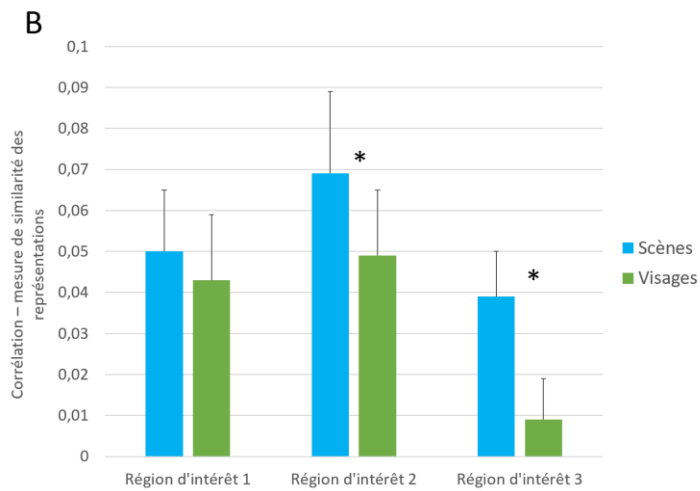
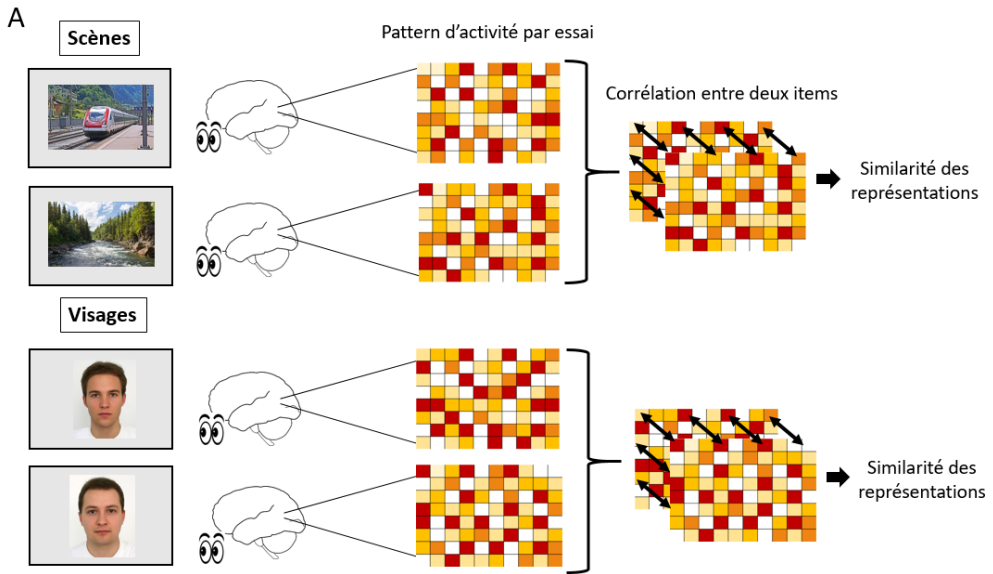


Figure 3. Représentation des différentes étapes (A) et des résultats (B) d'une analyse multivariée par analyse de la similarité des représentations. * désigne une différence significative de similarité des représentations entre les deux conditions.

1.1.4.5 Corrélats neuronaux de la recollection

De façon générale, la recollection est sous-tendue par un réseau de régions cérébrales interconnectées, tant anatomiquement que fonctionnellement (King, de Chastelaine, Elward, Wang, & Rugg, 2015). Ce réseau est désigné sous le terme de « Core Recollection Network » (Figure 4) et comprend l'hippocampe, le gyrus parahippocampique, le cortex préfrontal médial, le cortex cingulaire postérieur/rétrosplénial et le gyrus angulaire (Rugg & Vilberg, 2013).

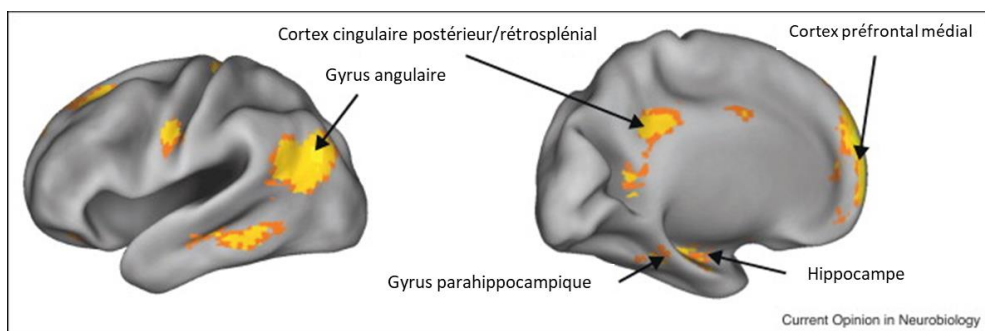


Figure 4. Core Recollection Network et les différentes régions le composant (Rugg & Villberg, 2013).

Ces différentes régions, bien que fonctionnellement connectées, rempliraient chacune des fonctions cognitives distinctes. L'hippocampe, au sein du lobe temporal médial, est souvent considéré comme le siège crucial de la mémoire épisodique. En effet, l'hippocampe interviendrait dès l'encodage au cours duquel il permettrait d'intégrer les différents composants d'un événement perçu et traité en une représentation globale grâce aux processus de « binding » et de séparation de pattern, ceci menant à la création d'une trace cérébrale du souvenir distincte des traces déjà existantes (Norman & Reilly, 2002; Yassa & Stark, 2012). De nombreuses revues de la littérature s'accordent à dire que l'hippocampe est une région importante pour la recollection (Diana et al., 2007; Kim, 2010; King et al., 2015; Rugg & Vilberg, 2013; Yonelinas, 2002), cette affirmation étant appuyée par des études de cas montrant que des patients souffrant de lésions hippocampiques sont incapables de se remémorer consciemment du contexte passé (Cipolotti et

al., 2006; Turriziani, Serra, Fadda, Caltagirone, & Carlesimo, 2008; Yonelinas et al., 2002). Le rôle de l'hippocampe dans la recollection, mais également dans la récupération en mémoire épisodique en général, serait de stocker un résumé ou index des représentations corticales distribuées dans tout le cerveau représentant toutes les composantes de l'épisode (Teyler & Rudy, 2007). Lors de la recollection, l'hippocampe, sur base d'un indice externe, re-crèrerait la trace initiale ce qui permettrait de récupérer une représentation riche et détaillée du souvenir et de son contexte d'encodage en réactivant les différentes représentations du souvenir stockées dans tout le cerveau (p. ex : les régions occipitales pour les aspects visuels (Rissman & Wagner, 2012)) (Xue, 2018). Cette récupération de la trace initiale, même sur base d'un indice partiel, est rendue possible grâce au mécanisme de complétion de pattern (Leal & Yassa, 2018; Yassa & Stark, 2012).

Le gyrus parahippocampique, situé d'un point de vue anatomique ventralement par rapport à l'hippocampe, interviendrait dans la recollection en représentant le contexte initial de l'épisode récupéré en mémoire (Diana et al., 2007; Rugg & Vilberg, 2013). En raison de ses nombreuses connections avec l'hippocampe, le gyrus parahippocampique traiterait le contexte d'un épisode encodé et récupéré en mémoire, si bien que ce contexte pourrait être restauré lors de la complétion de pattern se déroulant dans l'hippocampe (Staresina, Cooper, & Henson, 2013). En outre, le gyrus parahippocampique serait également impliqué dans le traitement visuel et la remémoration des scènes (Epstein, Graham, & Downing, 2003; Hayes, Nadel, & Ryan, 2007).

Le cortex rétrosplénial, à l'instar du gyrus parahippocampique, serait impliqué dans la cognition spatiale (Mitchell, Czajkowski, Zhang, Jeffery, & Nelson, 2018), bien que ces deux régions sous-tendraient des mécanismes cognitifs différents (Epstein, 2008). Ainsi, le gyrus parahippocampique sous-tendrait la représentation d'une scène lors de son encodage ou sa récupération en mémoire tandis que le cortex rétrosplénial serait impliqué dans l'orientation et le point de vue du

participant dans l'espace (Epstein, 2008). Le cortex rétrosplénial fait partie du réseau du mode par défaut (Greicius, Supekar, Menon, & Dougherty, 2009), un réseau cérébral qui se désactive lors de la réalisation d'une tâche cognitive exigeante en ressources attentionnelles (Raichle et al., 2001). De plus, le cortex rétrosplénial est une région cérébrale hautement connectée d'un point de vue fonctionnel, notamment avec le gyrus parahippocampique et l'hippocampe. Ce réseau, dans son ensemble, sous-tend la construction de représentations mentales de scènes à caractère épisodique (Andrews-Hanna, Reidler, Sepulcre, Poulin, & Buckner, 2010).

Le cortex cingulaire postérieur (PCC) est une région entourant le corps calleux. Une activité dans le cortex cingulaire postérieur peut être mesurée dans différentes tâches cognitives telles que la recollection, la récupération de souvenirs autobiographiques, la projection de soi dans le futur ou le vagabondage de l'esprit (Buckner, Andrews-hanna, & Schacter, 2008). Cette région fait partie intégrante du réseau du mode par défaut et est souvent vue comme un pivot de connectivité avec le reste du cerveau (Greicius et al., 2009; Raichle et al., 2001).

Le gyrus angulaire est une région cérébrale située au sein du lobule pariétal inférieur. Cette région possède des connections avec l'hippocampe et une augmentation de la connectivité entre ces deux régions est observée pendant la réalisation de tâches de recollection (Vincent et al., 2006). Toutefois, la fonction précise du gyrus angulaire au sein du réseau de recollection est sujette à débat (Rugg & King, 2018; Rugg & Vilberg, 2013). Ainsi, une première théorie appelée hypothèse de l'attention bottom-up propose que l'activité observée dans le gyrus angulaire lors de la recollection reflèterait l'orientation de l'attention vers le contenu des représentations stockées en mémoire (Cabeza, Ciaramelli, & Moscovitch, 2012; Cabeza, Ciaramelli, Olson, & Moscovitch, 2008; Rugg & King, 2018; Vilberg & Rugg, 2008). Une proposition alternative suggère que le gyrus angulaire servirait de buffer épisodique (Vilberg & Rugg, 2008). Autrement dit,

cette région servirait à maintenir les différentes informations récupérées accessibles à la conscience lors de la réalisation d'une tâche de mémoire, ce qui permettrait au processus de monitoring d'utiliser ces informations pour formuler des jugements mnésiques (Vilberg & Rugg, 2008). Enfin, la théorie du binding cortical de l'activité relationnelle (COBRA) postule, quant à elle, que le gyrus angulaire aurait pour fonction d'intégrer les différentes parties d'un souvenir réactivées lors de la récupération en une représentation globale (Shimamura, 2011).

Le dernier composant du réseau de recollection est le cortex préfrontal. Cette vaste région est impliquée dans la récupération en mémoire épisodique bien que les différentes sous-régions qui la composent semblent avoir des fonctions différentes (Brand & Markowitsch, 2008; Simons & Spiers, 2003). La portion dorsolatérale du cortex préfrontal est impliquée dans les processus de monitoring et de contrôle de la récupération tandis que la portion médiale semble sous-tendre les aspects autoréférentiels de la remémoration en mémoire (Brand & Markowitsch, 2008). La portion ventrolatérale du cortex préfrontal est quant à elle impliquée dans les aspects stratégiques de la récupération en mémoire (Simons, Gilbert, Owen, Fletcher, & Burgess, 2005; Simons, Owen, Fletcher, & Burgess, 2005), tandis que la section ventromédiale est impliquée dans l'intégration du contenu émotionnel véhiculé par les souvenirs (Brand & Markowitsch, 2008).

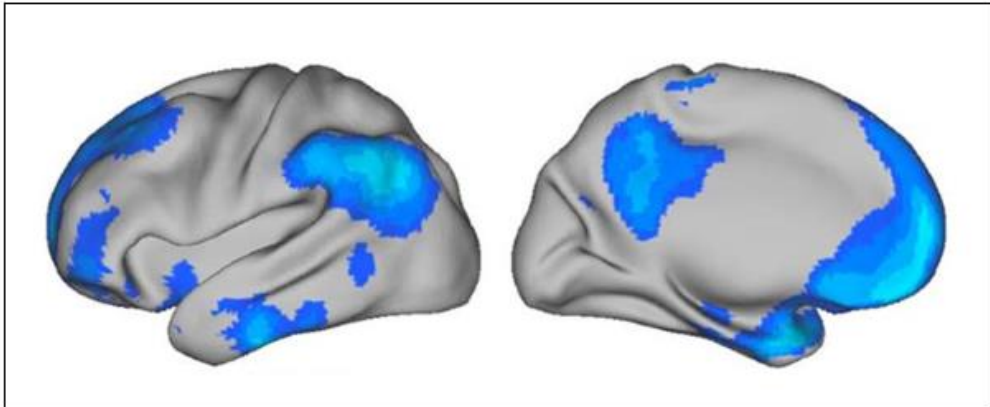


Figure 5. Représentation du réseau cérébral du mode par défaut (adapté de Buckner et al., 2008).

Il ressort des paragraphes précédents que plusieurs régions du réseau de la recollection appartiennent également au réseau du mode par défaut (le lecteur est invité à comparer la figure 5 représentant le réseau du mode par défaut avec la figure 4 représentant le réseau de la recollection pour mieux s'en rendre compte) (Buckner et al., 2008). Une hypothèse évoquée pour expliquer l'implication de ces régions dans de si nombreuses activités cognitives différentes est que ce réseau servirait à créer des simulations ou des modèles mentaux (Buckner et al., 2008). Les constructions mentales consisteraient en une intégration des différentes informations provenant d'un événement passé (Schacter & Addis, 2007), ainsi qu'à l'élaboration de scénarios hypothétiques survenant dans le futur et basés sur des traces mnésiques du passé (Schacter, Addis, & Buckner, 2008). La recollection requerrait donc l'intégration des différentes composantes d'une représentation du passé, un processus achevé grâce aux processus de constructions mentales soutenus par le réseau du mode par défaut (Schacter & Addis, 2007).

Les prochaines sections viseront à mettre en évidence les régions cérébrales spécifiquement impliquées dans les aspects objectifs ou subjectifs de la recollection.

1.1.4.5.1 Corrélats neuronaux de la recollection objective

Les paradigmes de mémoire de source ont été largement utilisés en IRMf. Les études mettent en évidence une plus grande activité cérébrale dans les régions préfrontales en contrastant, lors d'une analyse univariée, réponses correctes de mémoire de source et réponses correctes pour la reconnaissance de l'item (Cansino, Maquet, Dolan, & Rugg, 2002; Dobbins, Foley, Schacter, & Wagner, 2002; Rugg, Fletcher, Chua, & Dolan, 1999; Slotnick, Moo, Segal, & Hart, 2003). D'autres études mettent également en évidence une augmentation du signal BOLD dans les régions préfrontales lors de la reconnaissance correcte de la source d'un événement par rapport à une réponse incorrecte en mémoire de source (Duarte, Henson, & Graham, 2011; Ekstrom, Copara, Isham, Wang, & Yonelinas, 2011). Une méta-analyse se focalisant sur ces deux contrastes d'analyse univariée suggère que la recollection objective, telle que mesurée par une tâche de mémoire de source, est associée à une augmentation de l'activité au niveau du cortex frontal et préfrontal ainsi que dans les aires pariétales inférieures correspondant au gyrus angulaire (Figure 6) (Spaniol et al., 2009).

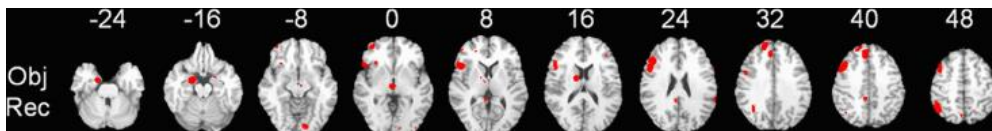


Figure 6. Résultats pour la recollection objective issus de la méta-analyse de Spaniol et al., (2009). Les régions frontales et préfrontales sont visibles sur les coupes -8 à 48 tandis que les aires pariétales inférieures sont visibles sur la coupe 48.

Ces activations préfrontales et pariétales ont été attribuées à l'engagement des processus de monitoring et attentionnels, respectivement, lors de la récupération de la source d'un événement préalablement encodé en mémoire (Dobbins et al., 2002; Spaniol et al., 2009).

La remémoration de souvenirs autobiographiques sur base d'indices est supportée par le cortex préfrontal ventrolatéral, le cortex préfrontal médial, le cortex

cingulaire postérieur/rétrosplénial, l'hippocampe et des régions temporales (voir Svoboda, McKinnon, & Levine, 2006 pour une méta-analyse). Toutefois, les études reprises dans cette méta-analyse comparaient la récupération de souvenirs autobiographiques avec une condition contrôle (une tâche de repos durant laquelle le sujet n'a rien à faire ou une tâche de mémoire sémantique) si bien qu'elles n'évaluaient pas dans quelle mesure l'activité observée dans les différentes régions mentionnées variait en fonction du nombre de détails épisodiques récupérés. Quelques études rapportent des résultats permettant de répondre à cette question. Par exemple, une étude utilisant de la stimulation thêta à éclatement continu (une technique proche de la stimulation magnétique transcranienne (TMS)) sur le gyrus angulaire de participants jeunes lorsque ceux-ci rappelaient des souvenirs autobiographiques a révélé une diminution du nombre de détails épisodiques (cotés selon le système de Levine et al., 2002) rappelés (Bonnici, Cheke, Green, FitzGerald, & Simons, 2018; voir aussi Thakral, Madore, & Schacter, 2017 pour des conclusions similaires dans une étude utilisant la TMS). Comme mentionné précédemment, la mémoire épisodique pour des événements passés permettrait de faire des simulations tournées vers l'avenir (Schacter & Addis, 2007). Ceci implique que la remémoration du passé et la projection dans le futur partagent des mécanismes cognitifs et des soubassements neuronaux communs (Schacter et al., 2012; Schacter, Benoit, & Szpunar, 2017). Il a été montré que le nombre croissant de détails épisodiques constituant des simulations d'événements futurs était associé à une plus grande activité cérébrale dans le gyrus angulaire, le cortex préfrontal gauche et le lobe pariétal supérieur (Thakral, Benoit, & Schacter, 2017; Thakral, Madore, & Schacter, 2019b). Dans ce type de tâche, l'activité dans les régions préfrontales sous-tendrait la mise en place de mécanismes de contrôle liés à la simulation tandis que l'activité dans le gyrus angulaire reflèterait l'intégration du contenu mnésique lors de la simulation mentale (Thakral, Madore, & Schacter, 2019b).

Afin d'examiner les soubassements cérébraux spécifiquement impliqués dans le succès et la précision de la recollection, des chercheurs ont mené une étude en IRMf au cours de laquelle des participants jeunes mémorisaient des objets présentés sur fond d'images non liées (p. ex : un briquet, une équerre et un livre présentés devant une image de champ de lave, voir Figure 7) (Richter, Cooper, Bays, & Simons, 2016). Lors de la remémoration dans le scanner, les participants voyaient apparaître l'image de fond et un des objets (Figure 7). Les participants devaient tout d'abord replacer l'objet à sa localisation exacte sur l'image, et ce, grâce à un boîtier de réponse sous forme de roulette permettant au participant de faire bouger l'objet de façon circulaire (Figure 7). Une fois l'objet positionné, le participant devait, grâce au même boîtier de réponse, orienter l'objet dans la même direction que lors de l'encodage. Enfin, le participant devait rendre à l'objet sa couleur initiale en utilisant, à nouveau, la roulette (le participant pouvait ainsi faire passer l'objet par toute une palette de couleurs afin de trouver la bonne). Le succès et la précision de la recollection étaient modélisés grâce à une distribution de von Mises (la modélisation résultait en une valeur du succès et une valeur de la précision de la réponse du participant), ceci permettant de considérer ces deux facettes de la recollection de façon indépendante (voir Harlow & Yonelinas, 2016; Richter et al., 2016 pour les détails de cette modélisation). Les analyses IRMf ont montré que le succès de la recollection était associé à une augmentation du signal BOLD dans l'hippocampe tandis que la précision de la recollection était associée à une augmentation de l'activité dans le gyrus angulaire (Richter et al., 2016).

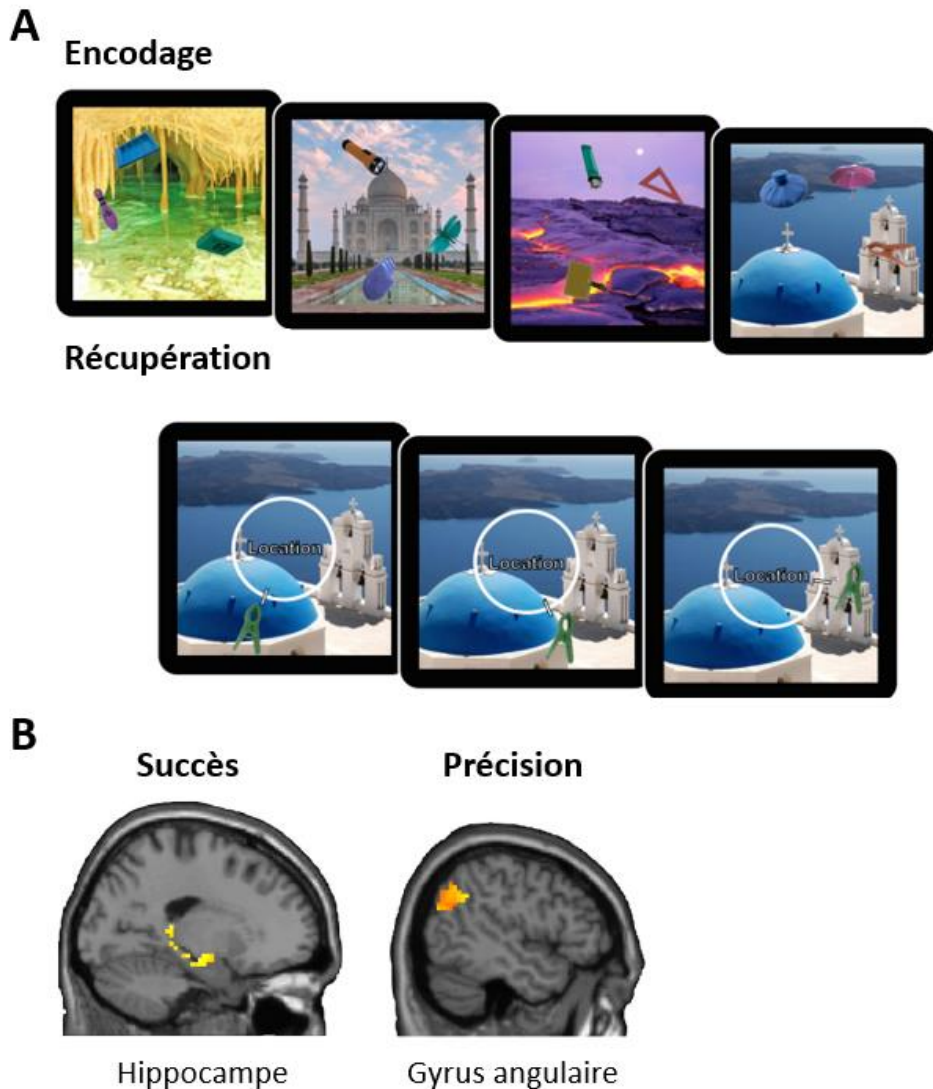


Figure 7. A. Représentation du paradigme utilisé par Richter et al., (2016). B. Résultats de l'analyse univariées en IRMf et examinant les substrats neuronaux du succès et de la précision de la recollection.

Dans l'ensemble, ces données suggèrent que la recollection, lorsqu'elle est mesurée objectivement, est associée à une augmentation de l'activité cérébrale dans les régions préfrontales et le gyrus angulaire, reflétant respectivement la mise en place de mécanismes de contrôle et d'intégration des détails épisodiques

récupérés. La prochaine section visera à exposer les corrélats neuronaux de la recollection lorsque celle-ci est mesurée subjectivement.

1.1.4.5.2 Corrélats neuronaux de la recollection subjective

Les études en IRMf examinant les corrélats neuronaux associés aux réponses subjectives de recollection contrastent généralement les réponses Remember et les réponses Know. Il en ressort que les réponses Remember, par rapport aux réponses Know reflétant la familiarité, sont associées à une augmentation du signal BOLD dans les régions suivantes : gyrus frontal médial, hippocampe, gyrus parahippocampique, gyrus angulaire et précuneus (Hongkeun, 2010; Spaniol et al., 2009; Wheeler & Buckner, 2004).

Les études en IRMf ayant recours à des paradigmes utilisant des échelles de vivacité montrent que les jugements subjectifs concernant la qualité d'un souvenir seraient sous-tendus par le gyrus angulaire (Kuhl & Chun, 2014; Tibon, Fuhrmann, Levy, Simons, & Henson, 2019). Ainsi, dans l'étude de Tibon et al. (2019), l'activité dans le gyrus angulaire augmentait de façon linéaire à mesure que l'image récupérée en mémoire était associée à des jugements de vivacité élevés (Tibon et al., 2019). Ce résultat est appuyé par des données issues d'une étude en IRMf analysée grâce à une approche multivariée de classification et montrant que le classificateur peut, dans le gyrus angulaire, différencier les patterns cérébraux associés à un jugement subjectif de forte recollection des patterns cérébraux associés à un jugement de recollection modérée (Rissman, Chow, Reggente, & Wagner, 2013; voir aussi Kuhl & Chun, 2014). D'autres études montrent que des participants sains étant soumis à une stimulation cérébrale inhibitrice du gyrus angulaire (Yazar, Bergström, & Simons, 2014), ou que des patients souffrant de lésions du lobe pariétal (Simons, Peers, Mazuz, Berryhill, & Olson, 2010), émettent des jugements subjectifs de confiance inférieurs tandis qu'ils ont des performances en recollection objective (p. ex : mémoire de source) comparables à des sujets contrôles.

Prises ensemble, ces études nous permettent de suggérer que le lobe pariétal, et plus précisément le gyrus angulaire, serait impliqué dans la réalisation de jugements subjectifs en mémoire épisodique (voir aussi Yazar, Bergström, & Simons, 2012).

Par ailleurs, d'autres études pointent le rôle du précuneus dans l'expérience subjective en mémoire (Sreekumar, Nielson, Smith, Dennis, & Sederberg, 2018). Le précuneus (Figure 8), bien que ne faisant pas partie du réseau de la recollection à proprement parler, est impliqué dans la remémoration de souvenirs autobiographiques personnellement vécus (Sheldon & Levine, 2013; Sreekumar et al., 2018). Une augmentation du signal BOLD est également observée dans le précuneus lors de la réalisation de jugements de vivacité pour des stimuli de laboratoire tels que des images associées à des objets (voir la tâche de Richter et al., 2016) ou des vidéos (St-Laurent, Abdi, & Buchsbaum, 2015). Le précuneus intervient dans de nombreux processus cognitifs incluant, mais n'étant pas limités à, la mémoire épisodique (Cavanna & Trimble, 2006). Ainsi, le précuneus a été associé aux processus d'imagerie mentale (voir Fulford et al., 2018 pour une revue sur le sujet), si bien que l'intensité des jugements de vivacité lors d'une tâche d'imagerie mentale croît de façon paramétrique avec l'activité du précuneus (Dijkstra, Bosch, & van Gerven, 2017). Le précuneus semble également intervenir dans la réalisation de jugements métacognitifs dans des tâches mnésiques (Baird, Smallwood, Gorgolewski, & Margulies, 2013). Selon certains auteurs, un des rôles du précuneus serait d'orienter le focus de l'attention sur les différents aspects (les dimensions spatiales d'une scène ou les différentes caractéristiques d'objets) d'une représentation mentale (Cavanna & Trimble, 2006). Ainsi, une augmentation de l'activité du précuneus serait observée lorsque des participants doivent générer des images mentales dans une tâche d'imagerie ou lorsque les participants évaluent la qualité subjective d'un souvenir sur base des différentes facettes de la représentation mentale récupérée.

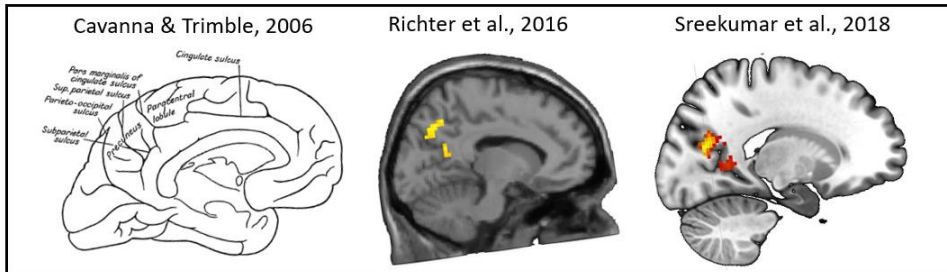


Figure 8. Représentation schématique et activation fonctionnelle du précuneus. Figure adaptée des études mentionnées.

1.1.4.5.3 La réinstallation corticale

L'encodage et la récupération, bien que prenant place à des moments différents, sont intrinsèquement liés puisque la qualité de l'encodage détermine, du moins en partie, la qualité de la récupération (Roediger & Marsh, 2003). En particulier, la théorie du *Transfer-Appropriate Processing* (TAP) propose qu'un souvenir serait représenté par les opérations cognitives qui ont été engagées durant son encodage, si bien que la récupération de ce souvenir impliquerait la restauration de ces opérations cognitives (Morris, Bransford, & Franks, 1977). Ce concept de restauration – réinstallation- des activités cognitives ayant eu lieu à l'encodage lors de la récupération en mémoire nourrit plusieurs modèles neurocognitifs de la mémoire épisodique (voir Figure 9, Rugg, Johnson, & Uncapher, 2015). Ainsi, le modèle de Norman et O'Reilly (2003) suggère que l'hippocampe, lors de l'encodage en mémoire, stockerait les traces des différentes représentations neuronales déclenchées par les activités cognitives ayant eu lieu à l'encodage (une conceptualisation en accord avec l'idée selon laquelle l'hippocampe agirait comme un index (Teyler & Rudy, 2007)). Lors de la récupération, l'événement ou l'item encodé en mémoire pourrait être correctement ramené à la conscience si la réactivation de la trace stockée dans l'hippocampe sur base d'un indice permet la réinstallation des processus cognitifs ayant eu lieu lors de l'encodage (Norman & Reilly, 2003; Xue, 2018).

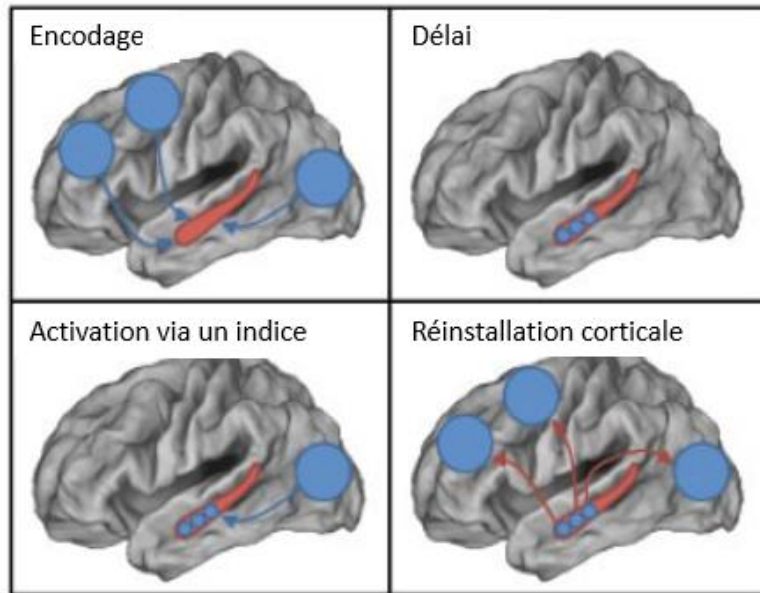


Figure 9. Schématisation du processus de réinstallation corticale (adapté de Rugg et al., 2015).

Le phénomène de réinstallation corticale a été investigué via de nombreuses méthodes d'analyses et différents types de paradigmes (voir Rugg et al., 2015; Xue, 2018 pour des revues sur le sujet). Dans une des premières études en IRMf montrant ce phénomène, des participants jeunes mémorisaient des images et des sons associés à des labels descriptifs (Wheeler, Petersen, & Buckner, 2000). Une analyse univariée de l'encodage a révélé que la visualisation des images, par rapport à l'écoute des sons, était associée à une augmentation de l'activité dans le précuneus bilatéral, le gyrus fusiforme et des régions occipitales (Wheeler et al., 2000). De façon intéressante, lorsque les participants se remémoraient les images (par rapport aux sons) sur base des labels, les auteurs observaient une augmentation du signal BOLD dans le précuneus et le gyrus fusiforme, deux régions déjà actives lors de l'encodage des images (par rapport aux sons). Ces données suggèrent donc que la remémoration d'images est associée à la réactivation des régions cérébrales ayant procédé à leur encodage en mémoire, ce qui soutient l'existence du phénomène de réinstallation corticale (Wheeler et al.,

2000; voir Danker & Anderson, 2010 pour une revue des études montrant des résultats comparables).

Comme mentionné précédemment, les analyses univariées se basent sur une moyenne du signal BOLD à travers les essais, si bien qu'elles ne permettent pas d'examiner dans quelle mesure un pattern d'activité cérébrale associé avec une classe d'item particulière (p. ex : des scènes ou des visages) a été effectivement réinstallé à la récupération. Autrement dit, les analyses univariées nous indiquent qu'une classe d'item est associée à une augmentation de l'activité dans une même région cérébrale tant à l'encodage qu'à la récupération mais rien ne nous précise que le processus cognitif engagé (sous-tendu par un pattern d'activité cérébrale spécifique) est le même à l'encodage et à la récupération.

Dès lors, d'autres études se sont basées sur des méthodes d'analyses multivariées pour étudier le phénomène de réinstallation corticale (voir Rissman & Wagner, 2012a; Rugg et al., 2015 pour des revues sur le sujet). Dans le cas d'analyses multivariées par classification, le classificateur est entraîné à discriminer plusieurs classes d'items à l'encodage et est testé sur les essais de la récupération. L'observation d'une discrimination des patterns cérébraux lors de la récupération par un classificateur entraîné sur les patterns d'activation associés à l'encodage est considéré comme étant le reflet d'un phénomène de réinstallation corticale (Rugg et al., 2015). Cette idée a été appliquée dans plusieurs études en IRMf qui ont révélé que le classificateur entraîné sur les données de la phase d'encodage pouvait, avec une exactitude supérieure au hasard, discriminer les patterns d'activité cérébrale associés à différentes classes d'items (Johnson et al., 2009; voir aussi Kuhl, Rissman, Chun, & Wagner, 2011).

Les analyses multivariées par classification permettent donc de répondre à la question suivante: est-ce que le pattern d'activité cérébrale associé à telle et telle catégorie à l'encodage est restauré à la récupération ? Ce type d'analyse ne permet par contre pas un examen du phénomène de réinstallation corticale au

niveau de l'essai (Rugg et al., 2015; Thakral, Wang, & Rugg, 2017): le pattern d'activité associé à tel item lors de l'encodage est-il restauré lors de la récupération de cet item ?

Répondre à cette question est rendu possible grâce aux analyses multivariées de type analyse de similarité des représentations (Rugg et al., 2015). Pour l'étude de la réinstallation corticale, l'analyse de similarité des représentations est évaluée entre l'encodage et la récupération d'un item donné, si bien qu'une corrélation positive indique une similarité dans les patterns d'activités entre l'encodage et la récupération et donc, l'occurrence d'un phénomène de réinstallation corticale. Cette comparaison entre les patterns d'activation cérébrale durant l'encodage et la récupération spécifique à un item (ou niveau « item ») (Figure 10 A, Ritchey, Wing, Labar, & Cabeza, 2013; Wing, Ritchey, & Cabeza, 2015) est souvent contrastée à un niveau « set » dans lequel les patterns d'activations durant la récupération d'un item sont corrélés avec les patterns d'encodage d'autres items, cette mesure étant le reflet de la réactivation de processus cognitifs généraux (p. ex : le traitement visuel) (Figure 10 B, Ritchey et al., 2013; Wing et al., 2015).

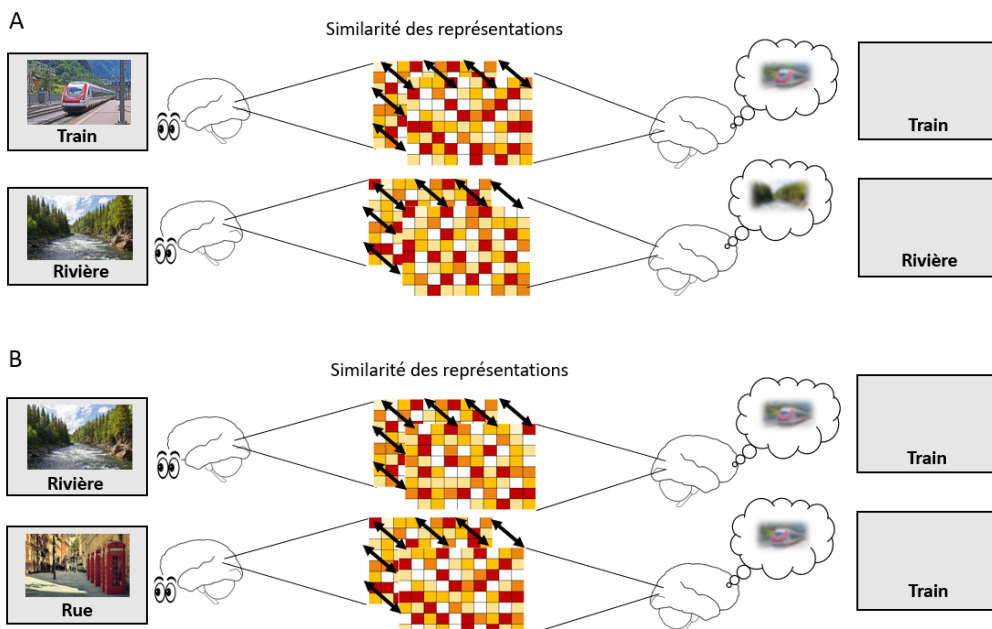


Figure 10. A : Représentation du niveau « item » dans lequel la récupération d'un item est comparée avec l'encodage de ce même item. B : Représentation du niveau « set » dans lequel la récupération d'un item est comparée avec l'encodage d'autres items. Les flèches noires représentent la comparaison entre deux patterns d'activité à l'encodage et à la récupération.

Dans l'étude de Wing et al., (2015), des participants jeunes mémorisaient des scènes associées à des labels descriptifs. Ces labels étaient utilisés à la récupération pour indiquer la récupération des représentations mentales des images. Les analyses de similarité des représentations ont montré que la similarité entre l'encodage et la récupération était plus grande au niveau de l'item qu'au niveau du set dans le cortex cingulaire postérieur/rétrosplénial (Wing et al., 2015). En raison du rôle du cortex rétrosplénial dans le traitement du contexte et de la cognition spatiale (Epstein, 2008), les auteurs interprétaient ces résultats comme une indication que les participants ont réactivé des représentations neuronales spécifiques (niveau de l'item) reflétant la récupération du contexte de la scène (Wing et al., 2015). Depuis, d'autres études ayant recours à une tâche de

recollection et utilisant des vidéos ont mis en évidence le même pattern de résultat (plus grande similarité au niveau de l'item qu'au niveau du set) dans le cortex cingulaire postérieur/rétrosplénial (Figure 11, Bird et al., 2015; Chen et al., 2017; Oedekoven, Keidel, Berens, & Bird, 2017).

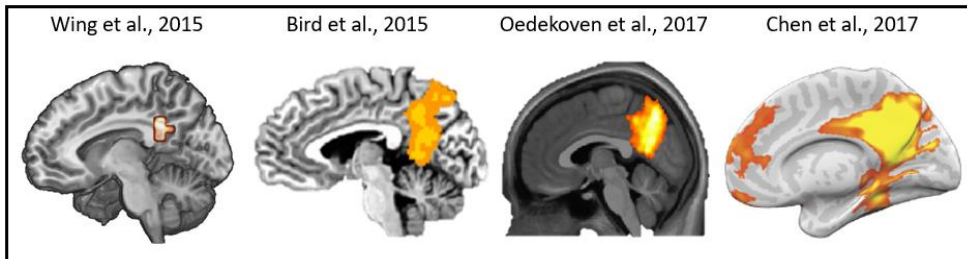


Figure 11. Représentation des résultats des analyses de similarité des représentations (comparaison niveau item > niveau set) dans les différentes études utilisant un paradigme de recollection de scènes ou de vidéos. Le cortex cingulaire postérieur/rétrosplénial est commun à l'ensemble des études.

1.1.5 Un modèle intégratif pour comprendre la recollection et ses altérations

La recollection et les mécanismes cognitifs sous-jacents ont fait l'objet de modélisations théoriques basées sur les observations empiriques des études expérimentales ou de cas uniques. Ces différents modèles ne feront cependant pas l'objet d'une description détaillée dans le cadre de ce travail de thèse (Aggleton, 2012; Bird & Burgess, 2008; Henson & Gagnepain, 2010; Montaldi & Mayes, 2010; Ranganath & Ritchey, 2012). Dans le but de fournir au lecteur une présentation globale des visions théoriques récentes sur la recollection, nous nous limiterons plutôt à expliquer le contenu d'un modèle récemment publié et se voulant intégratif (Bastin et al., 2019). L'intérêt de présenter ce modèle au lecteur est qu'il rassemble, résume et intègre l'ensemble des processus cognitifs et cérébraux abordés précédemment dans l'introduction de ce travail de thèse.

Ce modèle repose sur l'interaction entre des systèmes de représentations et des systèmes attentionnels et d'attribution (voir Figure 12).

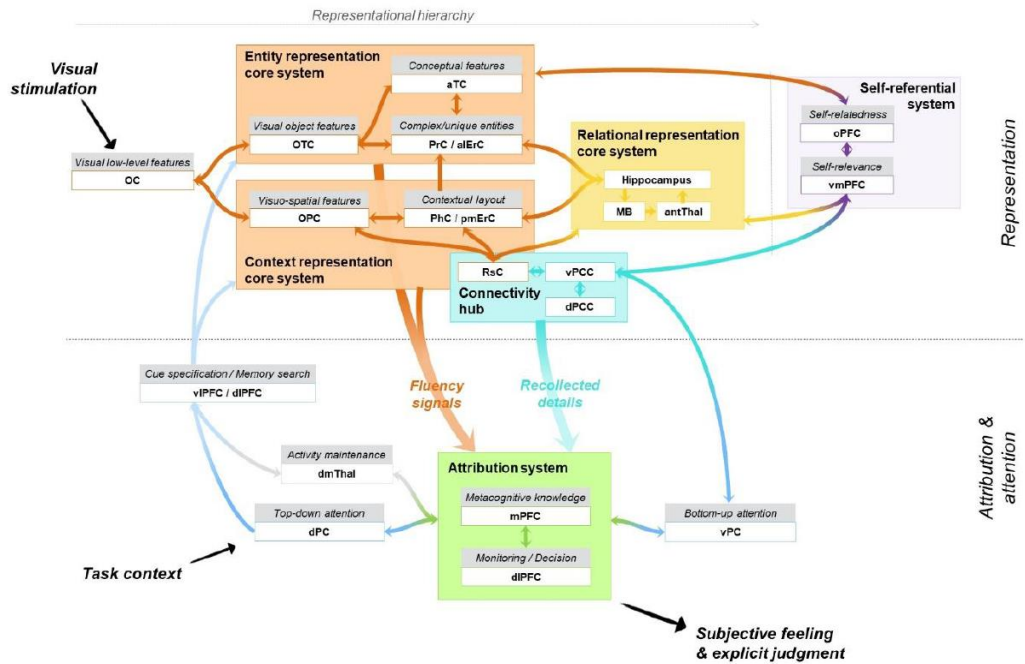


Figure 12. Représentation du modèle intégratif de la recollection. Schéma emprunté à Bastin et al., (2019).

Lors d'une phase de récupération, le processus de recollection démarre par la présentation et le traitement par le sujet d'un indice de récupération. Cet indice déclenche la complétion de pattern dans l'hippocampe (voir aussi Norman & O'Reilly, 2003, précédemment mentionnés) qui agit comme un index et réinstalle/réactive les représentations corticales associées à l'encodage du stimulus (Rissman & Wagner, 2012; Xue, 2018). Le cortex rétrosplénial, de par ses connexions avec le cortex cingulaire postérieur, le gyrus parahippocampique et les aires visuelles, propage le signal et permet la restauration des représentations stockées en mémoire (informations visuelles, spatiales, etc.), notamment dans les aires postérieures (Bastin et al., 2019). Plus spécifiquement, le cortex rétrosplénial agit comme un pivot de connectivité avec les aires néocorticales, si bien que son

fonctionnement est nécessaire pour que le participant ait une expérience de recollection (Bastin, et al., 2019). Le cortex cingulaire postérieur est placé hors du système de représentation du contexte car il ne contient pas de représentation des événements passés à proprement parler. Il apparaît qu'il intervient plutôt dans un rôle de soutien lors de la recollection. Ainsi, la partie ventrale du cortex cingulaire postérieur, grâce à sa situation au sein du réseau du mode par défaut (Buckner et al., 2008), serait en connexion avec les régions préfrontales ventromédiales et sous-tendrait l'aspect autoréférentiel de la remémoration consciente. Le rôle de la partie dorsale du cortex cingulaire postérieur serait de faire le pont entre les afférences issues de l'hippocampe et des régions adjacentes et le système d'attribution, sous-tendu par les régions préfrontales dorsolatérales. Grâce à l'ensemble de ces processus, les détails épisodiques associés au stimulus pourraient être réactivés et ramenés à la conscience afin d'être par exemple rappelés verbalement dans une tâche de rappel libre.

Cependant, ce modèle suggère que la réactivation des détails épisodiques associés à une trace du passé n'est pas suffisante pour donner lieu à une expérience subjective en mémoire (Bastin et al., 2019). En effet, comme nous l'avons mentionné à travers la première partie de l'introduction, l'expérience subjective en mémoire, bien que basée sur des détails épisodiques et des informations visuelles ou sensorielles, est dépendante du fonctionnement des mécanismes de monitoring et des connaissances métacognitives. Au sein du modèle intégratif, ces processus sont rassemblés dans un système d'attribution. Ce système d'attribution prendrait en compte la nature de l'événement ainsi que le contexte présent au moment de la remémoration et ce, afin d'évaluer l'intérêt et la pertinence des détails réactivés dans le système de base des représentations du contexte afin de leur donner un poids dans le jugement subjectif de recollection (Bastin, et al., 2019).

Dans le second chapitre du présent travail, nous découvrirons, à travers les travaux menés dans le vieillissement normal, que la relation entre les détails épisodiques récupérés en mémoire et l'intensité de l'expérience subjective de mémoire associée ne demeure pas simple et linéaire avec l'avancée en âge.

1.2 Mémoire épisodique et vieillissement normal

La mémoire épisodique est considérée comme une des composantes cognitives les plus sensibles à l'effet de l'âge (Brickman & Stern, 2010; Drag & Bieliauskas, 2010; Nilsson, 2003). Comme l'illustre le schéma ci-dessous (Figure 13), les différents composants de la mémoire à long terme déclinent progressivement avec l'avancée en âge tandis que les aspects sémantiques et cristallisés de la cognition demeurent préservés et tendent même à légèrement s'améliorer avec l'âge (Park et al., 2002).

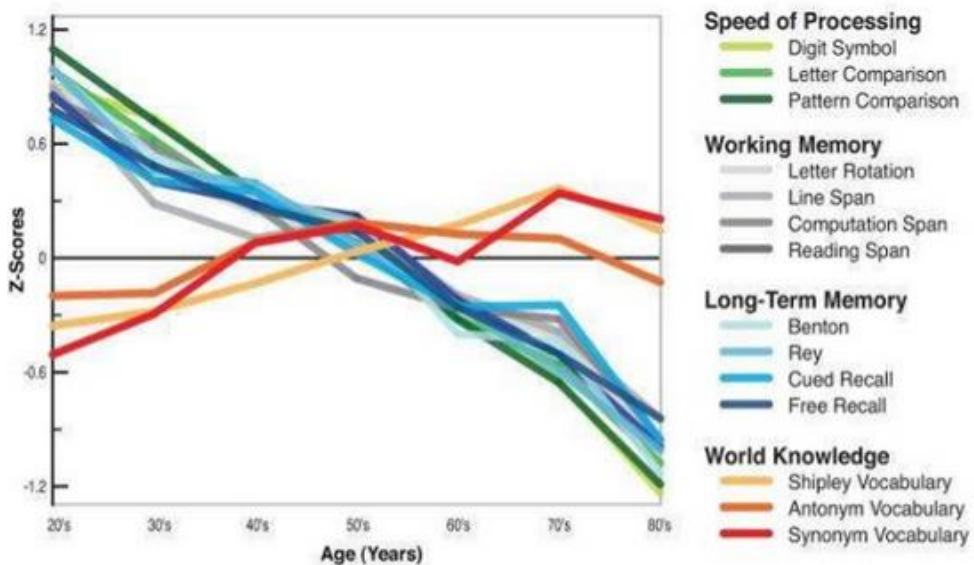


Figure 13. Représentation de l'évolution des différentes fonctions cognitives à travers l'âge (Park et al., 2002).

Le déclin en mémoire épisodique observé dans le vieillissement normal est attribuable à de nombreux facteurs que nous aborderons au cours des prochaines sections.

1.2.1 Encodage en mémoire épisodique dans le vieillissement normal

Comme mentionné précédemment, l'encodage et la récupération en mémoire épisodique sont intrinsèquement liés (Craik & Rose, 2012). Il convient donc de prendre en compte les différences potentielles entre les personnes jeunes et âgées lors de l'encodage en mémoire afin de mieux comprendre comment la recollection, prenant place lors de la récupération, évolue au cours du vieillissement.

L'encodage en mémoire épisodique est rendu possible grâce à la mise en action de nombreux mécanismes cognitifs dont certains sont sensibles à l'effet du vieillissement, si bien que le déclin d'un ou plusieurs de ces processus avec l'avancée en âge peut impacter négativement la qualité de l'encodage en mémoire épisodique (Craik & Rose, 2012; Park & Gutchess, 2005). Il a notamment été proposé que le déclin de plusieurs modalités sensorielles (visuelles ou auditives) au cours du vieillissement puisse être lié au déclin cognitif (et donc à une diminution de la qualité de l'encodage), les deux mesures étant hautement corrélées dans un échantillon de personnes âgées (Baltes & Lindenberger, 1997). D'autres théories postulent quant à elles que le vieillissement s'accompagne d'un ralentissement dans l'exécution des opérations mentales (Salthouse, 1996) et d'un déclin en mémoire de travail (Park et al., 1996), qui impacteraient négativement la qualité de l'encodage en mémoire épisodique (Craik & Rose, 2012). Avec l'avancée en âge, nous deviendrions également moins capables d'inhiber les informations non-pertinentes à la tâche en cours. Ainsi, les personnes âgées ne parviendraient pas à ignorer les informations non-pertinentes lors de l'encodage en mémoire (Hasher & Zacks, 1988), ce qui diminuerait le nombre de ressources allouées au traitement des informations importantes (Craik & Rose, 2012).

Le vieillissement normal s'accompagne également d'une réduction dans l'utilisation et l'implémentation de stratégies lors de l'encodage en mémoire. Ainsi,

lorsque des participants âgés sont incités à utiliser une stratégie lors de l'encodage de paires de mots (p. ex : faire une phrase rassemblant les deux mots), leurs performances de reconnaissance sont bien meilleures que lorsqu'ils n'utilisent pas de stratégies (Naveh-Benjamin, Brav, & Levy, 2007). Ce pattern de résultat suggère que la capacité à implémenter des stratégies d'encodage est préservée chez les personnes âgées mais que spontanément, elles ne les utilisent pas (Naveh-Benjamin et al., 2007).

Enfin, certains auteurs suggèrent que les personnes jeunes et âgées focalisent leur attention sur des éléments de nature différente lors de la perception et de l'encodage de stimuli en mémoire (Labouvie-vief & Blanchard-fields, 1982). Par exemple, les personnes âgées focaliseraient plutôt leur attention et leur raisonnement sur les aspects sociaux et émotionnels tandis que les personnes jeunes se focaliseraient sur les aspects visuels et perceptifs de l'expérience vécue (Carstensen & Turk-Charles, 1994; Fredrickson & Carstensen, 1990; Labouvie-vief & Blanchard-fields, 1982). Cette proposition s'inscrit plus largement dans la Théorie de la Sélectivité Socioémotionnelle (SST), selon laquelle une partie de nos comportements seraient influencés par le sentiment subjectif que nous avons par rapport au temps qu'il nous reste à vivre (Carstensen, 2006). Plus spécifiquement, nos comportements seraient guidés par deux grands buts : 1) acquérir des connaissances ; 2) réguler notre état émotionnel. Lorsque nous vieillissons, nous avons le sentiment qu'il nous reste moins de temps à vivre, de sorte que nous nous focaliserions de plus en plus sur la régulation de nos émotions plutôt que sur l'acquisition de nouvelles connaissances (Carstensen, 2006). Ainsi, les personnes âgées, par rapport à des personnes jeunes, seraient plus sensibles aux aspects émotionnels et sociaux. Cette propension à se focaliser sur les aspects socio-émotionnels lors de la perception et de l'encodage en mémoire épisodique, expliquerait, du moins en partie, les plus faibles performances des participants âgés dans les tâches de mémoire épisodique par rapport aux participants jeunes

(voir Hashtroudi, Johnson, & Chro, 1989; Mitchell & Hill, 2019; Rahhal, May, & Hasher, 2002 pour des discussions sur ce point). Cette possibilité que les personnes jeunes et âgées focalisent leur attention préférentiellement sur un type d'information ou l'autre et que cette différence dans le degré d'attention porté à chaque type de détail influence le pattern de performance observé à la récupération, revêt une grande importance pour le présent travail et sera donc à nouveau abordée dans la suite de notre introduction théorique.

1.2.2 Récupération en mémoire épisodique et vieillissement

De nombreuses études s'accordent pour dire que la récupération en mémoire épisodique est un processus qui, dans sa globalité, décline dans le vieillissement normal (Drag & Bieliauskas, 2010; Park & Gutchess, 2005). Toutefois, tous les aspects de la récupération en mémoire épisodique n'évoluent pas de la même façon avec l'avancée en âge.

Dans le cadre de la Fuzzy-trace Theory, il semble que les mémoires pour le gist et le verbatim évoluent différemment au cours du vieillissement normal. Par exemple, dans une étude dans laquelle des participants jeunes et âgés mémorisaient des paires d'objets associés à des prix, les participants âgés se souvenaient moins bien des prix exacts des objets (information verbatim) que les participants jeunes alors qu'ils parvenaient à déterminer quel objet de la paire était le moins cher (gist) (Flores, Hargis, McGillivray, Friedman, & Castel, 2017). De façon comparable, des participants âgés qui avaient mémorisés des bulletins météo se souvenaient moins des températures exactes (verbatim) que les participants jeunes tout en parvenant à indiquer aussi bien que les participants jeunes quels jours il serait possible de faire un pique-nique ou quels jours il serait nécessaire de prendre un parapluie avec soi (gist) (Gallo, Hargis, & Castel, 2019). Prises ensemble, ces données suggèrent donc que les personnes âgées éprouvent des difficultés à récupérer des informations précises concernant un événement (verbatim) tandis qu'elles peuvent réussir aussi bien que les participants jeunes,

une tâche qui requiert de faire des inférences sur le sens des informations précédemment mémorisées (gist, voir aussi Reder, Wible, & Martin, 1986).

Par ailleurs, les données issues de la théorie des doubles processus de reconnaissance suggèrent également que la recollection et la familiarité prendraient des trajectoires différentes avec l'avancée en âge. En effet, de nombreuses études s'accordent à dire que la recollection décline au cours du vieillissement, tandis que la familiarité demeurerait relativement préservée (voir Anderson et al., 2008; Koen & Yonelinas, 2014; Prull, Dawes, Martin, Rosenberg, & Light, 2006 pour des revues sur le sujet). Il semblerait que la mémoire pour l'item (p. ex : reconnaître des mots présentés précédemment en liste) ne décline pas avec l'avancée en âge, contrairement à la mémoire de source et à la mémoire pour des associations entre items (Castel & Craik, 2003; Naveh-Benjamin, 2000; Naveh-Benjamin et al., 2003; Old & Naveh-Benjamin, 2008). Ce pattern de performance pourrait notamment s'expliquer par le fait que la mémoire pour l'item peut être supportée par la familiarité seule (p. ex : « j'ai vu ce mot à l'encodage mais je ne me souviens pas dans quelle liste ») tandis que la recollection serait nécessaire pour récupérer la source de l'événement (p. ex : « dans quelle liste ai-je vu ce mot ? ») (Diana et al., 2007; Hockley & Consoli, 1999; Yonelinas, 2002).

Comme nous le verrons dans les prochaines sections, il semble que seuls certains aspects de la recollection soient sensibles au vieillissement normal. De plus, à l'instar de l'encodage en mémoire épisodique, la recollection et, plus globalement, la récupération en mémoire, sont influencées par une multitude de facteurs et de variables. Dans le cadre du présent travail, nous nous focaliserons sur les aspects objectifs et subjectifs de la recollection et sur les facteurs les influençant dans le vieillissement normal.

1.2.2.1 Recollection objective et vieillissement

Le premier aspect que nous aborderons dans l'étude du vieillissement normal dans le cadre ce travail est la recollection dite « objective ». Dans les sections qui

suivent, l'effet de l'âge sur la performance à des tâches de mémoire de source ou de rappel libre sera discuté et les différents facteurs susceptibles d'influencer l'étendue des différences entre les participants jeunes et âgés seront présentés.

1.2.2.1.1 Mémoire de source et vieillissement

De nombreuses études utilisant des paradigmes variés ont mis en évidence que les participants âgés obtenaient des moins bonnes performances en mémoire de source que les participants jeunes (voir Cansino, 2009 et Mitchell & Johnson, 2009 pour des revues). Par exemple, les personnes âgées éprouvent plus de difficultés que les personnes jeunes à déterminer la source d'encodage d'items lorsque ceux-ci ont été : prononcés par deux voix différentes (Bayen & Murnane, 1996; Besken & Gülgöz, 2008; Ferguson, Hashtroudi, & Johnson, 1992), présentés visuellement par deux personnes différentes (Schacter, Kaszniak, Kihlstrom, & Valdiserri, 1991; Schacter, Osowiecki, Kaszniak, Kihlstrom, & Valdiserri, 1994; Shi, Tang, & Liu, 2012), présentés dans deux modalités différentes (visuelles et auditives) (McIntyre & Craik, 1987) ou présentés dans deux listes temporellement distinctes (Newman, Allen, & Kaszniak, 2001; Wegesin, Jacobs, Zubin, Ventura, & Stern, 2000). Dans la plupart de ces études, la plus faible performance en mémoire de source des participants âgés contrastait avec la bonne performance qu'ils obtenaient en mémoire de l'item, qui était souvent équivalente à celle observée chez les participants jeunes (Schacter et al., 1991, 1994). De façon assez surprenante, les performances en mémoire de source des participants âgés restent inférieures à celles des participants jeunes même lorsque la performance en mémoire de l'item est supérieure chez les participants âgés par rapport aux jeunes (Bayer et al., 2011). Cette dernière étude souligne l'étendue des difficultés pour les participants âgés à récupérer correctement la source d'un événement passé. De plus, les personnes âgées semblent également plus susceptibles de commettre des erreurs dans la détermination de la source d'un événement (Cohen & Faulkner, 1989; Dodson, Bawa, & Slotnick, 2007). Ainsi, même lorsque leur nombre de réponses correctes en mémoire de source est équivalent à celui des participants jeunes, les

participants âgés commettent plus d'erreurs lors de la récupération du contexte d'encodage d'un événement.

Un facteur important et susceptible d'influencer le pattern de performance des participants âgés dans une tâche de mémoire de source est la pertinence du contexte pour les personnes âgées. Comme mentionné précédemment, les personnes jeunes et âgées se focaliseraient, durant l'encodage mais également durant le processus de récupération en mémoire épisodique, sur des informations différentes, les personnes jeunes privilégiant la récupération d'informations visuelles/perceptives tandis que les personnes âgées orienteraient préférentiellement leur attention sur la récupération de l'émotion ou des aspects sociaux des stimuli (Fredrickson & Carstensen, 1990; Labouvie-vief & Blanchard-fields, 1982). La performance en mémoire de source des personnes âgées est également influencée par le degré d'importance qu'a pour eux l'information contextuelle. Cette affirmation est particulièrement bien illustrée dans une étude au cours de laquelle des participants jeunes et âgés mémorisaient des déclarations faites par deux voix (Mary et John). Une manipulation socio-affective était ajoutée : les participants étaient avertis que les déclarations de John étaient vraies et authentiques tandis que celles de Mary étaient systématiquement fausses (Rahhal et al., 2002). A la récupération, la moitié des participants réalisait une tâche de mémoire de source demandant de se souvenir si chaque déclaration avait été prononcée par John ou Mary tandis que l'autre moitié des participants devait se souvenir si chaque déclaration était juste ou fausse (Rahhal et al., 2002). Les résultats de cette expérimentation ont répliqué ceux des études précédentes en mettant en évidence une différence de performance en mémoire de source entre les participants jeunes et âgés lorsqu'ils devaient identifier la voix qui avait prononcé chaque phrase. De façon intéressante, aucune différence n'a été observée entre les groupes lorsque les participants déterminaient si une déclaration était vraie ou fausse, ce qui suggère que ce type d'information a été

correctement encodé et récupéré en mémoire par les participants jeunes et âgés (Rahhal et al., 2002; voir aussi May, Rahhal, Berry, & Leighton, 2005). Ces données soulignent que l'importance de l'information contextuelle associée à l'encodage d'un item peut influencer la performance en mémoire de source des personnes âgées et, en partie, déterminer l'ampleur de la différence de performance entre les groupes de participants jeunes et âgés. Toutefois, les résultats d'une étude récente montrent que même lorsque les participants jeunes et âgés sont incités à se focaliser sur les mêmes types d'information lors de l'encodage de stimuli en mémoire, les participants âgés obtiennent toujours des performances inférieures en mémoire de source par rapport aux participants jeunes (Mitchell & Hill, 2019). Ceci suggère que le déclin en mémoire de source des participants âgés n'est pas entièrement attribuable au fait qu'ils se focalisent sur des informations différentes mais également au fait que leurs processus de monitoring et de recollection sont moins efficaces pour récupérer la source d'événements passés (Mitchell & Hill, 2019).

Un autre facteur susceptible d'influencer la performance des personnes âgées à une tâche de mémoire de source est le degré d'effort qu'il est nécessaire de fournir pour initier, contrôler et diriger la récupération de la source en mémoire. Cette capacité à contrôler la récupération de la source d'un événement est, comme nous l'avons vu plus tôt dans le présent travail, liée à l'intégrité des fonctions exécutives (Janowsky et al., 1989; Schacter et al., 1984). A travers la prochaine section, nous verrons comment l'impact du vieillissement sur les fonctions exécutives peut, indirectement, influencer la performance en mémoire de source des personnes âgées.

Vieillesse, fonctions exécutives et mémoire de source

Le vieillissement normal s'accompagne d'une diminution de l'efficacité des fonctions exécutives (Drag & Bieliauskas, 2010; Fisk & Sharp, 2004; Van Hooren et

al., 2007). Ainsi, les fonctions de flexibilité, d'inhibition, de planification et de fluence verbale déclinent avec l'avancée en âge (Calso, Besnard, & Allain, 2016).

Dans ce contexte, l'hypothèse frontale du vieillissement suggère que le déclin de certaines fonctions cognitives telles que la mémoire de travail ou la mémoire prospective puisse être sous-tendu par une diminution de l'efficacité des fonctions exécutives en lien avec les lobes frontaux (West, 1996). Le déclin des fonctions exécutives lié au vieillissement impacterait également négativement la mise en place de tout un répertoire de stratégies utiles pour l'accomplissement des tâches cognitives, ce qui mènerait à une plus faible performance des participants âgés à ces tâches (West, 1996). Par ailleurs, il existerait une très grande variabilité interindividuelle dans l'importance de la diminution de l'efficacité des fonctions exécutives à travers l'âge (Wilson et al., 2002). Ainsi, les personnes âgées avec un plus haut niveau d'éducation (Van Hooren et al., 2007), ou une meilleure réserve cognitive (Roldán-Tapia, García, Cánovas, & León, 2012), obtiennent, en moyenne, de meilleures performances dans les tâches évaluant les fonctions exécutives. Ces différences interindividuelles dans l'efficacité des fonctions exécutives impliquent que les performances dans des tâches cognitives ou de mémoire, grandement influencées par l'intégrité de ces fonctions, varient également énormément d'un individu âgé à un autre (Cabeza, Anderson, Locantore, & McIntosh, 2002). Ainsi, la recollection ne serait pas diminuée chez l'ensemble des participants âgés mais un des facteurs déterminant de cette intégrité serait le fonctionnement exécutif (Davidson & Glisky, 2002).

Cette affirmation est valable pour les paradigmes de mémoire de source dans lesquels la récupération du contexte d'encodage d'un item est particulièrement demandeuse d'un point de vue exécutif (Johnson et al., 1993). Ainsi, un lien entre mémoire de source et fonctionnement exécutif dans le vieillissement normal a été mis en évidence par de nombreuses études (Craig, Morris, Morris, & Loewen, 1990; Henkel, Johnson, & De Leonardis, 1998; Spencer & Raz, 1994; voir El Haj &

Allain, 2012; Isingrini & Tacconat, 2008 pour des revues sur le sujet). Dans une étude de Glisky, Polster et Routhieux (1995), les fonctions cognitives de participants âgés étaient évaluées à l'aide de deux batteries de tests : une batterie évaluant les fonctions cognitives supposées être sous-tendues par le lobe temporal interne ; une batterie évaluant les fonctions cognitives plutôt sous-tendues par les régions frontales. Sur base de leur performance à ces tests, les participants âgés étaient subdivisés en deux sous-groupes de haut et de bas niveau de fonctionnement cognitif. Les participants prenaient ensuite part à une tâche de mémoire de source au cours de laquelle ils mémorisaient des phrases prononcées par deux voix différentes avant de devoir, à la récupération, reconnaître les phrases précédemment mémorisées et récupérer la voix ayant énoncé chaque phrase (Glisky et al., 1995). Lorsque les participants étaient subdivisés selon leur score à la batterie évaluant les fonctions cognitives liées au lobe temporal interne, les participants à haut fonctionnement cognitif obtenaient de meilleures performances à la tâche de reconnaissance des phrases que les participants ayant un fonctionnement cognitif bas, alors que les deux sous-groupes de participants âgés ne différaient pas dans leur performance à la tâche de récupération de la voix source. À l'inverse, lorsque les participants étaient subdivisés selon leur score à la batterie évaluant les fonctions cognitives supposées sous-tendues par le lobe frontal, les deux sous-groupes différaient dans leur performance à la récupération de la voix source (haut > bas fonctionnement) mais pas à la reconnaissance des phrases (Glisky et al., 1995). Prises ensemble, ces données suggèrent donc que la performance en mémoire de source des participants âgés serait indirectement liée à l'intégrité de leur fonctionnement exécutif, probablement en raison du fait que ces mécanismes sont nécessaires pour initier et contrôler la récupération du contexte d'encodage en mémoire (Glisky et al., 1995; Glisky, Rubin, & Davidson, 2001).

1.2.2.1.2 Vieillesse et rappel libre

Lorsqu'ils mémorisent et rappellent oralement des listes de mots, les participants âgés ont des taux de rappels inférieurs par rapport aux participants jeunes (Hultsch, 1969; Sanders, Murphy, Schmitt, & Walsh, 1980; Ward & Maylor, 2005; voir Craik, 1994 pour une revue et Rhodes, Greene, & Naveh-Benjamin, 2019 pour une méta-analyse sur le sujet). Le rappel de détails épisodiques de souvenirs autobiographiques est également négativement impacté par le vieillissement et les participants âgés rappellent généralement moins de détails internes (épisodiques) que les participants jeunes lorsqu'ils se remémorent des événements de leur passé (Addis, Musicaro, Pan, & Schacter, 2010; Gaesser, Sacchetti, Addis, & Schacter, 2011; Levine et al., 2002; Madore, Gaesser, & Schacter, 2014; Madore & Schacter, 2016; Peters, Fan, & Sheldon, 2019; St. Jacques & Levine, 2007). D'autres études, utilisant des systèmes de cotation évaluant la spécificité d'un souvenir donné, ont mis en évidence que les personnes âgées rappelaient des souvenirs moins spécifiques que les personnes jeunes (Ford, Rubin, & Giovanello, 2014; Piolino, Desgranges, Benali, & Eustache, 2002; Piolino et al., 2006). De manière assez similaire, les personnes âgées rapportent également moins de détails internes que des personnes jeunes lorsqu'elles imaginent des événements se déroulant dans le futur (Addis et al., 2010; Addis, Pan, Musicaro, & Schacter, 2016; Gaesser et al., 2011; Madore et al., 2014; Madore & Schacter, 2016; Rendell et al., 2012), un pattern de résultat qui semble logique lorsque l'on considère que la remémoration du passé et la projection dans le futur partagent les mêmes mécanismes cognitifs (Schacter et al., 2008).

En parallèle de cette diminution du nombre de détails internes rappelés, les personnes âgées tendent à verbaliser plus de détails externes (sémantiques) que les personnes jeunes, et ce, tant lorsqu'elles se souviennent du passé que lorsqu'elles imaginent le futur (Gaesser et al., 2011; Levine et al., 2002; Madore et al., 2014; Madore & Schacter, 2016). Il a été suggéré que les personnes âgées pourraient émettre plus de détails externes que les personnes jeunes afin de

combler le manque de détails internes contenus dans leurs récits (Devitt, Addis, & Schacter, 2017).

Bien que la grande majorité des études ayant examiné l'effet du vieillissement normal sur la performance en rappel libre aient mis en évidence de moins bonnes performances chez les participants âgés par rapport aux jeunes, quelques études font figure d'exception à cet égard. Dans une étude de mémoire autobiographique menée par Aizpurua et Koutstaal (2015), des participants jeunes et âgés rappelaient des souvenirs provenant de différentes périodes de leur vie: 1) la semaine passée ; 2) l'année passée ; 3) il y a plus de dix ans. Les détails rappelés étaient cotés selon le système de Levine et al. (2002) en détails internes et externes. Les résultats ont montré que les participants âgés rappelaient plus de détails externes que les participants jeunes pour les souvenirs des trois périodes, ce résultat répliquant ceux des études mentionnées précédemment. Toutefois, les participants âgés rappelaient moins de détails internes que les participants jeunes pour les souvenirs anciens (plus de dix ans) mais pas pour les souvenirs plus récents (la semaine ou l'année passée). Ces résultats suggèrent donc que les différences liées à l'âge en rappel libre dans les tâches de mémoire autobiographique seraient moins prononcées lorsque les événements remémorés sont récents plutôt qu'anciens (Aizpurua & Koutstaal, 2015; voir aussi Mair, Poirier, & Conway, 2017).

Outre le délai entre l'encodage et la récupération de l'évènement remémoré, la performance en rappel libre des participants âgés et la présence ou l'absence d'une différence de performance en rappel libre entre les participants jeunes et âgés est susceptible d'être influencée par des changements liés à l'âge dans plusieurs mécanismes cognitifs que nous détaillerons dans la section suivante.

Dissocier la performance en rappel libre des effets de variables confondantes

A l'instar de la mémoire de source, la performance en rappel libre est influencée par plusieurs variables qui déclinent avec l'avancée en âge et dont il convient de contrôler l'effet afin d'identifier les modifications spécifiques dans les performances de rappel au cours du vieillissement.

Comme nous l'avons mentionné précédemment, le rappel libre de souvenirs autobiographiques et la spécificité de ceux-ci sont étroitement liés au fonctionnement exécutif (Guler & Mackovichova, 2019). Au vu du déclin des fonctions exécutives dans le vieillissement, une étude de Piolino et ses collègues (2010) a examiné dans quelle mesure cela pouvait impacter la performance de rappel libre de participants âgés prenant part à une tâche de mémoire autobiographique. Au cours de celle-ci, les participants étaient invités à récupérer en mémoire des événements se situant à divers niveaux de spécificité (p. ex : événements s'étalant sur une période de vie, événements généraux d'une durée de plusieurs jours, événements spécifiques dont la durée ne dépassait pas un jour, détails ou sous-événements dont la durée n'excédait pas plus de quelques secondes ou minutes). Le fonctionnement exécutif (inhibition, mise à jour, flexibilité) ainsi que les capacités en mémoire de travail des participants étaient également évaluées. Les résultats ont montré que les participants âgés rappelaient moins de souvenirs spécifiques et de détails que les participants jeunes (Piolino et al., 2010). De plus, le fonctionnement exécutif (mise à jour et inhibition) et la mémoire à court terme dans une moindre mesure prédisaient une grande partie de la variance de la performance en rappel pour les événements spécifiques et les détails, ce qui suggère que le déclin dans le rappel de souvenirs spécifiques observé dans le vieillissement peut être partiellement attribué à des difficultés à initier et à diriger la recherche des événements spécifiques en mémoire épisodique (Piolino et al., 2010).

Il semble donc important pour les études utilisant une tâche de rappel libre d'intégrer une mesure du fonctionnement exécutif des participants afin de pouvoir prendre ce dernier en compte lors de l'analyse des performances en rappel des participants âgés.

Par ailleurs, Gaesser et ses collaborateurs (2011) ont proposé qu'une partie des différences observées entre des participants jeunes et âgés lors du rappel de souvenirs autographiques puisse être attribuée à des différences de style narratif entre les groupes. Dans leur étude, des images de scènes (p. ex : un pique-nique) étaient présentées à des participants jeunes et âgés. Sur base de ces images, les participants devaient soit se remémorer un événement passé indicé par la scène, soit imaginer un événement futur lié à cette scène, soit décrire l'image et son contenu. Les résultats ont mis en évidence que les participants âgés, par rapport aux participants jeunes, rapportaient moins de détails internes non seulement pour les tâches de remémoration du passé et d'imagination du futur mais également pour la tâche de description d'image (Gaesser et al., 2011; voir aussi Madore et al., 2014). De façon assez intéressante, les auteurs ont révélé que le nombre de détails décrits prédisait significativement le nombre de détails rappelés lors de la remémoration du passé mais que l'âge expliquait toujours une part significative de la variance de la performance en rappel lorsqu'il était introduit par après dans une analyse de régression (Gaesser et al., 2011). Ces résultats sont importants car ils démontrent deux choses. Premièrement, le style narratif d'un participant prédit sa performance à une tâche de rappel libre en mémoire épisodique. Deuxièmement, bien que le vieillissement impacte le style narratif en diminuant le nombre de détails spontanément verbalisés lors d'une tâche de description, l'effet de l'âge sur le rappel de détails reste malgré tout significatif (Gaesser et al., 2011). Il semble ainsi crucial de prendre en compte le style narratif des participants lorsque ceux-ci prennent part à une tâche de mémoire épisodique au cours de laquelle ils rappellent les détails remémorés verbalement.

1.2.2.1.3 Effet de l'âge sur le succès et la précision de la recollection

Une étude récente a examiné dans quelle mesure le vieillissement impactait le succès et la précision de la recollection (Korkki et al., 2020). Cette étude utilisait un design similaire à celui utilisé précédemment dans l'étude en IRMf de Richter et al. (2016). Concrètement, les participants jeunes et âgés mémorisaient des objets positionnés sur une image de fond. Lors de la récupération, les participants devaient replacer la position de chaque objet et les taux de succès et de précision étaient estimés selon la distribution des réponses. Les résultats ont montré que les participants jeunes et âgés différaient sur la mesure de précision mais pas sur la mesure de succès, ce qui suggère que les participants âgés parvenaient à se souvenir de la présentation d'un objet et de sa position approximative mais que cette dernière estimation était moins précise que celle des participants jeunes.

Ce résultat a été répliqué dans une seconde expérience au cours de laquelle les participants jeunes et âgés devaient récupérer en mémoire la couleur des items, le succès de la récupération ne différant pas entre les groupes tandis que la précision était moins importante chez les participants âgés par rapport aux jeunes (Korkki et al., 2020). Dans cette étude, des mesures de la précision de la mémoire de travail et de la perception étaient également effectuées. Dans la tâche de mémoire de travail, les participants mémorisaient la couleur de 3 objets et devaient, après quelques secondes, recolorer un objet précédemment vu, la précision étant estimée de la même façon que pour la tâche de mémoire à long terme. Durant la tâche de perception, les participants visualisaient 3 objets de couleur et devaient, simultanément, recolorer un quatrième objet pour qu'il prenne la couleur de l'un des trois objets colorés. Les résultats de ces tâches ont montré que la précision de la recollection des participants âgés était moins bonne que celle des jeunes, tant pour la tâche de mémoire de travail que celle de perception. De façon intéressante, les degrés de précision aux tâches de mémoire de travail et de perception prédisaient, ensemble, le degré de précision à la tâche de mémoire à long terme bien que l'effet de l'âge restait significatif (Korkki et al., 2020).

Dans l'ensemble, les études montrent que la recollection, lorsqu'elle est mesurée objectivement, décline au cours du vieillissement. Ces études soulignent toutefois que le vieillissement impacte également la mise en action de processus cognitifs impliqués dans les tâches de mémoire épisodique et dont il convient de tenir compte lors de l'évaluation de la performance de participants âgés à une tâche de mémoire de source, de rappel libre ou de précision de la recollection. Dans les prochaines sections, nous examinerons l'effet de l'âge sur les différentes mesures de recollection subjective.

1.2.2.2 Vieillessement et recollection subjective

Les paradigmes de recollection dans lesquels celle-ci est mesurée subjectivement grâce à des jugements réalisés par les participants ont été largement utilisés pour étudier l'effet du vieillissement sur la recollection. Dans la présente section, nous passerons en revue les différences liées à l'âge sur les mesures de recollection subjective suivantes : les jugements Remember/Know, les jugements subjectifs de vivacité et ceux relatifs aux items du Memory Characteristic Questionnaire.

1.2.2.2.1 Utilisation du paradigme Remember/Know dans le vieillissement

Le paradigme Remember/Know a été abondamment utilisé pour étudier l'expérience subjective de recollection dans le vieillissement. Dans l'ensemble, les études s'accordent sur le fait que le vieillissement s'accompagne d'une diminution des taux de réponses Remember dans les tâches de mémoire épisodique (voir Koen & Yonelinas, 2014 et McCabe, Roediger, McDaniel, & Balota, 2009 pour des revues sur le sujet). Ainsi, par rapport à des participants jeunes, les participants âgés rapportent moins de jugements de type Remember lorsqu'ils reconnaissent des mots (Bugaiska et al., 2007; Mantyla, 1993; Parkin & Walter, 1992; Perfect & Dasgupta, 1997; Prull et al., 2006), des items provenant de vidéos (Schacter, Koutstaal, Gross, Johnson, & Angell, 1997), des visages inconnus (Bastin & Van der Linden, 2003) ou des photos à valence émotionnelle (Comblain, D'Argembeau, Van der Linden, & Aldenhoff, 2004). Dans certaines de ces études, la diminution de la

recollection chez les participants âgés s'accompagnait d'une augmentation des réponses Know reflétant la familiarité (Bastin & Van der Linden, 2003; Parkin & Walter, 1992; Prull et al., 2006), bien que ce pattern n'ait pas été observé dans toutes les études (Bugajska et al., 2007; Mantyla, 1993; Perfect & Dasgupta, 1997).

Le vieillissement normal se caractérise également par une augmentation des taux de fausses recollections (jugements Remember attribués à un item nouveau), ce qui suggère que les personnes âgées deviendraient plus sensibles aux déformations et aux informations erronées en mémoire avec l'avancée en âge (McCabe et al., 2009). Les causes explicatives de cette plus grande sensibilité à la fausse recollection chez les participants âgés sont multiples et non-mutuellement exclusives : capacités réduites à récupérer des détails, utilisation de l'information gist, sur-utilisation de la familiarité ou mécanismes associatifs détériorés (voir Devitt & Schacter, 2016 pour une revue sur le sujet).

1.2.2.2.2 Vieillesse, vivacité et Memory Characteristics Questionnaire
Lors de la première partie du présent travail, nous avons évoqué le fait que l'intensité des jugements de vivacité reflète les détails épisodiques des souvenirs (D'Angiulli et al., 2013; David F Marks, 1973). Nous avons également vu que les participants âgés, par rapport aux participants jeunes, récupèrent moins efficacement la source ou les détails d'événements passés (Cansino, 2009). Dès lors, on pourrait s'attendre à ce que les jugements subjectifs de vivacité réalisés par les personnes âgées soient moins élevés/intenses que ceux réalisés par les personnes jeunes puisque les traces mnésiques sur lesquelles ils sont basés sont moins riches et détaillées.

De façon assez surprenante, il n'en est rien. A ce jour, la majorité, pour ne pas dire toutes les études, ayant contrasté les jugements de vivacité de participants jeunes et âgés n'ont pas mis en évidence de différence liée à l'âge ou, dans certains cas, ont montré des jugements subjectifs plus élevés chez les participants âgés par rapport aux jeunes. En effet, il a été montré que les participants âgés émettaient

des jugements de vivacité équivalents (Rathbone, Holmes, Murphy, & Ellis, 2015; Rubin & Schulkind, 1997) ou supérieurs (Abram, Picard, Navarro, & Piolino, 2014; Comblain, D'Argembeau, & Van der Linden, 2005; Schlagman, Kliegel, Schulz, & Kvavilashvili, 2009; St-laurent, Abdi, Burianova, & Grady, 2011) par rapport aux participants jeunes dans les tâches de remémoration de souvenirs autobiographiques.

Au-delà de la vivacité des souvenirs, il a été observé que les participants âgés et jeunes, lorsqu'ils évaluaient différentes dimensions de leurs souvenirs en utilisant les échelles subjectives du Memory Characteristics Questionnaire (Johnson et al., 1988), émettaient, globalement, des jugements d'intensité comparables (Shimizu, Anderson, & Takahashi, 2012). Ainsi, les participants jeunes et âgés rapportaient des jugements d'intensité équivalente lorsqu'ils jugeaient subjectivement la vivacité pour la couleur ou la localisation spatiale d'objets qu'ils se remémoraient avoir vus dans une séquence de diapositives (Karpel, Hoyer, & Toggia, 2001). De même, les personnes jeunes et âgées émettaient des jugements d'intensité similaire lorsqu'ils évaluaient l'intensité subjective de leurs pensées personnelles ou des émotions déclenchées par des photos précédemment mémorisées (Mitchell & Hill, 2019).

Il est intéressant de noter que les participants âgés émettaient des jugements subjectifs plus élevés que les participants jeunes non seulement lorsqu'ils se remémoraient le passé mais également lorsqu'ils imaginaient des événements non-personnellement vécus se produisant dans leur passé ou leur futur (De Brigard et al., 2016; Gaesser, Dodds, & Schacter, 2017).

Toutefois, dans l'ensemble des études mentionnées ci-dessus, aucune évaluation objective de la recollection n'était réalisée, si bien que rien ne nous permet d'affirmer que les jugements de vivacité des participants âgés n'étaient pas correctement réalisés. En effet, il se pourrait que les participants âgés de ces études aient des souvenirs aussi riches et détaillés que ceux des participants

jeunes auxquels ils sont comparés, ce qui expliquerait l'absence de différence entre les jugements subjectifs basés sur ces détails épisodiques. Comme nous le verrons par après, plusieurs études ont mesuré les aspects objectifs et subjectifs de la recollection chez des participants jeunes et âgés au cours de la même tâche. Il a donc été possible de comparer les performances des participants des deux groupes d'âges aux deux mesures de recollection et d'évaluer dans quelle mesure celles-ci montrent le même pattern de performance.

Avant d'aborder ces études, il convient de présenter l'effet du vieillissement normal sur les processus d'imagerie mentale et les mécanismes métacognitifs dont l'implication dans l'élaboration d'un jugement subjectif en mémoire a déjà été abordée précédemment.

1.2.2.2.3 Imagerie mentale dans le vieillissement

Les processus d'imagerie mentale tels que la génération, le maintien et la manipulation d'une représentation mentale contribuent à la récupération en mémoire épisodique et à la recollection (Marks, 1973; Paivio, 1969). Certaines études suggèrent que les processus d'imagerie mentale deviendraient moins efficaces avec l'avancée en âge (Dror & Kosslyn, 1994; Kemps & Newson, 2005; Naftali, Briggs, Marks, & Acker, 1999). Ce déclin en imagerie mentale serait en partie attribué à une réduction des capacités de mémoire de travail (Naftali et al., 1999) ou de la vitesse de traitement (Kemps & Newson, 2005) au cours du vieillissement. Les personnes âgées, par rapport aux jeunes, éprouveraient notamment des difficultés à réaliser des rotations mentales d'objets, ce qui suggère que la manipulation des images mentales serait plus difficile avec l'avancée en âge (Dror & Kosslyn, 1994; Zhao, Della Sala, & Gherrri, 2019). Il est aussi intéressant de noter que les personnes âgées ont plus de difficultés que les personnes jeunes à générer des images mentales riches et complexes, comme celles de buildings (Piccardi, Nori, Palermo, Guariglia, & Giusberti, 2015) ou de souvenirs autobiographiques spécifiques (Palladino & De Beni, 2003). Au vu du rôle

des processus d'imagerie mentale dans l'élaboration d'un jugement subjectif de vivacité, il pourrait être pertinent de mesurer les capacités d'imagerie mentale des participants jeunes et âgés dans les tâches requérant la réalisation de jugements subjectifs de recollection.

Dans le prochain paragraphe, nous présenterons l'effet de l'âge sur l'utilisation des heuristiques et sur le rôle des processus de monitoring dans la régulation des jugements subjectifs dans le vieillissement.

1.2.2.2.4 Heuristiques, monitoring et jugements subjectifs dans le vieillissement

Comme nous l'avons mentionné précédemment, la réalisation d'un jugement de vivacité serait directement liée à la mise en action des processus d'attribution qui incluent, notamment, les connaissances métacognitives et les heuristiques (Bastin et al., 2019). Afin d'évaluer si l'utilisation des heuristiques demeurerait préservée avec l'avancée en âge, des chercheurs ont mené une étude dans laquelle les participants avaient la possibilité d'avoir recours à une heuristique de distinctivité pour faciliter la reconnaissance à une tâche de mémoire épisodique. En pratique, des groupes de participants jeunes et âgés étudiaient des items sous formes de mots ou d'images. Lors de la reconnaissance, les groupes de participants devaient reconnaître, parmi des mots, lesquels avaient été vus précédemment (sous forme de mot ou sous forme d'une image représentant le mot) et lesquels étaient nouveaux (Dodson & Schacter, 2002). Les résultats ont montré que les participants âgés commettaient plus de fausses alarmes que le groupe de participants jeunes lorsqu'ils avaient étudié les items sous forme de mots, mais pas lorsqu'ils avaient mémorisés les items sous forme d'images (Dodson & Schacter, 2002). Sur base de ces données, les auteurs ont conclu que l'utilisation de l'heuristique de distinctivité (p. ex : « si j'avais vu ce mot précédemment, j'aurais son image en tête ») demeurerait préservée dans le vieillissement (Dodson & Schacter, 2002; voir aussi Gallo, Cotel, Moore, & Schacter, 2007 pour des conclusions similaires).

L'étude des autres heuristiques (p. ex : heuristique d'attente par rapport à la mémorabilité du matériel étudié) n'a, à notre connaissance, pas reçu d'attention particulière dans la littérature sur le vieillissement, si bien que l'effet de l'âge sur ces processus reste à examiner. Au vu du rôle des attentes des participants dans la détermination du critère utilisé pour émettre un jugement subjectif de recollection (Bodner & Lindsay, 2003; Bodner & Richardson-Champion, 2007), il serait pertinent d'examiner l'effet de l'âge sur l'utilisation de l'heuristique d'attente et sur la façon dont cela impacte le critère sous-jacent à l'expérience subjective en mémoire chez les personnes âgées. Cette investigation serait d'autant plus intéressante que l'utilisation de l'heuristique d'attente par rapport à la mémorabilité du matériel est liée aux fonctions exécutives (Geurten, Meulemans, & Willems, 2015) dont l'intégrité est altérée avec l'avancée en âge (Drag & Bieliauskas, 2010).

Lorsqu'ils se souviennent du passé, les participants âgés seraient plus susceptibles de combiner de façon erronée des détails provenant d'événements différents par rapport à des participants jeunes (Henkel et al., 1998), ainsi que de commettre des fausses alarmes lorsque les leurres partagent des similarités avec une trace précédemment encodée en mémoire (Fandakova et al., 2018; McCabe et al., 2009). Lorsque des personnes âgées évaluent subjectivement la qualité de cette trace, la moindre efficacité de leurs processus de monitoring ne leur permettrait pas de détecter que la trace récupérée n'a pas été précédemment encodée en mémoire, si bien qu'ils pourraient non seulement affirmer qu'ils ont précédemment vu le contenu de cette trace mais ils pourraient aussi être confiants dans leur (fausse) reconnaissance (Dodson, Bawa, & Krueger, 2007; Dodson, Bawa, & Slotnick, 2007; Dodson & Krueger, 2006; Fandakova, Shing, & Lindenberger, 2013). Plus spécifiquement, les participants âgés auraient plus de difficultés à calibrer (ajuster) leurs jugements subjectifs, notamment les jugements métacognitifs de confiance, par rapport à l'exactitude des traces mnésiques récupérées (Hertzog & Touron, 2011; Kelley & Sahakyan, 2003). La calibration d'un

jugement subjectif désigne le degré de correspondance entre l'intensité du jugement subjectif et l'exactitude de la réponse objective sur laquelle il est basé (Koriat & Goldsmith, 1996). Cette calibration des jugements subjectifs est dépendante de la qualité de la trace mnésique et de la mise en action des mécanismes de monitoring (Hertzog, Dunlosky, & Sinclair, 2010).

Concernant l'effet du vieillissement normal sur la calibration des jugements subjectifs en mémoire, il a été montré que les jugements de confiance des participants âgés correspondaient moins à l'exactitude de la réponse que ceux des participants jeunes (Kelley & Sahakyan, 2003). Afin de plus spécifiquement examiner l'influence de la qualité de la trace mnésique et des processus de monitoring sur la calibration de jugements subjectifs dans le vieillissement, Wong, Cramer, et Gallo (2012) ont mené une étude au cours de laquelle des participants jeunes et âgés mémorisaient des images d'objets qui étaient soit des dessins en noir et blanc, soit des images colorées. Lors de la récupération, les participants devaient discriminer les images d'objets vues précédemment parmi des images nouvelles et ils devaient ensuite émettre un jugement de confiance relatif à leur réponse (Wong et al., 2012). Les résultats ont révélé que les jugements de confiance étaient mieux calibrés pour les images colorées que pour celles en noir et blanc et ce, dans les deux groupes, ce qui suggère que la qualité de la trace encodée en mémoire est un déterminant de la calibration des jugements subjectifs relatifs à cette trace (Wong et al., 2012). La calibration était également moins bonne chez les participants âgés par rapport aux participants jeunes. De façon intéressante, lorsque l'attention des participants jeunes était divisée à l'encodage, de sorte que la qualité de la trace encodée en mémoire soit équivalente à celle des participants âgés, la calibration de ce groupe de participants jeune restait supérieure à celle des participants âgés (Wong et al., 2012). Ensemble, ces données suggèrent donc que les personnes âgées calibrent moins bien leurs jugements subjectifs de confiance que les participants jeunes, et il semble que ce

défaut de calibration ne soit pas dû uniquement à une plus faible qualité de la trace en mémoire mais également à un déclin dans la façon dont les détails récupérés à propos de cette trace sont utilisés grâce aux processus de monitoring pour en juger, subjectivement, la qualité (Wong et al., 2012). Ainsi, les participants âgés éprouveraient plus de difficultés à calibrer l'intensité de leurs jugements subjectifs par rapport à la richesse de la trace récupérée que les participants jeunes et cette différence pourrait s'expliquer, du moins en partie, par des différences dans l'efficacité des processus de monitoring entre les deux groupes.

1.2.2.3 Contraste entre mesure objective et subjective de la recollection dans le vieillissement

Comme cela apparaît dans les précédentes sections, les aspects objectifs et subjectifs de la recollection ont largement été examinés séparément, tant chez les participants jeunes qu'âgés. Cependant, quelques études ont mesuré les performances des participants jeunes et âgés à une tâche de recollection objective et à une tâche de recollection subjective au sein de la même expérimentation. Ces différentes études sont résumées dans la table 2.

Etude	Matériel	Mesure objective	Mesure subjective
Mark & Rugg, 1998	Reconnaissance de mots	Mémoire de source Voix d'homme ou de femme : J > A	Jugements Remember/Know Remember (correct) : J = A
Hashtroudi et al., 1990	Souvenirs d'événements vécus ou imaginés en laboratoire	Rappel libre (cotation spécifique) Détails sensoriels : J > A Couleurs : J > A Objets : J > A Personnes : J = A Actions : J > A Détails spatiaux : J > A Pensées : J < A	Echelle de Likert (1 à 7) Clarté : J = A Détails sensoriels : J = A Contexte : J = A Pensées : J < A Sensations : J = A

Duarte et al., 2006	Reconnaissance d'images d'objets et d'animaux	Mémoire de source Gauche/droite ou liste 1/liste 2 : J > High A	Jugements Remember/Know Remember (correct) : J = High A
Duarte et al., 2008	Reconnaissance d'images d'objets et d'animaux	Mémoire de source Gauche/droite : J > High A	Jugements Remember/Know Remember (correct) : J = High A
Addis et al., 2010	Récupération d'événements autobiographiques passés, imagination d'événements autobiographiques passés ou imagination d'événements futurs	Rappel libre (cotation Levine et al.) Interne : J > A Externe : J < A	Echelle de Likert (1 à 5) Détail des événements : J = A Intensité émotionnelle : J = A Importance personnelle : J < A
Gallo et al., 2011	Récupération d'événements autobiographiques passés ou imagination d'événements futurs	Mémoire de source Passé/futur : J > A	Echelle de Likert (1 à 7) Détail des événements : J < A

St-Jacques et al., 2012	Récupération d'événements autobiographiques passés	Rappel libre (cotation Levine et al.) Ratio interne/externe : J > A	Echelle de Likert (non spécifié) Vivacité : J = A
McDonough & Gallo (2013) Etude 1	Récupération d'événements autobiographiques passés ou imagination d'événements futurs	Mémoire de source Passé/futur : J > A	Echelle de Likert (1 à 4) Détails perceptuels: J < A
McDonough & Gallo (2013) Etude 2	Récupération d'événements autobiographiques passés ou imagination d'événements futurs	Mémoire de source Passé/futur : J > A	Echelle de Likert (1 à 4) Détails perceptuels: J < A
McDonough et al., 2014	Récupération d'images associées à des titres	Reconnaissance à choix forcé Pourcentage de reconnaissance correcte : J > A	Echelle de Likert (0 à 3) Quantité de détails: J = A
St-Laurent et al., 2014	Récupération de vidéos associées à des titres	Rappel libre (cotation spécifique) Nombre de détails : J > A	Echelle de Likert (1 à 4) Vivacité: J < A

Robin & Moscovitch (2017)	Récupération de détails provenant de lieux et récupération d'événements autobiographiques passés ou imagination d'événements futurs se déroulant dans ces lieux	Rappel libre (cotation Levine et al.) Interne : J > A Externe : J < A	Echelle de Likert (1 à 5) Quantité de détails : J = A Vivacité : J = A
Korkki et al., (2020) Etude 2	Récupération d'objets présentés sur des images de fond	Précision de la recollection (méthode de Richter et al., 2016) Localisation : J > A Orientation : J > A Couleur : J > A	Echelle continue (0 à 100) Vivacité : J = A

Table 2. Etudes rapportant une dissociation dans les différences liées à l'âge entre mesures objectives et subjectives de recollection (ces études sont présentées par ordre chronologique). J = jeunes ; A = âgés ; High A = âgés avec haut fonctionnement cognitif.

Certaines études ont mesuré les jugements subjectifs Remember et Know reflétant respectivement la recollection et la familiarité et la performance en mémoire de source au sein d'une même tâche dans le vieillissement (Duarte, Henson, & Graham, 2008; Duarte, Ranganath, Trujillo, & Knight, 2006; Mark & Rugg, 1998). Dans ces trois études, le même pattern de résultat a été observé : les participants jeunes et âgés obtenaient des taux de réponses Remember (en reconnaissances correctes) comparables alors que les participants âgés obtenaient de moins bonnes performances en mémoire de source par rapport aux jeunes. Toutefois, deux de ces études incluaient des participants âgés caractérisés par un bon fonctionnement cognitif (selon une évaluation neuropsychologique), si bien qu'il est possible que leurs taux de réponses Remember soient meilleurs que ceux observés dans la population âgée générale (Duarte et al., 2008a, 2006).

La majorité des études ayant évalué la performance des participants âgés aux mesures objectives et subjectives de recollection au sein d'une même tâche ont utilisé, comme mesures subjectives, des jugements de vivacité (Korkki et al., 2020.; Robin & Moscovitch, 2017; St-Jacques, Rubin, & Cabeza, 2012; St-Laurent, Abdi, Bondad, & Buchsbaum, 2014), des jugements concernant la quantité de détails récupérés (Addis et al., 2010; Gallo, Korthauer, McDonough, Teshale, & Johnson, Elizabeth, 2011; McDonough, Cervantes, Gray, & Gallo, 2014; McDonough & Gallo, 2013; Robin & Moscovitch, 2017), des échelles issues du Memory Characteristics Questionnaire évaluant les aspects visuels et contextuels (Hashtroudi, Johnson, & Chrosniak, 1990), mais également les pensées et les émotions (Addis et al., 2010; Hashtroudi et al., 1990) associées à l'expérience subjective en mémoire. Dans ces études, la mesure objective consistait en une tâche de reconnaissance par choix forcé (McDonough et al., 2014), de précision de la recollection (Korkki et al., 2020), de mémoire de source (Gallo et al., 2011; McDonough & Gallo, 2013) ou de rappel libre (Addis et al., 2010; Hashtroudi et al., 1990; Robin & Moscovitch, 2017; St-Jacques et al., 2012; St-Laurent et al., 2014).

D'une manière générale, les résultats de ces études ont révélé que malgré des performances inférieures pour les participants âgés par rapport aux participants jeunes pour les mesures de recollection objective (mémoire de source, rappel libre ou précision de la recollection), les participants âgés émettaient systématiquement des jugements subjectifs de recollection équivalents ou supérieurs par rapport aux participants jeunes (voir Table 2). Ces résultats suggèrent donc que les deux processus de recollection pourraient être dissociés dans le vieillissement normal lorsqu'ils sont évalués au sein de la même tâche.

Une limite inhérente à ces études est qu'elles comparaient indirectement les aspects objectifs et subjectifs de la recollection entre participants jeunes et âgés. En effet, les jugements de vivacité et le nombre de détails rappelés étaient systématiquement comparés entre participants jeunes et âgés dans des analyses séparées. A ce jour, aucune étude n'a, à notre connaissance, directement mis en lien l'intensité des jugements de vivacité et le nombre de détails épisodiques remémorés afin d'évaluer dans quelle mesure les jugements subjectifs des participants âgés surestimaient la richesse des représentations mnésiques sous-jacentes.

1.2.3 Vieillissement et corrélats neuronaux de la mémoire

1.2.3.1 Vieillissement cérébral et cognition

Le vieillissement normal est associé à de nombreux changements structurels et fonctionnels au niveau cérébral (Peters, 2006). D'un point de vue fonctionnel, le vieillissement s'accompagne notamment d'une diminution de l'activité cérébrale et de la spécificité des traces neuronales lors de la réalisation de diverses tâches cognitives (Koen & Rugg, 2019; Reuter-Lorenz, 2002). D'après l'hypothèse de la dédifférentiation, les processus cognitifs et neuronaux mis en action dans les tâches cognitives deviendraient moins spécifiques et moins distincts avec l'avancée en âge (Abdulrahman, Fletcher, Bullmore, & Morcom, 2017; Reuter-Lorenz, 2002; voir Koen & Rugg, 2019 pour une revue sur le sujet). Ce concept de

dédifférentiation est issu des études comportementales mettant en évidence une plus grande corrélation entre certaines tâches cognitives et des mesures sensorielles chez les participants âgés par rapport aux jeunes (Koen & Rugg, 2019; Reuter-Lorenz, 2002). D'un point de vue cérébral, la différenciation (ou inversement dédifférentiation) renvoie à la spécificité des traces neuronales (Koen & Rugg, 2019). Concrètement, la perte de spécificité neuronale associée au phénomène de dédifférentiation se marque par une diminution de la distinctivité entre les traces neuronales de stimuli ou de catégories de stimuli différentes (voir Figure 14). Par exemple, des catégories différentes de stimuli (scènes ou objets) activent préférentiellement certaines régions cérébrales. De ce fait, la différence d'amplitude du signal BOLD entre les deux catégories de stimuli (scènes – objets) devrait être importante dans une région associée à une catégorie donnée (p. ex : gyrus parahippocampique pour des scènes). Si cette différence est moins importante chez les participants âgés que chez les participants jeunes, cela suggère que les représentations neuronales des participants âgés sont moins spécifiques à une catégorie donnée et sont donc moins différenciées (Koen, Hauck, & Rugg, 2019; Koen & Rugg, 2019).

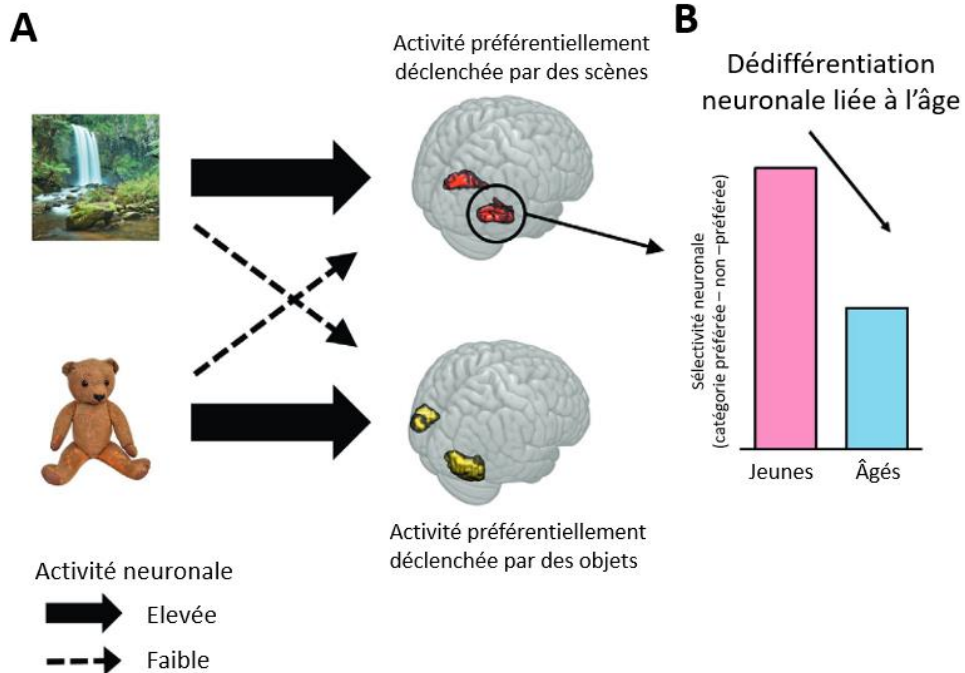


Figure 14. Schématisation du processus de dédifférentiation neuronale dans le vieillissement. A. Chaque catégorie de stimuli (scènes vs. objets) active préférentiellement certaines régions cérébrales. B. Dans une région associée à une catégorie donnée (p. ex : gyrus parahippocampique pour des scènes), la différence d'amplitude du signal BOLD entre les deux catégories de stimuli (scènes – objets) devrait être importante. Si cette différence est moins importante chez les participants âgés que chez les participants jeunes, cela suggère que leurs représentations neuronales sont moins spécifiques (dédifférentiées) (adapté de Koen & Rugg, 2019).

A l'opposé, une plus grande activité neuronale est parfois observée chez les participants âgés par rapport aux jeunes, et ce, même lorsque la performance comportementale à la tâche cognitive est équivalente entre les groupes (Reuter-Lorenz, 2002). Plusieurs hypothèses ont été suggérées pour expliquer ces patterns de résultats.

L'hypothèse de compensation propose que les participants âgés recrutent des régions additionnelles par rapport aux participants jeunes et ce, afin de parvenir à

obtenir un niveau de performance comparable à celui des jeunes (Cabeza, 2002; Rajah & D'Esposito, 2005; Reuter-Lorenz, 2002). Ainsi, lorsqu'ils réalisent une tâche cognitivement exigeante comme une tâche de mémoire de travail, les participants âgés activent les régions préfrontales de façon bilatérale tandis que les participants jeunes n'activent que le cortex préfrontal droit (Cabeza, 2002; Rajah & D'Esposito, 2005). Le même pattern de résultat a été observé dans des tâches de mémoire épisodique de rappel indicé ou de reconnaissance (Cabeza, 2002). Cette observation que les personnes âgées activent deux hémisphères plutôt qu'un seul est au cœur du modèle HAROLD (Hemispheric Asymmetry Reduction in OLDER adults) proposé par Cabeza (Cabeza, 2002).

Le modèle CRUNCH (Compensation-Related Utilization of Neural Circuits Hypothesis) proposé par Reuter-Lorenz et Cappell (2008) suggère quant à lui que les participants âgés recruteraient des circuits neuronaux supplémentaires par rapport aux jeunes lorsque le niveau de difficulté d'une tâche serait modéré afin d'atteindre le même niveau de performance que les participants jeunes. Les personnes âgées atteindraient ainsi leurs limites plus tôt que les participants jeunes et activeraient donc leurs ressources neuronales dédiées à l'effort cognitif plus tôt que les participants plus jeunes (Reuter-Lorenz & Cappell, 2008).

Enfin, la théorie PASA (Posterior–Anterior Shift in Aging) propose quant à elle que le vieillissement normal serait associé à une augmentation de l'activité dans les régions préfrontales (probablement à des fins de compensation) et à une diminution de l'activité dans les régions occipito-pariétales en parallèle (associée à une diminution de l'efficacité des régions responsables du traitement visuel et sensoriel) (Davis, Dennis, Daselaar, Fleck, & Cabeza, 2008; McCarthy, Benuskova, & Franz, 2014).

1.2.3.2 Corrélats neuronaux de la mémoire épisodique dans le vieillissement

Le vieillissement normal s'accompagne d'une diminution de l'activité cérébrale dans plusieurs régions tant lors de l'encodage que de la récupération en mémoire épisodique (voir Dennis & Cabeza, 2015 et Nyberg, 2017 pour des revues). Lors de l'encodage, les patterns d'activations sont moins importants chez les participants âgés par rapport aux jeunes dans le cortex préfrontal (Daselaar, Veltman, Rombouts, Raaijmakers, & Jonker, 2003; Grady, Bernstein, Beig, & Siegenthaler, 2002; Morcom, Good, Frackowiak, & Rugg, 2003) et les régions du lobe temporal interne comme l'hippocampe (Grady et al., 1995; Gutchess et al., 2005). Lors de la récupération en mémoire, le vieillissement normal est également associé à une activité moins importante dans l'hippocampe et le cortex préfrontal (Cabeza et al., 2004; Dennis & Cabeza, 2015; Tromp, Dufour, Lithfous, Pebayle, & Després, 2015). En outre, il semble que les différences liées à l'âge dans les performances mais également dans les corrélats neuronaux de la récupération en mémoire épisodique soient modulées par la difficulté de la tâche et par le niveau de fonctionnement exécutif des participants (Angel et al., 2016). Dans les prochaines sections, nous examinerons l'effet spécifique du vieillissement sur les corrélats neuronaux de la recollection lorsque celle-ci est mesurée objectivement et subjectivement.

1.2.3.2.1 Corrélats neuronaux de la recollection objective dans le vieillissement

Les études en IRMf ayant utilisé des paradigmes de mémoire de source ont mis en évidence une moins grande activité cérébrale dans l'hippocampe, les régions temporales et le cortex préfrontal chez les participants âgés par rapport aux participants jeunes lors de la reconnaissance correcte de la source d'un événement passé (Cansino et al., 2015; Dulas & Duarte, 2012).

Lorsqu'ils se remémorent des souvenirs autobiographiques dans le scanner, les participants âgés activent autant l'hippocampe, le gyrus parahippocampique et le cortex rétrosplénial que les participants jeunes et ce, tant lorsqu'ils recherchent l'événement en mémoire que lorsqu'ils explorent mentalement le souvenir récupéré (St-Jacques et al., 2012). Ces données suggèrent donc que l'accès à une trace mnésique autobiographique, un processus sous-tendu par l'hippocampe, serait préservée avec l'avancée en âge. Des différences entre les groupes ont cependant été observées dans plusieurs autres régions cérébrales. Ainsi, les participants âgés montrent moins d'activation du cortex préfrontal dorsomédial, du cortex préfrontal ventrolatéral et cortex cingulaire postérieur lorsqu'ils se remémorent des souvenirs autobiographiques. Au vu du rôle du cortex préfrontal ventrolatéral dans les aspects stratégiques de la récupération en mémoire (Petrides, 2005), les auteurs ont attribué la différence d'activation observée entre les participants jeunes et âgés au fait que les participants âgés ont probablement éprouvé plus de difficultés à mettre en place des processus stratégiques de récupération en mémoire que les participants jeunes (St-Jacques et al., 2012).

L'effet de l'âge sur les corrélats neuronaux de la recollection de stimuli de laboratoire a été examiné dans une étude au cours de laquelle des participants jeunes et âgés visionnaient des clips vidéo de courte durée (2 à 3 secondes) et étaient invités à les rejouer mentalement à plusieurs reprises (St-Laurent et al., 2014). Les auteurs ont comparé le degré d'activation entre les participants jeunes et les participants âgés lors du re-visionnage mental des vidéos et ont mis en évidence une moins grande activité dans les régions pariétales, temporales et occipitales (St-Laurent et al., 2014).

1.2.3.2.2 Corrélats neuronaux de la recollection subjective dans le vieillissement

Plusieurs études ont examiné l'impact du vieillissement normal sur les corrélats cérébraux des jugements Remember par rapport aux jugements Know. Ces études

ont révélé une plus grande augmentation du signal BOLD dans les régions du cortex préfrontal inférieur et du gyrus fusiforme lors de la reconnaissance d'items ou d'images sur base de la recollection plutôt que sur base de la familiarité chez les participants jeunes par rapport aux participants âgés (Angel et al., 2013; Duarte, Graham, & Henson, 2010; Duarte et al., 2008). L'activation moins importante dans les régions frontales chez les participants âgés par rapport aux jeunes est cohérente avec les études précédentes montrant que la recollection nécessite la mise en place de processus exécutifs liés aux lobes frontaux dont l'efficacité décline avec l'avancée en âge (Angel et al., 2013; Duarte et al., 2008). Dans ces études, le degré d'activation cérébrale ne semblait par contre pas diverger dans le gyrus angulaire entre les groupes, ce qui suggère que les processus cognitifs soutendus par cette région (attention orientée vers les traces mnésiques ou intégration des détails épisodiques) ne seraient pas affectés par le vieillissement (Angel et al., 2013; Duarte et al., 2010, 2008). Dans une étude récente de Wang, Johnson, De Chastelaine, Donley et Rugg, (2016), des participants jeunes et âgés mémorisaient des noms d'objets et des images d'objets dans le scanner. A la récupération, les participants voyaient apparaître des noms d'objets et devaient émettre des jugements Remember/Know/Guess. De façon relativement surprenante, aucune différence entre les groupes pour le contraste Remember > Know n'a été observée dans les régions principales du réseau de la recollection : hippocampe, gyrus parahippocampique, cortex préfrontal, gyrus angulaire et cortex cingulaire postérieur. Ce pattern de performance est d'autant plus surprenant que les participants âgés obtenaient des taux de recollection subjective moins élevés que les participants jeunes.

L'effet de l'âge sur les corrélats neuronaux associés à des expériences subjectives de vivacité a reçu relativement peu d'attention dans la littérature. Dans une étude de mémoire autobiographique, des participants jeunes et âgés étaient invités à récupérer des souvenirs autobiographiques liés à une photo précédemment

visualisée et à juger de la vivacité de leurs souvenirs (St-laurent et al., 2011). Les résultats de cette étude ont révélé une moins grande activité cérébrale chez les participants âgés par rapport aux jeunes dans le cortex cingulaire postérieur/rétrosplénial, le lobe temporal interne, le lobe pariétal inférieur et le cortex préfrontal médial, des régions cérébrales impliquées dans la récupération et l'intégration des détails épisodiques (St-laurent et al., 2011). Néanmoins, l'intensité des jugements de vivacité des participants âgés n'était pas inférieure à celle des participants jeunes, ce qui suggère que malgré des jugements subjectifs d'intensité comparable, les participants âgés ont récupérés des traces neuronales appauvries par rapport aux participants jeunes (St-laurent et al., 2011).

Une autre étude en IRMf est cohérente avec cette observation (McDonough et al., 2014). Dans cette étude, des participants jeunes et âgés mémorisaient des images associées à des titres descriptifs. Lors de la récupération dans le scanner, les participants voyaient apparaître des titres anciens et nouveaux et devaient se souvenir de l'image associée (s'il y en avait une) et juger subjectivement de la quantité de détails récupérés (peu, moyennement, beaucoup). Une analyse univariée contrastant les reconnaissances correctes et les reconnaissances erronées des leurres entre les participants jeunes et âgés a mis en évidence une plus grande activation dans le gyrus parahippocampique, le gyrus fusiforme et le précuneus chez les participants jeunes par rapport aux âgés. Au vu du rôle de ces régions dans le traitement du contexte, des détails visuels et de l'imagerie mentale, ces résultats suggèrent que la recollection de détails provenant de scènes précédemment mémorisées décline avec l'avancée en âge (McDonough et al., 2014). A nouveau, ce profil de résultat a été observé alors que les jugements subjectifs ne différaient pas entre les groupes (McDonough et al., 2014). Il semblerait donc que les jugements subjectifs des personnes âgées ne reflètent pas la richesse perceptive de leur souvenir (McDonough et al., 2014).

Enfin, une dernière étude a été menée pour examiner spécifiquement quels types d'informations les participants jeunes et âgés utilisaient lorsqu'ils évaluent subjectivement la vivacité de leurs souvenirs (Johnson, Kuhl, Mitchell, Ankudowich, & Durbin, 2015). Dans cette recherche, des participants jeunes et âgés mémorisaient des images de scènes et d'objets associés à des titres. Ensuite, sur base du titre, ils devaient se souvenir de l'image associée et évaluer la vivacité de leur souvenir. Les données IRMf ont été analysées à l'aide de procédures multivariées par classification. Les résultats ont révélé que l'exactitude de la décision du classificateur corrélait plus avec l'intensité du jugement de vivacité chez les participants jeunes que chez les participants âgés dans le lobe pariétal, suggérant donc que les participants jeunes se basent sur les aspects visuels d'un souvenir pour juger subjectivement de sa qualité (Johnson et al., 2015). A l'opposé, la performance du classificateur corrélait plus avec l'intensité du jugement de vivacité chez les participants âgés que chez les participants jeunes dans le lobe préfrontal. Selon les auteurs, ces données suggèrent que les participants âgés se baseraient plutôt sur les aspects socio-émotionnels plutôt que visuels lorsqu'ils jugent de la vivacité de leurs souvenirs (Johnson et al., 2015), une interprétation cohérente avec la Théorie de la Sélectivité Socioémotionnelle (Carstensen, 2006).

Les résultats des études décrites ci-dessus, bien qu'informatifs, n'ont pas évalué dans quelle mesure les traces précédemment encodées étaient effectivement réactivées lors de la récupération. Cette question a été examinée dans des études évaluant l'impact du vieillissement normal sur le phénomène de réinstallation corticale, une thématique que nous aborderons dans la prochaine section.

1.2.3.2.3 Vieillesse et réinstallation corticale

Le phénomène de réinstallation corticale a été examiné chez les personnes âgées dans plusieurs études aux designs et aux méthodes d'analyses bien distinctes. La réinstallation corticale a été mesurée, bien qu'indirectement, par McDonough et al., (2014) grâce à une tâche de visualisation au cours de laquelle les participants

voyaient défilier à l'écran des mots et des images. Ainsi, les auteurs ont pu mettre en parallèle le résultat du contraste (reconnaissance correcte – reconnaissance erronée des leurres) de la tâche de mémoire avec le contraste (image > mot) de la tâche de visualisation. Ils ont mis en évidence un chevauchement des deux contrastes au niveau du gyrus fusiforme, ce qu'ils ont interprété comme le signe que le déclin en recollection dans le vieillissement était apparent dans une région responsable du traitement visuel d'images, lors de l'encodage en mémoire notamment. Toutefois, cette approche se base sur une mesure moyenne du signal BOLD à travers les essais des tâches de mémoire et de visualisation d'images, si bien qu'il n'est pas possible de déterminer si le pattern d'activité neuronale observé à la récupération reflète bien la réinstallation des représentations neuronales issues de l'encodage de l'évènement en mémoire. Plusieurs études ont examiné l'effet du vieillissement normal sur la réinstallation corticale en utilisant des analyses multivariées par classification (Johnson et al., 2015; Thakral, Wang, et al., 2017; Thakral, Wang, & Rugg, 2019; Wang et al., 2016). Dans ces études, le classificateur était entraîné sur l'encodage et testé sur les essais de la récupération, cette mesure pouvant être prise comme un indice reflétant le degré de réinstallation corticale. Les résultats de ces études n'ont pas mis en évidence de différence en fonction de l'âge dans le pourcentage de classification correcte à la récupération lorsque le classificateur était entraîné sur les données de l'encodage (Johnson et al., 2015; Thakral, Wang, et al., 2017; Thakral, Wang, & Rugg, 2019; Wang et al., 2016).

A notre connaissance, une seule étude a évalué l'effet du vieillissement normal sur le phénomène de réinstallation corticale en utilisant des analyses multivariées d'analyse de similarité des représentations neuronales (St-Laurent et al., 2014). Ces analyses ont révélé une plus grande similarité entre le visionnage et le re-visionnage mental des vidéos chez les participants jeunes que chez les participants âgés dans le lobe temporal et le gyrus fusiforme, intervenant dans le traitement

visuel d'objets et de stimuli visuels. Toutefois, dans cette étude, chaque participant re-visionnait mentalement chaque vidéo à plusieurs reprises, si bien qu'il est difficile de déterminer dans quelle mesure la différence dans l'intensité de la similarité de pattern entre les participants jeunes et âgés peut être attribuée à un effet du vieillissement sur la mémoire épisodique ou à un effet de la répétition de présentation des vidéos (il se pourrait que les participants jeunes aient davantage bénéficié de la répétition des stimuli que les participants âgés, Wang et al., 2016).

Aucune étude n'a donc examiné l'effet du vieillissement sur la réinstallation corticale mesurée avec des analyses de similarité de pattern dans un paradigme au cours duquel les participants mémorisent et récupèrent des stimuli une seule fois sur base d'un indice (voir Wing et al., 2015 pour un design de ce type chez des sujets jeunes).

1.2.4 Causes possibles de la dissociation entre recollection objective et subjective dans le vieillissement

Les participants âgés émettent des jugements subjectifs de vivacité au moins équivalents à ceux des participants jeunes et ce, malgré le fait que ces jugements soient basés sur des représentations appauvries associés à des corrélats neuronaux moins spécifiques. Il semble donc que les aspects objectifs et subjectifs de la recollection soient dissociés dans le vieillissement normal et que les jugements subjectifs des participants âgés ne reflètent pas le degré de richesse réel de leurs représentations mnésiques. Pour expliquer cette dissociation entre aspects objectifs et subjectifs de la recollection, plusieurs hypothèses ont été formulées dans les études comportementales et les expérimentations en IRMf mentionnées précédemment.

McDonough et ses collègues (2014) évoquent notamment deux hypothèses, non mutuellement exclusives : l'hypothèse quantitative et l'hypothèse qualitative.

L'hypothèse quantitative suggère que les personnes âgées, par rapport aux jeunes, récupérerait quantitativement moins de détails lors de la remémoration d'un événement passé, ceci expliquant pourquoi ils ont de moins bonnes performances lorsque la recollection est mesurée objectivement. Les personnes âgées ajusteraient toutefois leur critère de décision pour émettre des jugements de vivacité sur ces traces objectivement appauvries, si bien qu'ils surestimerait la vivacité de leurs souvenirs, l'amenant au même niveau que celle estimées par les participants jeunes. Cette surestimation serait due à des changements métacognitifs (le critère utilisé pour déterminer qu'une certaine quantité de détails correspond à un souvenir riche et détaillé serait abaissé avec l'avancée en âge) (McDonough et al., 2014). Cette possibilité que les participants âgés ancrent leurs jugements de vivacité plus haut que les participants jeunes à cause d'une différence dans le critère utilisé pour déterminer si un souvenir est « peu vivace » ou « très vivace » a également été mentionnée par d'autres auteurs (Gallo et al., 2011; St-laurent et al., 2011).

L'hypothèse qualitative suggère que les personnes âgées peuvent, objectivement, récupérer la même quantité de détails que les participants jeunes. Toutefois, ces détails seraient incorrects ou qualitativement différents. Par exemple, les participants âgés sont plus enclins à récupérer des détails erronés que les personnes jeunes (McCabe et al., 2009), et ils sont plus susceptibles d'émettre un jugement subjectif de haute confiance ou un jugement de type Remember sur cette information erronée (Dodson, Bawa, & Krueger, 2007; Dodson, Bawa, & Slotnick, 2007; Dodson & Krueger, 2006; McCabe et al., 2009). Ainsi, les personnes âgées se baseraient davantage sur des détails erronés ou distordus que les personnes jeunes lorsqu'ils jugent subjectivement de la qualité/vivacité de leurs souvenirs. Par ailleurs, les personnes jeunes et âgées se focalisent sur des informations différentes lorsqu'ils perçoivent, encodent et récupèrent des détails en mémoire épisodique. Ainsi, les personnes âgées récupérerait plutôt des

pensées ou les émotions liées aux événements tandis que les participants jeunes récupérerait plutôt les détails perceptifs (Carstensen & Turk-Charles, 1994; Rahhal et al., 2002). Ces détails récupérés, bien que différents, permettraient aux participants âgés d'avoir le sentiment subjectif de se remémorer pleinement de l'évènement passé, si bien que leurs jugements de vivacité seraient au moins aussi élevés que ceux des jeunes (Johnson, Kuhl, Mitchell, Ankudowich, & Durbin, 2015; McDonough et al., 2014; Mitchell & Johnson, 2009). Ces détails différents seraient cependant délétères pour la performance en recollection objective, puisqu'ils seraient moins diagnostiques que les détails récupérés par les participants jeunes (p. ex : se souvenir que l'image de la cuisine nous a fait penser à la cuisine de notre enfance ne permet pas de répondre correctement à une question de mémoire de source temporelle : l'image avait-elle été présentée dans la première ou la seconde liste ?; ou ne nous permet pas de rappeler le contenu de l'image avec un grand nombre de détails) (McDonough et al., 2014; Mitchell & Johnson, 2009). Ainsi, les détails récupérés par les participants âgés, bien que différents de ceux récupérés par les participants jeunes, leur permettraient de juger, subjectivement, de la qualité de leur souvenir mais seraient moins utiles pour récupérer, objectivement, le contexte ou les détails épisodiques relatifs à l'évènement passé (Mitchell & Hill, 2019).

Cependant, ces hypothèses ont été formulées a posteriori pour tenter d'expliquer l'apparente dissociation entre recollection objective et subjective dans le vieillissement. A notre connaissance, très peu d'études ont testé directement ces hypothèses (Johnson et al., 2015; Mitchell & Hill, 2019). Au vu de l'utilisation courante des échelles subjectives pour évaluer la vivacité et la confiance des personnes âgées, mieux comprendre ce qu'elles utilisent pour réaliser ces types de jugements est capital pour mieux comprendre le vieillissement cognitif. Ainsi, dans le présent travail, nous réaliserons plusieurs études visant à déterminer les circonstances dans lesquelles la dissociation entre recollection objective et

subjective est observée et nous examinerons dans quelle mesure les hypothèses quantitatives et qualitatives peuvent rendre compte de cette dissociation.

2 PARTIE EXPERIMENTALE

2.1 Résumé théorique

La recollection renvoie à la remémoration consciente d'un événement et à la récupération de son contexte d'encodage (Johnson et al., 1993; Yonelinas, 2002). Elle peut être mesurée objectivement grâce à des tâches de mémoire de source ou de rappel dans lesquelles il est possible de vérifier l'exactitude de l'information récupérée en mémoire et rapportée par le participant (Johnson, 1988; Johnson et al., 1993; Yonelinas, 2002). La recollection peut également être mesurée subjectivement grâce à des jugements introspectifs élaborés par les participants (Johnson, 1988; Johnson et al., 1993; Yonelinas, 2002). Ces jugements subjectifs peuvent être des jugements Remember émis dans une tâche de reconnaissance (Yonelinas, 2002) ou des jugements de vivacité émis dans une tâche de rappel (Johnson et al., 1988). Ces jugements de vivacité correspondent à l'expérience phénoménologique accompagnant la récupération en mémoire (Johnson et al., 1988) et sont sensés refléter la saillance/brillance (Cooper et al., 2019), la richesse visuelle (D'Angiulli et al., 2013) ou la structure visuo-spatiale (Rubin et al., 2019) du souvenir. Toutefois, à ce jour, très peu d'études ont directement mis en lien l'intensité de la vivacité avec une mesure objective de récupération en mémoire (Cooper et al., 2019). L'intensité d'un jugement subjectif de recollection serait en partie déterminée par la façon dont les processus d'attribution traitent et utilisent les détails épisodiques récupérés selon les demandes de la tâche et le contexte dans lequel l'expérience de remémoration a lieu (Bastin et al., 2019).

Du point de vue cérébral, la recollection objective est sous-tendue par l'hippocampe qui joue le rôle d'index de l'ensemble des opérations cognitives engagées lors de l'encodage en mémoire (Teyler & Rudy, 2007). Lors de la récupération, un indice externe ou interne déclenche la réactivation de la trace initialement encodée via la complétion de pattern dans l'hippocampe (Leal &

Yassa, 2018; Yassa & Stark, 2012), ce qui permet la réinstallation corticale des régions perceptives et sensorielles ayant traité les différents éléments de l'encodage (Bastin et al., 2019). Cette réinstallation, mesurée avec des méthodes d'analyses multivariées (Rugg et al., 2015), est notamment sous-tendue par le cortex rétrosplénial qui, tel un centre de relais, intègre les inputs en provenance du gyrus parahippocampique et des régions sensorielles (Bastin et al., 2019). Le cortex cingulaire postérieur agit comme un pivot de connectivité de par sa position centrale au sein du réseau du mode par défaut (Buckner et al., 2008) et intègre les aspects auto-référentiels des traces mnésiques réactivées (Bastin et al., 2019). La recollection subjective serait sous-tendue par le processus de réinstallation corticale permettant de réactiver les détails épisodiques initialement mémorisés. Elle serait également dépendante de l'activité du gyrus angulaire et du précuneus. Le gyrus angulaire sous-tendrait l'intégration multisensorielle de ces détails réactivés (Shimamura, 2011; Tibon et al., 2019) tandis que le précuneus supporterait les processus d'imagerie mentale engagés lors de l'évaluation subjective de la richesse du contenu de la mémoire (Cavanna & Trimble, 2006; Sreekumar et al., 2018).

Le vieillissement normal s'accompagne d'un déclin de la récupération consciente en mémoire épisodique (Brickman & Stern, 2010; Koen & Yonelinas, 2014 ; 2016). Plus spécifiquement, les aspects objectifs de la recollection semblent décliner avec l'avancée en âge, les participants âgés ayant de moins bonnes performances que les participants jeunes aux tâches de mémoire de source (Cansino, 2009; Mitchell & Johnson, 2009) et de rappel libre (Gaesser et al., 2011; Levine et al., 2002). Cette capacité à récupérer des détails précis d'événements passés est influencée par plusieurs facteurs cognitifs non-épisodiques tels que le fonctionnement exécutif (Piolino et al., 2010) ou le style narratif (Gaesser et al., 2011) des participants. A l'opposé, il semble que la recollection subjective, du moins lorsqu'elle est mesurée avec des jugements de vivacité, ne décline pas dans le vieillissement normal

puisque les participants âgés émettent des jugements d'intensité comparable ou supérieure par rapport aux jeunes (Comblain et al., 2005; De Brigard et al., 2016) et ce, même lorsqu'ils récupèrent moins de détails que les participants jeunes (Hashtroudi et al., 1990; Robin & Moscovitch, 2017). Cependant, la relation directe entre le rappel de détails et la vivacité du souvenir pour un item donné n'a jamais été étudiée.

Lors de la recollection objective de détails provenant d'événements passés, les participants âgés activent dans une moindre mesure des régions cérébrales telles que l'hippocampe ou les régions préfrontales (Cansino et al., 2015; St-Jacques et al., 2012; St-laurent et al., 2011a). Lorsqu'ils jugent subjectivement de la qualité d'un souvenir, les participants âgés activent dans une moindre mesure le précuneus et le gyrus fusiforme, respectivement impliqués dans l'imagerie mentale et le traitement des détails visuels, par rapport aux jeunes (McDonough et al., 2014). Enfin, le vieillissement normal n'est pas associé à une réduction du phénomène de réinstallation corticale lorsqu'il est mesuré avec des analyses multivariées par classificateurs (Johnson et al., 2015; Wang et al., 2016) mais ce phénomène n'a jamais été examiné grâce à des analyses de similarité de pattern dans le vieillissement (Thakral, et al., 2017, 2019).

Ensemble, ces données suggèrent que l'expérience subjective de vivacité serait dissociée/déconnectée de la richesse objective des souvenirs chez les participants âgés (McDonough et al., 2014). Cependant, cette interprétation découle de preuves indirectes puisque les aspects objectifs et subjectifs de la recollection, bien qu'évalués au sein de la même tâche, ne sont jamais directement comparés. **Le premier objectif de notre travail sera donc d'établir de manière directe qu'il y a effectivement une dissociation entre les dimensions objectives et subjectives de la recollection au cours du vieillissement normal.** La dimension subjective de la recollection se réfèrera à des jugements de vivacité qui sont des jugements introspectifs relatifs à la richesse de la représentation mentale réactivée en

mémoire. La dimension objective sera modélisée avec un paradigme de mémoire de source permettant d'évaluer la capacité des participants à se souvenir du contexte d'encodage d'un élément récupéré en mémoire et également par des tâches de rappel libre dans lesquelles la richesse des souvenirs récupérés pourra être quantifiée.

Les raisons invoquées pour expliquer la dissociation entre recollection objective et subjective dans le vieillissement sont multiples mais nous pouvons évoquer deux hypothèses principales (McDonough et al., 2014). L'hypothèse quantitative suggère que les personnes âgées récupèrent objectivement moins de détails épisodiques que les personnes jeunes et qu'en conséquence elles surestiment la vivacité de leurs souvenirs en ajustant leur critère de décision vers le bas (elles se contentent donc de moins de détails pour dire que « c'est très vivace »), peut-être en raison de changements métacognitifs liés à l'âge. L'hypothèse qualitative suggère que les personnes âgées récupèrent autant d'informations en mémoire que les personnes jeunes mais que ces informations sont erronées, distordues ou simplement qualitativement différentes de celles récupérées par les participants jeunes, si bien que les personnes âgées utilisent ces informations différentes pour juger subjectivement de la qualité de leurs souvenirs (Mitchell & Hill, 2019). **Le deuxième objectif de ce travail sera de tester ces hypothèses afin d'expliquer les mécanismes par lesquels l'expérience subjective de vivacité des personnes âgées est déconnectée de la richesse objective de leur souvenir.**

2.2 Objectifs et hypothèses de la partie expérimentale

La partie expérimentale de ce travail de thèse comporte six études. Les quatre premières études sont consacrées à la démonstration d'une dissociation entre jugements subjectifs et qualité objective des souvenirs au cours du vieillissement normal. Les deux dernières études examinent certaines causes possibles de cette dissociation.

Plus spécifiquement, la **première étude** visait à établir la dissociation entre les aspects objectifs et subjectifs de la recollection dans une situation de laboratoire impliquant la mémorisation d'images de scènes et d'environnements naturels. Lors de l'encodage, les participants jeunes et âgés devaient mémoriser des images associées à des titres descriptifs. Lors de la récupération, les participants devaient récupérer ces images sur base des titres qui y étaient associés. Ils devaient ensuite émettre des jugements de vivacité relatifs à leurs souvenirs des images et rappeler oralement un maximum de détails des images. Le rappel des participants était coté afin d'obtenir une mesure de la richesse du contenu des souvenirs ainsi que leur exactitude. La comparaison de l'intensité des jugements de vivacité à la quantité et au type de détails rappelés par les participants âgés nous a permis d'évaluer les hypothèses quantitatives et qualitatives visant à rendre compte de la dissociation entre recollection objective et subjective. Plus spécifiquement, grâce à des analyses par modèles mixtes (Baayen, Davidson, & Bates, 2008), nous avons examiné dans quelle mesure la quantité de détails rappelés prédisait l'intensité des jugements de vivacité correspondants essai par essai et nous avons testé l'hypothèse que cette relation est plus importante chez les participants jeunes que chez les participants âgés. Enfin, nous avons contrôlé le fonctionnement exécutif et le style narratif des participants, deux facteurs influençant la performance en rappel libre dans le vieillissement et susceptibles d'influencer, à terme, la relation entre l'intensité de la vivacité et le niveau de détail du rappel.

Dans une **deuxième étude**, nous avons adapté le paradigme utilisé dans l'étude 1 afin d'en examiner les corrélats neuronaux au moyen de l'IRMf. Des participants jeunes et âgés ont mémorisé des images associées à des titres dans le scanner. Lors de la récupération prenant place également dans le scanner, ils étaient indicés par les titres et devaient se souvenir de l'image associée avant de juger la vivacité de leurs souvenirs. Le premier but de cette étude était de comparer les corrélats neuronaux de la récupération lorsque les participants jeunes et âgés émettent un

jugement de vivacité élevé. Le deuxième but de cette étude était d'examiner l'effet de l'âge sur le phénomène de réinstallation corticale en utilisant une analyse multivariée examinant la similarité des patterns cérébraux entre l'encodage et la récupération essai par essai (Wing et al., 2015). Notre hypothèse était que les participants âgés réactivent des traces neuronales moins spécifiques que les participants jeunes lorsqu'ils se remémorent des images associées à des jugements de vivacité élevés (St-Laurent et al., 2014).

Dans une **troisième étude**, nous avons examiné si la dissociation entre aspects subjectifs et objectifs de la recollection est présente lorsque les personnes âgées récupèrent des événements de la vie réelle en mémoire épisodique. Nous avons adapté un paradigme expérimental précédemment utilisé pour étudier la compression temporelle des souvenirs de la vie réelle en mémoire. Les participants devaient réaliser diverses activités simulant des situations de la vie quotidienne (p. ex : acheter une carte dans une librairie, acheter une boisson, demander une information à un guichet, etc.) tout en portant un appareil autour du cou qui prenait automatiquement des photos des événements à intervalles réguliers (Jeunehomme & D'Argembeau, 2019b; Jeunehomme et al., 2018). Les participants devaient ensuite revivre mentalement chaque activité réalisée et la durée de leur reviviscence mentale était mesurée. La durée de cette reviviscence a été comparée à la durée réelle de chaque événement (mesurée grâce aux photos prises durant le parcours), ce ratio reflétant le degré de compression temporelle de l'événement au sein du souvenir (Jeunehomme & D'Argembeau, 2019b; Jeunehomme et al., 2018). Le premier but de cette étude était d'évaluer dans quelle mesure la compression temporelle des événements en mémoire épisodique est impactée dans le vieillissement. Ensuite, les participants devaient évaluer divers aspects de l'expérience subjective associée à leur reviviscence : la vivacité globale, l'impression de revivre l'événement, la vivacité pour les détails visuels, la vivacité pour la disposition spatiale des personnes et des objets, la vivacité pour les

pensées et le sentiment de se souvenir du déroulement des événements. Enfin, les participants devaient rappeler oralement le déroulement de chaque événement, ce qui nous a permis de coter les détails rappelés. Cette étude nous a permis d'examiner dans quelle mesure le vieillissement impacte la quantité et la qualité du rappel d'événements de vie réels et d'évaluer si la vivacité subjective est prédite par le contenu objectif du rappel.

La **quatrième étude** du présent travail implique une ré-analyse des données acquises dans la première étude sous l'angle de la similarité entre individus. Nous avons examiné dans quelle mesure l'expérience subjective de vivacité pour les mêmes événements (des images mémorisées) est partagée entre les individus et si cette similarité décline dans le vieillissement. Si l'hypothèse qualitative selon laquelle les personnes âgées se basent sur des informations autres que les détails visuels utilisés par les jeunes est vraie, la similarité de la vivacité entre individus devrait être réduite dans le vieillissement. Nous avons également exploré la relation entre la vivacité et le rappel de participants différents se remémorant les mêmes images. Autrement dit, nous avons évalué si le rappel libre d'un participant A pour des images prédit les jugements de vivacité d'un participant B pour ces mêmes images. Le but de ces différentes analyses était d'examiner dans quelle mesure les jugements subjectifs de vivacité des participants jeunes et âgés sont basés sur les détails des images remémorées. Ainsi, si l'hypothèse qualitative est correcte, le rappel libre d'un participant âgé devrait prédire dans une plus grande mesure les jugements de vivacité d'un autre participant jeune que ceux d'un autre participant âgé. Ceci s'expliquerait par le fait que les participants âgés basent leurs jugements subjectifs de vivacité sur d'autres types d'informations que les détails épisodiques des images.

Les deux dernières études du présent travail ont testé certaines hypothèses avancées pour expliquer les raisons de la dissociation entre recollection objective et subjective dans le vieillissement. La **cinquième étude** a évalué la possibilité que

les participants jeunes et âgés se basent sur différents types d'information pour juger subjectivement de la qualité de leurs souvenirs (Johnson et al., 2015). Plus spécifiquement, nous avons évalué si la dissociation entre recollection objective et subjective peut s'expliquer par le fait que les participants âgés se basent plus sur le gist d'un souvenir pour en juger la vivacité (Brainerd & Reyna, 2001). Si les personnes âgées se basent effectivement sur le gist plutôt que sur les détails spécifiques d'un souvenir pour réaliser un jugement de vivacité, cela expliquerait pourquoi l'intensité de la vivacité est moins liée aux détails épisodiques chez les participants âgés par rapport aux jeunes. Nous n'avons pas testé cette hypothèse directement chez des participants âgés mais plutôt via une manipulation conduite chez des participants jeunes et visant à orienter le focus de leur récupération vers l'information gist de la trace (Rudoy, Weinrub, & Paller, 2009). Cette expérimentation s'inspire des études utilisant une tâche d'attention divisée chez les participants jeunes afin d'examiner si, après cette manipulation, ils se comportent comme des participants âgés. Concrètement, des participants jeunes ont pris part à deux tâches de mémoire réalisées à une semaine d'intervalle. Lors de la réalisation de chaque tâche, ils devaient mémoriser des images associées à des titres. A la récupération, sur base des titres, ils devaient évaluer la vivacité de leurs souvenirs des images associées et rappeler un maximum de détails provenant de ces images. Entre l'encodage et la récupération, le mode de récupération des participants était manipulé soit par une induction orientée vers le gist soit par une induction contrôle (une par tâche de mémoire). Lors de l'induction gist, les participants voyaient apparaître 10 images et devaient donner un bref titre à chaque image, cette manipulation visant à les orienter vers un traitement global de l'image. Lors de l'induction contrôle, les participants étaient invités à choisir 2 images parmi 10 images et il leur était demandé de les décrire. Cette étude nous a permis d'examiner si les participants jeunes, lorsque leur attention est orientée vers le gist, récupèrent moins de détails que dans la condition contrôle et se

basent moins sur les détails précis pour juger subjectivement de la qualité de leurs souvenirs.

La **sixième et dernière étude** de ce travail de thèse a évalué la possibilité que les participants jeunes et âgés ajustent différemment leur critère pour juger la vivacité de leurs souvenirs selon le contexte de la tâche. Des participants jeunes et âgés devaient mémoriser des images associées à des titres. Sur base des titres, ils devaient évaluer la vivacité de leurs souvenirs pour les images. La mémorabilité des images était manipulée de sorte que les participants mémorisaient des images faiblement, moyennement et hautement mémorables. A la récupération, les images moyennement mémorables étaient toujours présentées après des images hautement ou faiblement mémorables, si bien que les attentes (et possiblement les jugements de vivacité) envers les images de mémorabilité moyenne étaient différentes selon les deux contextes (haute vs. basse mémorabilité). Nous avons émis l'hypothèse que les images moyennement mémorables devraient recevoir des jugements de vivacité plus élevés lorsqu'elles sont présentées après des images faiblement (par rapport à hautement) mémorables. Ceci s'expliquerait par le fait que les images moyennement mémorables dépasseraient les attentes des sujets ayant préalablement vu des images faiblement mémorables (Bodner & Richardson-Champion, 2007; McCabe & Balota, 2007). Nous avons également émis l'hypothèse que cette différence de vivacité selon que les items moyennement mémorables sont présentés après des items faiblement ou hautement mémorables ne devrait pas être observée dans le vieillissement, suggérant ainsi que les participants âgés n'ajustent pas leur critère de vivacité selon le contexte dans lequel ils se trouvent.

2.3 Etude 1. Deciphering the Relationship between Objective and Subjective Aspects of Recollection in Healthy Aging.

Article publié dans le journal *Memory* :

Folville, A., D'Argembeau, A., & Bastin, C. (2020). Deciphering the relationship between objective and subjective aspects of recollection in healthy aging. *Memory*, 1-12.

**Deciphering the Relationship between Objective and Subjective Aspects of
Recollection in Healthy Aging**

Adrien Folville¹, Arnaud D'Argembeau¹ & Christine Bastin¹

¹University of Liège

2.3.1 Abstract

Although healthy aging has been related to a decline in recollection as indexed by objective measures, the subjective experience of recollection sometimes remains stable. To date, however, these age-related differences have only been examined using aggregated data across trials. In the current study, we investigated the relationship between subjective and objective measures of recollection on a trial-by-trial basis to determine whether the magnitude of this relationship was similar in young and older adults. Young and older participants were presented with pictures that were associated with descriptive labels at encoding. At retrieval, they were cued with the labels and were asked to rate the vividness of their memory for the associated picture and to recall as many details of the picture as possible. On average, older adults assigned higher vividness ratings but recalled fewer episodic details than young adults. Mixed-effects modeling revealed that the relationship between subjective (vividness) and objective (number of recalled details) recollection across trials was stronger in young than in older participants. These findings provide evidence that older adults not only retrieve fewer episodic details but also rely on these details to a lesser extent than young adults for judging the subjective quality of their memories.

Keywords: episodic memory; aging; recollection; vividness; subjective remembering

Deciphering the Relationship between Objective and Subjective Aspects of Recollection in Healthy Aging

2.3.2 Introduction

Recollection designates the capacity to retrieve and reinstate contextual details of a past episode (Yonelinas, 2002). A first way to operationalize recollection is to collect introspective reports on the phenomenological experience accompanying episodic reminiscence. This subjective dimension of recollection is often measured using “Remember” judgements in recognition paradigms or vividness ratings in recall tasks (Johnson, Hashtroudi, & Lindsay, 1993; Gardiner, Ramponi, & Richardson-Klavehn, 1998; Yonelinas, 2002). A second way to measure recollection is by assessing the objective accuracy of contextual information or specific details reported during memory retrieval. In this case, source memory—which requires participants to retrieve the encoding context associated with an item—or free-recall tasks are commonly used (Duarte, Henson, & Graham, 2008; Duarte, Ranganath, Trujillo, & Knight, 2006; Mitchell & Johnson, 2009). Objective and subjective aspects of recollection are often measured separately in episodic memory tasks, so that little is known about their relationship. Understanding to what extent subjective judgements map onto reactivated details is important, particularly because introspective reports are deemed to reflect the richness of recollection.

When remembering the past, the objectively reactivated memory details are weighted by monitoring processes to give rise to a subjective sense of recollection (Bastin et al., 2019). Aging is associated with an impairment in both the retrieval of episodic details and in how these details are monitored (Wong et al., 2012), while, somewhat surprisingly, the subjective experience of vividness seems preserved (Mitchell & Hill, 2019). Therefore, examining age-related changes

in the relationship between reactivated memory contents and subjective vividness is warranted. In the current study, we aimed to investigate age-related differences in the relationship between subjective vividness and the objective recall of details during episodic recollection.

Age-related changes in objective and subjective recollection

It is widely accepted that recollection is particularly age-sensitive (Koen & Yonelinas, 2014). Studies that evaluated objective and subjective recollection within a single task documented a discrepancy between subjective memory experience and the objective retrieval of episodic details in older individuals. For instance, young and older adults displayed similar rates of subjective Remember judgements in spite of older adults performing significantly worse on objective source memory measures (Mark & Rugg, 1998; Duarte et al. 2006; 2008). Other evidence pointed out that older adults subjectively rated their autobiographical memory as being as detailed as young adults did, despite their poorer source memory accuracy (Gallo, Korthauer, McDonough, Teshale & Johnson, 2011; McDonough & Gallo, 2013). Furthermore, older adults were found to report similar or even higher subjective ratings than young adults for the amount of details and the vividness of past events (De Brigard et al., 2016; Comblain, D'Argembeau, & Van Der Linden, 2005), even when they retrieved quantitatively fewer episodic details (Hashtroudi, Johnson, & Chrosniak, 1990; Robin & Moscovitch, 2017).

McDonough and colleagues proposed two hypotheses to explain the dissociation between subjective and objective measures of recollection in older adults (McDonough, Cervantes, Gray, & Gallo, 2014). The *recollection quantity hypothesis*¹ suggests that older adults retrieve less information and recalibrate

¹ We refer to *recollection quantity* to designate the number of details retrieved within an event (i.e., the number of recalled details in a free-recall task) while *recollection quality*

their subjective judgments to this lower amount of details, perhaps because of age-related changes in metamemory monitoring processes (St-Laurent, Abdi, Burianová, & Grady, 2011; Wong et al. 2012). In contrast, the *recollection quality hypothesis* proposes that older adults retrieve the same overall amount of information as young adults (thus leading to similar subjective ratings), but that some retrieved elements are distorted, different, or irrelevant, and hence less diagnostic for an objective memory evaluation (thus leading to inaccurate source memory).

To test these hypotheses, McDonough et al. (2014) examined subjective memory reports and the neural reactivation of sensory-perceptual details during cued recollection of scenes using fMRI. They found that young and older participants subjectively rated their memories as equally detailed, but activity in sensory-perceptual brain regions was reduced in older adults, suggesting that they actually recollected fewer details (in line with the recollection quantity hypothesis). However, to our knowledge, no behavioral study has investigated the subjective/objective dissociation as well as the recollection quantity and quality hypotheses in detail.

One limitation of previous behavioral studies is that they examined age-related differences separately for objective and subjective measures within the same task. Comparing mean values of vividness and free-recall across participants allows to examine whether participants who, on average, emit high vividness ratings also recall more episodic details. However, this does not in itself provide any insight about the relationship between the subjective experience of remembering and the actual amount of information retrieved about a particular event. Addressing this issue requires to examine the relationship between

refers to the type or the nature of retrieved details (i.e., correct vs. incorrect details or visual details vs. thoughts). This differs from the study of Wong et al. (2012) in which *recollection quantity* designated the number of correctly remembered items (which corresponds to a measure of hits) while *recollection quality* referred to the number of features/details retrieved for each item (which corresponds to what we refer to as recollection quantity).

objective and subjective recollection on a trial-by-trial basis: are variations in vividness ratings across trials predicted by the associated number of recalled episodic details? Mixed-effects modeling is particularly valuable to address this question (Baayen, Davidson, Bates, 2008). Rather than aggregating data into means values, mixed-effects models can describe the relationship between a response variable and independent variables on a trial-by-trial basis while treating subjects and items as random effects. Therefore, mixed-effects modeling would allow to test whether vividness judgments are predicted by the amount of information retrieved across trials and to determine whether this relationship is similar in young and older adults.

The current study

The main purpose of the current study was to investigate age-related changes in subjective and objective recollection, using a behavioral memory task that directly compares the two recollection aspects with a trial-by-trial approach. To do so, we created an episodic memory task inspired by McDonough et al.'s (2014) study. Pictures were associated with labels at encoding and these labels were then used as retrieval cues in a cued recollection task. At retrieval, on each trial, we combined old/new recognition memory of the labels with a subjective memory evaluation of recollection (vividness ratings of pictures cued by the label) and two measures of objective recollection (source memory and free recall). In light of previous findings, we expected similar or even higher subjective recollection judgments in older than in younger adults (Gallo et al., 2011; Hashtroudi et al., 1990; Robin & Moscovitch, 2017; St-Laurent, Abdi, Bondad, & Buchsbaum, 2014). The objective recollection measure was first operationalized with a source memory assessment about spatial (left or right position on the screen) and temporal (first or second encoding set) information. We hypothesized that group differences would be greater for temporal than spatial information.

Indeed, while spatial source memory is not necessarily age-sensitive (Parkin et al. 1995), there is evidence that aging negatively impacts memory for temporal information (Kausler, Salthouse & Sauls, 1988; Parkin et al. 1995; Bastin & Van der Linden, 2005). Mixed-effects modeling was used to evaluate the relationship between vividness and the accuracy of spatial and temporal source memory on a trial-by-trial basis. In addition to source memory, a free recall task of the content of the picture was used as a second objective recollection measure in order to assess whether young and older individuals retrieved similar amounts of details. Again, mixed-effects modeling was used to evaluate the relationship between vividness and the amount of details recalled on a trial-by-trial basis. If the *quantity hypothesis* is true, we should observe a stronger relationship between vividness and free recall in young than in older adults since this hypothesis posits that older adults' subjective ratings do not map onto the actual amount of information they retrieve.

Because the *quality hypothesis* posits that older adults may consider distorted or incorrect details in the weighing of their subjective remembering experience, an evaluation of the accuracy of the retrieved details would also be informative. Thus, the current study aimed to assess age-related differences in the accuracy of the details recalled by participants. If the *quality hypothesis* is true, we should observe a similar relationship between vividness and the amount of details reported at free-recall in the two age groups when incorrect details are taken into account (i.e., details should predict vividness to the same extent in both groups, when taking into account that some details retrieved by older adults may be distorted).

In addition to episodic memory deficits, age-related differences in non-episodic mechanisms that are spontaneously engaged during a memory task could potentially inflate observed age-differences in recollection. For instance, compared to young adults, older adults verbally describe less information about an event even when episodic memory mechanisms are not necessary to perform the task,

suggesting that age-related narrative changes could account for some of the variance observed in free-recall tasks (Gaesser, Sacchetti, Addis, & Schacter, 2011; Madore, Gaesser, & Schacter, 2014). Moreover, age-related changes in available cognitive resources such as executive functioning might also impact objective recollection performance in such a way as to increase age-related differences (Gallo et al., 2011). Because both source memory and free-recall are related to executive functioning (Glisky, Polster, & Routhieaux, 1995; Henkel, Johnson, & De Leonardis, 1998; Guler & Mackovichova, 2018) and given the age-related decline in executive abilities (Drag & Bieliauskas, 2010), one may wonder whether observed age-related differences in objective recollection measures could be amplified by age-differences in executive functioning. Because of the potential effects of these confounding variables, the participants' descriptions during free-recall may not mirror the actual level of richness of their memory representations, which could in turn impact the trial-by-trial relationship between vividness and free-recall. Thus, the current study aimed at controlling for these potentially confounding variables (narrative style and executive functioning) to age-related differences in objective recollection and its relationship with subjective vividness.

2.3.3 Methods

Participants

Thirty-four young adults (16 men; 19–28 years; $M = 23.61$; $SD = 1.81$) and 34 older adults (12 men; 60–87 years; $M = 70.97$; $SD = 6.29$) participated in this study. This sample size was determined a priori (G-Power 3.0; Faul, Erdfelder, Lang, & Buchner, 2007) in order to have a statistical power of 80% (alpha value of .05) to detect well-established age-related changes in recollection (effect size of Cohen's $d = .75$; Koen & Yonelinas, 2014) and a significant relationship between source memory and executive functioning level ($r = .46$; Glisky et al., 1995). Furthermore, this sample size has been shown to be sufficient to provide unbiased estimates of regression coefficients and their standard errors in multilevel modeling (Maas &

Hox, 2005). All participants were native French speakers and were recruited in the Liège area of Belgium. None reported past or current psychiatric or neurological disorders and the groups did not differ in terms of education. Older participants' general cognitive functioning was assessed with the Dementia Rating Scale (Mattis, 1976) and all participants performed within the norms (Pedraza et al., 2010). On the Mill-Hill vocabulary questionnaire (Deltour, 1993), scores indicated slightly better performance in older adults. Participants' characteristics are shown in Table 1. All participants gave written informed consent and the study was approved by the Ethics Committee of the Faculty of Psychology of the University of Liège, Belgium.

Table 1

Demographics and Executive Test Scores.

	Young (n = 34)	Older (n = 34)	Group difference	
			t	p
Age (years)	23.61 (1.80)	70.97 (6.29)		
Education (years)	15.88 (1.14)	15.08 (2.73)	1.56	.123
Mill-Hill score (/33)	26.55 (2.46)	28.11 (3.89)	-1.97	.052
Mattis DRS score	/	138.25 (2.89)		
N-back score	26.91 (1.52)	25.61 (2.03)	2.97	.004
Stroop score	0.57 (0.27)	1.04 (0.46)	-5.18	<.001
Plus-Minus score	23.31 (14.44)	29.33 (20.94)	-1.38	.172
Executive index	0.35 (0.51)	-0.35 (0.75)	4.66	<.001

Standard deviations are in parentheses. DRS = Dementia Rating Scale

Materials

The stimuli for the memory task were 40 colored pictures selected from the International Affective Picture System (IAPS) (Lang & Bradley, 2007) and from a previous study (Koehler, Guo, Zhang, & Eckstein, 2014)². Only neutral pictures (valence ranged from 4.2 to 6.2) were selected from the IAPS. Because we wanted the memory processes engaged in the task to be as close as possible to those

² The material used in the current study can be obtained upon request.

engaged in real-life situations, we selected pictures that depict daily-life environments (e.g., pictures showing single objects such as a spoon or a mug were excluded), resulting in the selection of 17 pictures from the IAPS. Twenty-three additional pictures were selected from Koehler et al.'s (2014) set. Selected images depicted outdoor (garden, parking) or indoor (living room, bedroom, kitchen) environments. As in McDonough et al.'s (2014) study, each picture was associated with a descriptive label (one to three words). Forty additional lure labels for the cued recollection task were created and each of these lures was paired with one of the studied labels in terms of length and lexical properties. For example, the studied label *playground* was paired with a lure *gymnasium*.

Procedure

Participants were tested individually. The stimuli were presented on a laptop computer and the task was programmed using the E-prime software (Psychology Software Tools, Pittsburgh, PA). The memory task began with an encoding session in which participants saw the 40 pictures together with their corresponding labels for 10 seconds each (see Figure 1). Half of the pictures were presented on the left side of the screen and the other half on the right side (for subsequent spatial source memory), with a fixation cross in the center of the screen and the label below the cross. Each picture presentation was followed by a blank screen for 1000 ms and the order of presentation of left and right stimuli was randomized. The encoding session was divided into two equal parts with a 20-second break in between (for subsequent temporal source memory). Spatial and temporal manipulations at encoding were counterbalanced across the pictures in the different versions of the task. Study instructions were intentional, so participants knew that they would subsequently have to retrieve a mental representation of the picture from the label. However, participants were unaware of the subsequent source memory assessment.

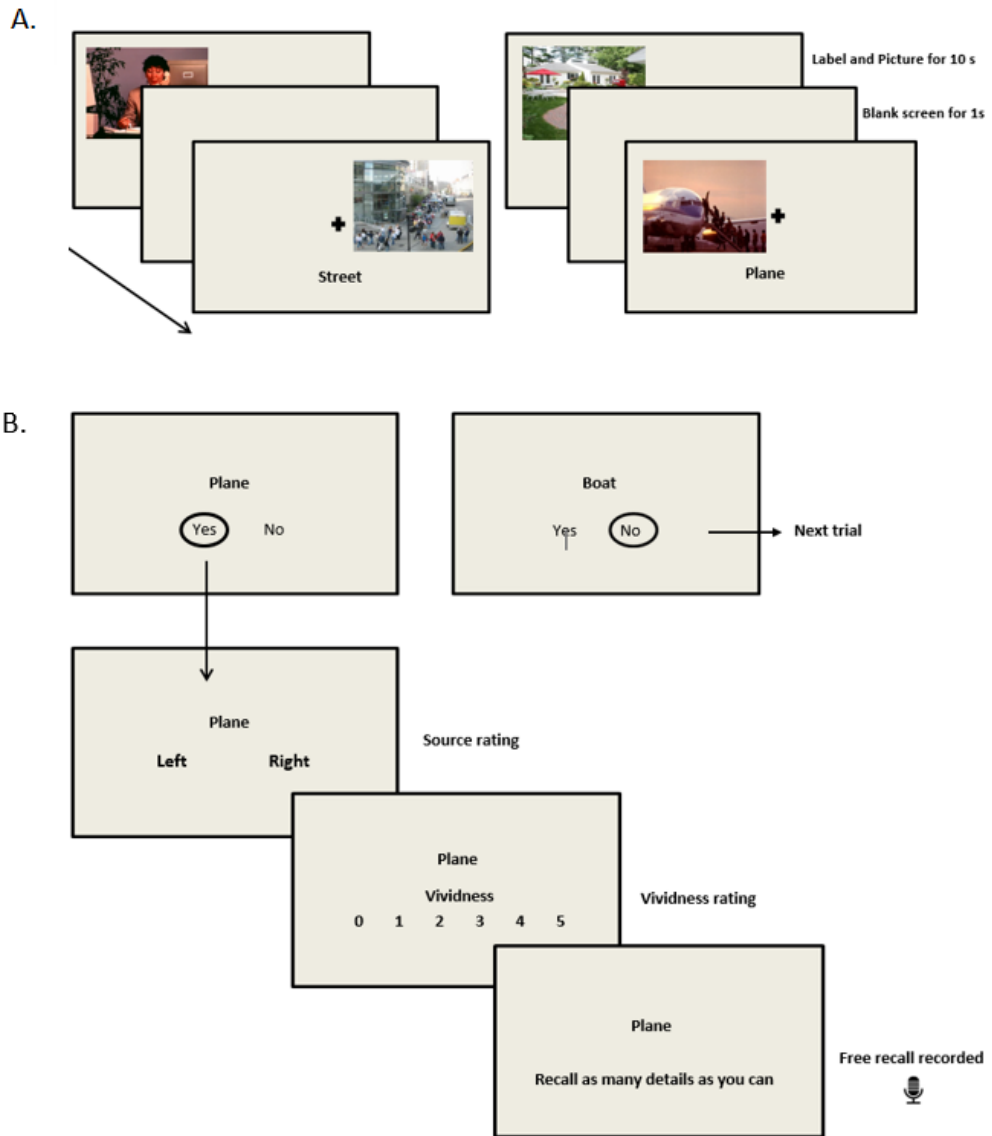


Figure 1. Schematic representation of the procedure in Experiment 1. A. At encoding, each label and its corresponding image were presented at the same time for 10 seconds and images were displayed on either the left or the right side of the screen. Each image and label presentation was followed by a blank screen for 1 second. The encoding phase was divided by a 20-second pause into two equal parts consisting of 20 images each. B. At retrieval, each trial began with a yes/no recognition judgment of the label. For each label judged to be old, participants answered a source memory question (spatial or temporal), were prompted to rate the vividness of their memory of the picture and were asked to recall as many details of the picture as they could. When a label was judged to be new, the next trial began immediately.

Following the encoding session, participants had to count backward during one minute (from 197 in steps of -3). Instructions regarding the cued recollection session were then provided and care was taken to ensure that the participants fully understood each part of the retrieval phase. In the cued recollection task, each trial began with the presentation of a label. Participants had to decide whether they had previously seen this label associated with a picture ($n_{old} = 40$) or not ($n_{new} = 40$). When the label was judged to be new, the next trial began immediately. If the label was considered old, further memory questions were asked. First, participants had to answer either a spatial ($n = 20$ when the participant recognized every old label as such) or temporal ($n = 20$) source memory question regarding the picture associated with the label. Spatial questions corresponded to the position of the picture on the screen (left or right) while temporal questions asked whether the picture was presented in the first or second part of the encoding session. Since participants provided a source memory response for one modality (spatial or temporal) for each label, the attribution of a label to a source question was counterbalanced across participants.

After the source memory questions, participants were asked to rate the vividness of their memory for the picture encoded with the associated label on a Likert scale ranging from 0 (no memory of the picture) to 5 (extremely vivid). Then they were invited to orally recall as many details of the picture as they could. Their responses were audio-recorded. When participants had completed their recall for one trial, they pressed any key to move on to the next trial. No time limit was imposed for the source memory, vividness, and free recall tasks.

Non-episodic mechanisms

After the memory task, participants were presented with two pictures on the computer screen that they were asked to describe (see Gaesser et al., 2011, for a similar approach). To characterize participants' spontaneous narrative style, the

general instructions merely required participants to describe each picture without any further guidelines. The picture description was also audio-recorded and self-paced.

After the memory task and picture description task, participants' executive functioning was assessed using three tasks (N-back, Stroop, Plus-Minus) considered to respectively tap each of the main executive functions: updating, inhibition and shifting (see Table 1) (Angel et al., 2016; Miyake et al., 2000). A detailed description of each task can be found in the Supplementary material. To obtain a global executive functioning measure, we averaged z-scores of each subtest (Angel et al., 2016). Group comparisons revealed that young adults performed better than older adults on the N-Back task and the Stroop test, whereas there was no group difference on the Plus-Minus test. Overall executive functioning as indexed by the composite z-score was higher in young than in older adults (see Table 1).

Narrative Scoring

For each participant, the content of the free recall of each picture was transcribed. To evaluate participants' recall content in depth, we used a narrative coding system that classified the content of each episodic detail in terms of different components (Dede et al., 2016; Hashtroudi et al., 1990; Lancaster & Barsalou, 1997). Eight categories were created and each detail of the recall of each picture was classified according to its content: person (each person or animal mentioned by the participant); object (objects, rooms, natural elements such as trees or hills); perceptual (perceptual information specifying the color, size or texture of a person or an object); spatial (spatial positioning of a person or an object in the picture); quantity (reporting any amount: 4 chairs, 3 men, and so forth); thought (a thought experienced during encoding and reported at recall); comment (personal statements that are not directly related to the recall of the content of the picture: e.g., "There was a cat. *I do not like cats.*" or attribution of

what the people depicted on the picture could think, plan to do or have done: “The man was next to the boat propeller, *he has probably finished to clean it before the picture was taken*”); and repetition (recurrence of a detail in participant’s recall). Our eight scoring categories were not mutually exclusive: each detail could include components from several categories. For example: the detail “A white car was on the right side” includes an object component (the car), a perceptual component (white color) and a spatial component (right side). Furthermore, errors (a detail that is not depicted in the picture or that is not as the participant describes it: e.g., “There was a *white* car” when the car was blue) were scored separately and each error was classified according to whether it referred to a person, object, perceptual feature or spatial location. Each error was classified in only one category because no error involved multiple component categories in the recall protocols. A similar coding procedure was applied to the picture descriptions but the thought and error categories were not used.

The content of the recall of each label/image was coded by the first author. A second trained rater, blind to participant’s age, scored a randomly selected 20% of the data of each group. Across participants, Intraclass Correlation Coefficients (ICCs) between raters were excellent regarding the total number of components, $ICC = .98$; and the number of person components, $ICC = .93$; object components, $ICC = .97$; perceptual components, $ICC = .92$; spatial components, $ICC = .92$; and comments, $ICC = .90$. ICCs were good for thoughts, $ICC = .80$; and the number of errors, $ICC = .79$; and were moderate for quantities, $ICC = .65$; and repetitions, $ICC = .73$; (Koo & Li, 2016). Similar interrater reliability analyses were conducted for the picture descriptions, and the results can be found in the Supplementary material.

2.3.4 Results

Cued Recollection Task

Table 2 presents mean label recognition performance, source memory scores, vividness ratings and free recall scores in the two age groups. Participants in both groups displayed comparable hits, $t(66) = -0.65, p = .518$, and false alarms, $t(66) = -0.49, p = .622$, and were able to discriminate between targets and lure labels as efficiently (hit minus false alarms: $t(66) = -0.57, p = .569$). False alarm rates were not analyzed further because they were very low in both age groups. Similarly, source memory, vividness and free-recall responses associated with false alarms were not included in the following analyses.

Table 2

Mean memory performance.

	Young	Older
Hits (%)	83.97 (11.06)	85.59 (9.42)
False alarms (%)	0.37 (1.08)	0.51 (1.34)
Spatial source memory	70.55 (17.17)	69.04 (13.85)
Temporal source memory	70.66 (9.80)	62.80 (13.64)
Vividness	2.87 (0.64)	3.30 (0.80)
Number of correct components	7.09 (2.44)	5.65 (1.62)

Standard deviations are in parentheses.

Objective recollection

With regard to source memory performance (number of correct responses divided by number of correctly recognized labels), there was no significant difference between young and older participants in spatial source memory, $t(66) = 0.40$, $p = .692$, while there was a significant group difference in temporal source memory, $t(66) = 2.72$, $p = .008$. To assess the possibility that participants' performance on objective recollection measures was partly determined by executive functioning, we conducted hierarchical multiple regressions (see Supplementary materials). Briefly, we found that neither executive functioning nor age predicted spatial source memory. In contrast, executive functioning but not age predicted temporal source memory.

Correct responses in the free recall task were analyzed using a 2 (Group: young vs. older adults) x 8 (Category: person vs. object vs. perceptual vs. spatial vs. quantity vs. thought vs. comment vs. repetition) repeated-measures ANOVA on the number of details³. The analyses revealed a main effect of Group, $F(1, 66) = 6.02$, $p = .016$, $\eta_p^2 = .08$, a main effect of Category, $F(1.64, 108.35) = 387.68^4$, $p < .001$, $\eta_p^2 = .85$, as well as a significant Group x Category interaction, $F(1.64, 108.35) = 9.22$, $p < .001$, $\eta_p^2 = .12$. Follow-up analyses revealed that young adults recalled more components in the perceptual category than older adults (Tukey test, $p < .001$), while there were no significant Group differences in the remaining categories (all $ps > .177$; see Figure 2). Both narrative style (i.e., the number of described perceptual components) and executive functioning predicted the amount of recalled perceptual components, but age still explained a significant part of the variance in the number of recalled perceptual components when these variables were taken into account (see Supplementary materials). So the age-

³ Free-recall data (both recordings and transcriptions) are in French but can be obtained upon request.

⁴ We applied Greenhouse-Geisser corrections because the sphericity assumption was violated.

related decline in the ability to recall perceptual components could not be simply attributed to lower executive functioning or to age-related changes in narrative style.

Figure 2.

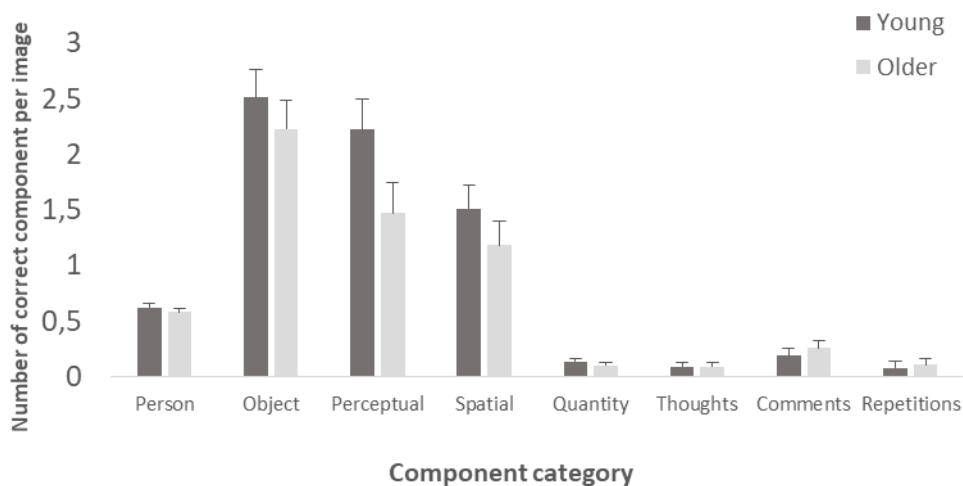


Figure 2. Mean number of components recalled per image for each component category in young and older adults. Error bars represent 95% confidence intervals.

Errors in free recall were analyzed using a 2 (Group: young vs. older adults) x 4 (Error category: person vs. object vs. perceptual vs. spatial) repeated-measures ANOVA on error rates. There was a main effect of Group, $F(1, 66) = 19.63, p < .001, \eta_p^2 = .23$, a main effect of Error category, $F(1.84, 119.57) = 61.02,^3 p < .001, \eta_p^2 = .50$, and a significant Group x Error category interaction, $F(1.84, 119.57) = 5.73, p = .006, \eta_p^2 = .08$, indicating that older adults ($M = 0.13$) made more errors than young adults in the object category ($M = 0.07$; Tukey test, $p < .001$), while there was no Group difference for the remaining categories (all $ps > .672$).

Subjective recollection

Analyses of vividness ratings revealed that, on average, older adults rated their subjective memory for the picture as more vivid than young adults, $t(66) = -2.44, p = .017$ (Table 1).

Relationship between objective and subjective recollection

To investigate the relationship between subjective (vividness ratings) and objective (free recall and source memory) recollection on a trial-by-trial basis, we used mixed-effects modeling using the lme4 package (Baayen, Davidson, Bates, 2008) implemented in the R software (R Core Team, 2017). Trials were modelled as level 1 units and participants as level 2 units. Subjects and items were modelled as crossed random effects. More specifically, the model included random intercepts for both subject and item, and by-subject random slopes (Baayen, Davidson, Bates, 2008). The dependent variable was vividness ratings in all analyses.

To examine the relationship between spatial source memory and vividness, Spatial source memory accuracy on each trial was added as first-level predictor, Group as second-level predictor, and the Spatial source memory accuracy x Group cross-level interaction was also added to investigate potential age differences in the relationship between vividness and the accuracy of the spatial source memory response. This mixed-effects analysis included trials of the spatial source memory task as level 1 units ($n = 1150$) and participants as level 2 units ($n = 68$). The results revealed that the accuracy of Spatial source memory was a significant predictor of vividness, showing that correct Spatial source memory responses were associated with higher vividness ratings (see Table 3 top). The effect of Group and the Group x Number of components interaction were not significant.

A similar mixed-effects analysis was conducted with Temporal source memory accuracy as predictor, the other variables being the same (level 1 units =

1155; level 2 units = 68). This analysis revealed that the accuracy of Temporal source memory did not predict vividness (see Table 3 bottom). Group significantly predicted vividness ratings, indicating that higher vividness ratings were given by older than young adults, while the Temporal source memory x Group interaction was not significant.

Table 3. *Mixed-effects modeling assessing the relationship between source memory and vividness.*

Predictor	Coefficients and statistics		
	β	SE	p
Spatial source memory accuracy	0.213	0.085	.015
Age group	0.355	0.186	.061
Spatial source memory accuracy x Age group interaction	-0.073	0.122	.554
Temporal source memory accuracy	0.078	0.087	.368
Age group	0.478	0.177	.008
Temporal source memory accuracy x Age group interaction	-0.016	0.126	.896

Note: Vividness is the outcome variable in all analyses.

Next, we examined the relationship between vividness and free-recall. To assess the recollection quantity hypothesis, the total number of correct components recalled (i.e., the sum of persons, objects, spatial, perceptual, quantity and thoughts) was added as first-level predictor, Group as second-level predictor, and the Number of components x Group cross-level interaction was also added to investigate age differences in the relationship between vividness and the number of recalled components. This mixed-effects analysis included all trials as

level 1 units (n= 2305) and participants as level 2 units (n=68). The results revealed that the number of components recalled was a significant predictor of vividness, showing that trials that received higher vividness ratings were characterized by more recalled components (see Table 4 top). Group was also a significant predictor of vividness ratings. Finally, the Group x Number of components interaction was significant. Follow-up mixed-effects analyses for each group revealed that the number of components recalled was a significant predictor of vividness ratings in both groups but was stronger in young adults than in older participants. In other words, the relationship between the subjective and objective aspects of recollection on a trial-by-trial basis was more pronounced in younger than in older adults. Similar results were obtained when measures of executive functioning and narrative style were entered in the model, indicating that age-related differences in the relationship between objective and subjective recollection cannot be simply explained by these variables.

We also conducted a similar mixed-effects analysis with the number of recalled perceptual components as first-level predictor. Again, this analysis yielded a significant Group x Number of perceptual components interaction (see Table 4 middle), showing that the amount of recalled perceptual components predicted subjective vividness to a greater extent in young than in older adults.

Table 4. *Mixed-effects modeling assessing the relationship between free-recall and vividness.*

Predictor	Coefficients and statistics		
	β	SE	<i>p</i>
N° correct components	0.507	0.049	< .001
Age group	0.435	0.144	.003
N° correct components x Age group interaction	-0.218	0.069	.002
N° correct components in young adults	0.527	0.057	< .001
N° correct components in older adults	0.275	0.042	< .001
<hr/>			
N° perceptual components	0.149	0.033	< .001
Age group	0.726	0.196	< .001
N° perceptual components x Age group interaction	-0.110	0.043	.013
N° perceptual components in young adults	0.252	0.034	< .001
N° perceptual components in older adults	0.155	0.029	< .001
<hr/>			
N° correct + incorrect components	0.474	0.047	< .001
Age group	0.420	0.143	.005
N° correct + incorrect components x Age group interaction	-0.187	0.071	.007
N° correct + incorrect components in young adults	0.497	0.055	< .001
N° correct + incorrect components in older adults	0.265	0.040	< .001

Note: Vividness is the outcome variable in all analyses.

Finally, to assess the recollection quality hypothesis, we ran a similar mixed-effects analysis with the total number of components recalled (correct and incorrect) as first-level predictor. The results were the same as those reported in the analysis with the correct components (see Table 4 bottom). In other words, the relationship between vividness and free-recall was more pronounced in younger than in older adults, even when incorrect details were taken into account in the analysis.

2.3.5 Discussion

Several studies have reported that older adults subjectively rate their recollection of events as being as vivid and detailed as young adults do, even though they objectively recollect the source and specific details of these events less accurately (Hashtroudi et al. 1990; Duarte et al. 2006; 2008; Gallo et al. 2011; Robin & Moscovitch, 2017). However, previous studies have yielded only indirect evidence for a dissociation between objective and subjective recollection measures because they compared aggregated data on the two measures in young and older participants. To our knowledge, this study is the first to address the relationship between subjective and objective recollection more directly by investigating the two aspects of recollection on a trial-by-trial basis. In the following paragraphs, we will first discuss results on objective and subjective recollection, and then we will address the extent to which our findings provide support to the recollection quantity and/or quality hypothesis.

Objective recollection

Objective recollection, as operationalized by source memory, revealed an age difference that was specific to temporal source memory, whereas no age-difference was found for spatial source memory (Bastin & Van der Linden, 2005; Henkel et al., 1998; McDonough & Gallo, 2013). There have been conflicting

findings regarding age-related changes in spatial source memory: some studies showed an age-related difference (Cooper et al., 2017; Duarte et al., 2006; Parkin, Hunkin, & Walter, 1995), while others did not (Cooper et al., 2017). In this latter report, age-related differences were found for source memory of items presented within scene backgrounds while no group difference was shown for items presented on both sides of a fixation cross (Cooper et al., 2017). Given that aging affects the capacity to bind items and their corresponding (notably spatial) features (Chalfonte & Johnson, 1996), it might be more difficult for older individuals to retrieve the location of an item within a complex picture (Cooper et al. 2017) than the left-right location of the picture itself as in our study. In contrast, a substantial body of research has shown that temporal source memory is less accurate in older than in young participants (Bastin & Van der Linden, 2005; Gallo et al., 2011; Parkin et al., 1995). This age-related deficit for temporal source memory might be due to a failure to reconstruct the temporal context from information associated with the item, a process that requires the implementation of efficient memory retrieval strategies (Bastin & Van der Linden, 2005; Bastin, Van der Linden, Michel, & Friedman, 2004). Consistently with previous work, age-related differences in temporal source memory were mediated by changes in executive functions (Parkin et al., 1995), which highlights that age-differences in source memory performance might be, at least partly, determined by the extent to which the assessed source memory dimension requires the implementation of executive functioning processes.

Free recall data revealed that older adults retrieved fewer perceptual details than young adults, in line with a previous study on memories for real-life events (Hashtroudi et al., 1990). This pattern of result is also consistent with McDonough et al.'s (2014) study, which showed that memory reinstatement in older adults was associated with weaker brain activity in visual regions responsible for the processing of perceptual information. Interestingly, the finding that the age-difference in free-recall remained significant after controlling for executive

functioning and narrative style suggests that this difference relates primarily to changes in episodic memory mechanisms.

Our design allowed us to specifically assess the accuracy of these recollected details and revealed that older adults indeed retrieved more incorrect details than young adults. One might suggest that these errors could be due to distortions in stored memory representations. Alternatively, because errors often consisted in recalling a non-present object that was plausible for the scene (e.g., a bed in a picture showing only chests of drawers and toys in a child's bedroom), this could reflect a biased reconstruction of the scene from general knowledge elicited by the label. Indeed, the use of the label to cue the retrieval of a complex picture may activate conceptual and schematic knowledge related to the scene (Wing, Ritchey, & Cabeza, 2015), which could bias remembering experience. This schematic knowledge account may explain why older adults made more object errors than young participants since aging has been associated with an overreliance on pre-existing schematic knowledge while remembering (Hess & Slaughter, 1990; Umanath & Marsh, 2014).

Age-related differences in subjective recollection and its relationship with objective recollection

The main aim of this study was to investigate whether age-related memory changes in objective recollection would be accompanied by similar variations in the subjective remembering experience. Consistent with previous findings (Comblain et al., 2005; Johnson et al., 2015; Robin & Moscovitch, 2017), aging was not associated with reduced subjective recollection. Thus, taken separately, measures of source memory, free recall and vividness showed a dissociation between objective and subjective recollection in aging. The novel aspect of our study is the use of mixed-effects modeling to shed light on the relationship between these two aspects of recollection on a trial-by-trial basis.

Mixed-effects modeling first revealed that spatial, but not temporal, source memory accuracy predicted subjective vividness ratings. This result suggests that being able to reinstate the spatial context of a scene may contribute to the subjective quality of memories. In contrast, our results suggest that temporal source memory is not used for judging memory vividness, perhaps because subjective vividness judgements in the current study were mainly based on visual features. Interestingly, spatial source memory accuracy predicted vividness to a similar extent in both age-groups, suggesting that the extent to which the reinstatement of spatial context contributes to subjective vividness does not change with aging.

The hypotheses proposed by McDonough et al., (2014) were tested by examining the trial-by-trial relationship between vividness judgments and the details produced during the free-recall task. As a reminder, the *recollection quantity hypothesis* posits that older adults retrieve less information than young adults and recalibrate their subjective ratings, whereas the *recollection quality hypothesis* proposes that older adults can calibrate their subjective memory ratings as precisely as young adults do, but that the retrieved details they rely on are distorted, different or less diagnostic.

Our findings are more in line with the recollection quantity hypothesis. Older adults provided higher vividness ratings than young adults, which suggests that, overall, they overestimated their subjective memory experience with regard to the amount of retrieved episodic details (*recollection quantity hypothesis*). This latter hypothesis was supported by the finding that the amount of retrieved (especially perceptual) details better predicted vividness ratings in young than older adults, a difference that could not be simply attributed to age-differences in narrative style or free-recall. These results echo with previous work showing that the relationship between subjective confidence and memory accuracy was stronger in young than older adults (Wong et al. 2012). The authors attributed older adults' poorer confidence calibration to the reduced amount of retrieved

details and/or age-related impairments in memory monitoring processes: a reduction in the amount of episodic details could make the discrimination between targets and lures challenging because fewer diagnostic features would be available (Wong et al. 2012). Support for this hypothesis comes from a study showing that when memory performance was equated between age-groups, older adults did not differ in the resolution of their Feeling-of-Knowing judgements relative to young adults. So it seems that older adults can calibrate their subjective ratings when the corresponding memory traces are sufficiently strong (Hertzog, Dunlosky & Sinclair, 2010). Therefore, the older adults' poorer vividness calibration observed in the current study could result from a lower number of retrieved (perceptual) episodic details. Remembering few episodic details might make it difficult to differentiate between a poor and a rich subjective experience of remembering, which would reduce objective-subjective memory calibration.

Alternatively, older adults' poorer vividness calibration could be explained by age-related metamemory changes. With increasing age, people might have difficulties determining what constitutes a highly vivid episodic memory experience and might therefore erroneously consider an impoverished memory representation to be rich and detailed. In a related vein, it has been proposed that older adults lower their vividness criterion, such that they content themselves with a reduced amount of details and, consequently, overestimate the subjective richness of their memory representations (St-Laurent et al., 2011).

On the other hand, the recollection quality hypothesis posits that young and older adults rely on different types of information to make vividness judgements, with older adults using more erroneous or distorted information (McDonough et al., 2014). However, we found that when incorrect details were taken into account, the relationship between free-recall and vividness was still stronger in young than in older adults. In other words, older adults were still less calibrated than young adults in their subjective memory ratings when erroneous details were included in the free-recall measure. This suggests that older adults'

poorer calibration of subjective vividness cannot be attributed to the inclusion of distorted/incorrect details in their judgements.

Although the current study does not provide support for the recollection quality hypothesis, we cannot rule out the possibility that older adults relied on episodic details that were not captured by the current paradigm. For instance, Koutstaal (2003) suggested that older adults do not give as much importance or weight to the retrieval of perceptual features (color, size, texture) of objects as young adults do. Rather, they tend to rely preferentially on gist-based information when making memory judgments (Koutstaal & Schacter, 1997). Therefore, older adults could base their vividness ratings on gist information retrieved from the descriptive label rather than on specific details from the picture, which might partly explain why the amount of episodic details predicted their subjective memory experience to a lesser extent. Alternatively, older adults could relate picture stimuli to personal memories or autobiographical knowledge to a greater extent than young adults during encoding and they could subsequently rely on these internal sources to judge the subjective quality of their memories (Mitchell & Johnson, 2009). Young and older adults may thus spontaneously weight different kinds of information (that they initially experience to a different degree during memory encoding) when remembering, which might impact how they judge the subjective quality of their memories (Johnson et al., 2015).

Mitchell and Hill (2019) recently examined whether age-related changes in source memory performance and subjective memory judgements could be attributed to the fact that young and older adults focus on different types of information during episodic encoding. While seeing pictures, young and older adults were asked to focus on three types of features for which they judged the subjective vividness (i.e., the visual details, emotion, and personal memories/thoughts evoked by the pictures). They were further instructed to mentally visualize half of the pictures and to make one subjective judgement (visual details or emotion or personal thought) per picture. Subsequently, a source

memory test asked whether each picture was encoded and then mentally visualized or was only encoded. Results revealed that the subjective ratings made when seeing and mentally visualizing the pictures did not differ between age-groups, while source memory performance was reduced in older adults (Mitchell & Hill, 2019). Interestingly, however, the intensity of the subjective judgements made when mentally visualizing the pictures correlated with the accuracy of subsequent source memory in both age-groups. These results suggest that when young and older adults presumably focus on the same features during encoding, these features are judged at a similar level of vividness and become equally diagnostic for source memory decisions in both age-groups, although older adults perform less well than young adults (which may be attributed to age-related changes in memory monitoring processes; Mitchell & Hill, 2019). This highlights that older adults can process and use the same details as young adults for their memory decisions, at least when they are encouraged to focus on these details. Asking young and older participants to focus on the same types of features during memory encoding is thus a promising approach for future studies to shed further light on the types of features that give rise to a subjective sense of remembering in young and older individuals.

One last factor that might in part account for the present results relates to older participants' memory self-efficacy, that is, one's beliefs about the weaknesses and strengths of one's memory capacities (Hulstsch et al., 1988). Specifically, it could be that older adults realized that they did not remember some pictures (i.e., missed trials) and to compensate for this, they might assign high vividness judgements to remembered images so as to make them feel better regarding their memory self-efficacy (e.g., "I know that I forgot some images but the ones I remember, I recollect them very well").

Finally, a limitation of the current study is that although we took care to select neutral pictures, some of the pictures that were used were not pre-tested for emotion and arousal ratings. Given the emotional bias occurring during

remembering in older individuals (Kensinger, 2009), our findings should be replicated with pictures that would be validated for both young and older adults. Besides, a validation of the labels used to cue recollection (i.e., to ensure that they match with their corresponding pictures both for young and older participants) would also strengthen our conclusions.

Conclusion

In conclusion, this study replicates previous findings that older adults show an impoverished capacity to retrieve specific contextual information and details from complex scenes. The age-related decline in retrieving specific –perceptual – details from a scene persisted even after controlling for the effects of executive functioning and narrative style, suggesting that the decline might be underpinned by episodic memory changes. In contrast, older participants rated their memories as more vivid than young adults. We found that the capacity to recollect the spatial context from scenes significantly predicted the associated subjective vividness judgements in both age-groups. Although a significant relationship between the subjective experience of remembering and the objective amount of perceptual episodic information retrieved was also observed in both groups, this relationship was stronger in young than in older adults. In other words, older adults do not only retrieve fewer specific episodic details but also rely on these details to a lesser extent to calibrate their subjective memory ratings. Future work should attempt to understand how the weighting of episodic details gives rise to the subjective experience of recollection across the lifespan. This would provide important insights into how the human cognitive system generates subjective recollection judgments and how these judgments evolve with age.

**Deciphering the Relationship between Objective and Subjective Aspects of
Recollection in Healthy Aging**

Adrien Folville¹, Arnaud D'Argembeau¹ & Christine Bastin¹

2.3.6 Supplementary material

Picture Description Task

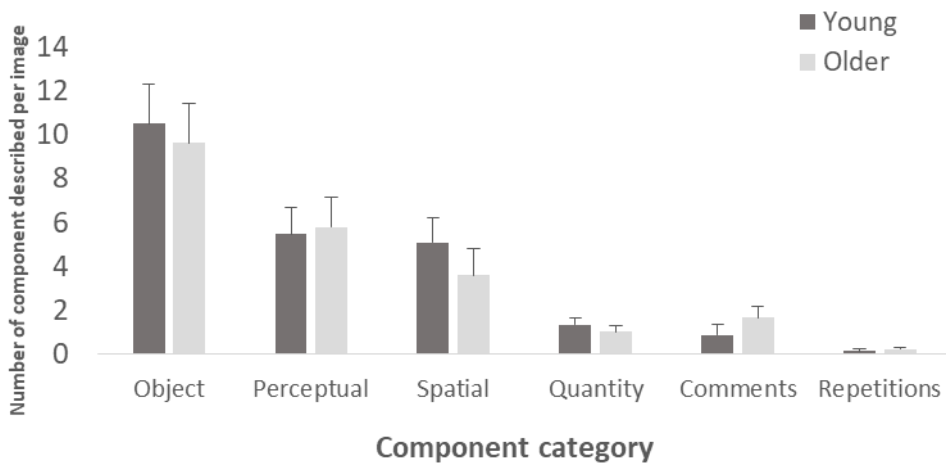
The content of the description of each image was coded by the first author. A second trained rater, blind to participant's age, scored a randomly selected 20% of the data of each group. Across participants, Intraclass Correlation Coefficients (ICCs) between raters revealed excellent interrater agreement regarding the total number of components, $ICC = .99$; object components, $ICC = .99$; perceptual components, $ICC = .98$; spatial components, $ICC = .93$; quantities, $ICC = .93$; and comments, $ICC = .90$. Good agreement was found for repetitions, $ICC = .77$; and moderate agreement for the number of person components, $ICC = .52$.

We conducted a 2 (Group: young vs. older adults) x 6 (Category: object vs. perceptual vs. spatial vs. quantity vs. comment vs. repetition) repeated-measures ANOVA on the picture description task⁵. There was a main effect of Category, $F(1.75, 115.69) = 148.14^6$, $p < .001$, $\eta_p^2 = .69$ (Figure S1), but no main effect of Group, $F(1, 66) < 1$, $p = .61$, $\eta_p^2 = .01$, and no Group x Category interaction, $F(1.75, 115.69) = 1.88$, $p = .16$, $\eta_p^2 = .03$.

⁵ Because the ICC was low regarding the person components category, we decided not to include it in the subsequent analysis. Note that when it was included, the pattern of result did not change.

⁶ We applied Greenhouse-Geisser corrections because the sphericity assumption was violated.

Figure S1. Mean number of components described per image for each component category in young and older adults. Error bars represent 95% confidence intervals.



Executive Functioning

Participants' executive functioning was assessed using the N-back, Stroop and Plus-Minus tasks that respectively measure updating, inhibition and shifting functions.

N-back task (Jaeggi, Buschkuhl, Perrig, & Meier, 2010). The experimenter orally presented a series of 30 letters. For each letter, the participant had to decide whether it was the same as the letter presented two steps before. The total number of correct answers was the key measure.

Stroop test (Stroop, 1935). The color and interference subtests were used to measure participants' inhibitory abilities. An interference score was calculated as follows: $([\text{number of correct responses for 45 seconds in color subtest}] - [\text{number of correct responses for 45 seconds in interference subtest}]) / (\text{number of correct responses for 45 seconds in color subtest})$.

Plus-Minus task (Hull, Martin, Beier, Lane, & Hamilton, 2008). This test comprised three written subtests (addition, subtraction, alternation). In the first subtest, participants had to add 3 to each number. In the second, they had to subtract 3 from each number. In the last, they had to alternate between additions and subtractions of 3. For each participant, an alternating score could be computed as follows: $(\text{time in alternation}) - (\text{time in addition} + \text{time in subtraction})/2$.

Relationship between non-episodic mechanisms and objective recollection

To assess the possibility that participants' performance on objective recollection measures was partly determined by their executive functioning, we conducted hierarchical multiple regressions (see Table S1). Our variable of interest – executive functioning – was entered in first step while age was entered in second step. We found that executive functioning did not significantly predict spatial source memory performance. When age was then loaded, it did not significantly predict spatial source memory performance. We also found that executive functioning was a significant predictor of temporal source memory performance, whereas age did not improve the model.

Next, to evaluate the extent to which participants' executive functioning and narrative style predicted the number of perceptual components recalled, we conducted a multiple regression with the number of perceptual components recalled as dependent variable and where executive functioning, narrative style and age were entered respectively in first, second and third step (see Table S1). This analysis revealed that narrative style significantly predicted the number of components recalled even after controlling for the effect of executive functioning. When age was added in the third step, it significantly predicted recall performance for perceptual components.

Table S1

Hierarchical regression analyses. Left column represents the dependent variable of each regression. The remaining columns from the left to the right represent each variable entered step by step in the regression.

	Step 1		Step 2		Step 3	
	Executive functioning <i>R</i> ²	<i>p</i>	ΔR^2	<i>p</i>		
Spatial source memory	.06	.052	.01	.605		
Temporal source memory	.23	< .001	.01	.417		
	Executive functioning <i>R</i> ²	<i>p</i>	Narrative style		Age	
	<i>R</i> ²	<i>p</i>	ΔR^2	<i>p</i>	ΔR^2	<i>p</i>
N° perceptual components recalled	.16	<.001	.14	< .001	.12	< .001

2.4 Etude 2. Age-related differences in the neural correlates of vivid remembering.

Article publiée dans le journal *Neuroimage* :

Folville, A., Bahri, M. A., Delhayé, E., Salmon, E., D'Argembeau, A., & Bastin, C. (2020). Age-related differences in the neural correlates of vivid remembering. *NeuroImage*, 206, 116336.

Age-related differences in the neural correlates of vivid remembering

Adrien Folville^{1,2}, Mohamed Ali Bahri¹, Emma Delhayé^{1,2}, Eric Salmon^{1,2},
Arnaud D'Argembeau^{1,2*}, & Christine Bastin^{1,2*}

* Equal contribution

¹ GIGA-CRC In Vivo Imaging, University of Liège, Liège, Belgium

² Department of Psychology, Psychology and Neuroscience of Cognition
Research Unit, University of Liège, Liège, Belgium

Corresponding author: Adrien Folville, GIGA-CRC In vivo Imaging, University of
Liège, Allée du 6 Août, 8, B30, 4000 Liège, Belgium,
phone: ++ 32 (0)4 366 23 62, Fax: ++ 32 (0)4 366 29 46, Email:
adrien.folville@uliege.be

2.4.1 Abstract

When recollecting events, older adults typically report similar memory vividness levels as young adults, while they actually retrieve fewer episodic details. This suggests that young and older adults use episodic details differently to calibrate their vividness judgements. Capitalizing on the idea that remembering reactivates brain regions that initially processed details at encoding, the current fMRI study sought to examine these age-related changes in the basis of vivid recollection. At encoding, young and older adults saw pictures associated with labels and these labels were then used as retrieval cues for recalling the associated pictures and making memory vividness judgments. Results showed that highly vivid memories were associated with greater activity in the precuneus in young than older adults. Furthermore, the direct comparison between encoding and retrieval patterns of activity using Representational Similarity Analyses revealed stronger item-specific reactivation in the posterior cingulate/retrosplenial cortex in young than older adults. Taken together, these results provide new evidence that aging is associated with reduced reinstatement of activity in brain regions that processed the encoding of complex stimuli, but older individuals judge these impoverished memory representations as subjectively vivid.

Keywords: aging; episodic memory; fMRI; recollection; vividness

2.4.2 Introduction

Episodic memory declines in normal aging (Drag & Bielauskas, 2010), especially when episodic memory performance is measured objectively (i.e., when the accuracy of memories is evaluated). For instance, while older adults have relatively good recognition memory for single items, they have a decreased ability to remember how these items were associated (Naveh-Benjamin, 2000) or to identify their source (Bastin et al. 2013). Age-related differences have also been observed in the free recall of items (Norman & Schacter, 1997) and recollection of episodic details from autobiographical events (Levine et al. 2002; Gaesser et al. 2011). However, a surprising pattern of results has emerged when episodic memory is measured subjectively (i.e., with introspective judgements regarding the phenomenological quality of the memory). Indeed, older adults usually give similar or even higher subjective ratings than younger adults when assessing the subjective richness of their memories. This was notably the case in studies that used subjective memory judgements (e.g., Memory Characteristics Questionnaire, Johnson et al. 1998; Hashtroudi et al. 1990; Comblain et al. 2005; De Brigard et al. 2016) or vividness ratings (St-Laurent et al. 2011, 2014; Johnson et al. 2015; Robin & Moscovitch, 2017). Critically, in most of these studies, age-invariant subjective memory judgements contrasted with impaired performance on objective measures of memory (source memory or free-recall) in aging (Hashtroudi et al. 1990; Robin & Moscovitch, 2017).

To shed light on this dissociation between objective and subjective recollection in aging, Folville, D'Argembeau and Bastin (2019) recently conducted an experiment in which young and older participants were presented with pictures that were associated with descriptive labels at encoding. At retrieval, participants were cued with the labels and were asked (1) to rate the vividness of their memory for the associated picture and (2) to recall as many details of the picture as possible. Results revealed that, across trials, the relationship between subjective (vividness) and objective (number of recalled details) recollection was stronger in

young than older participants, indicating that the subjective experience of remembering becomes less tied to the objective amount of retrieved details in aging. These results suggest that the type of information that is used to calibrate memory vividness judgements differs between age groups. However, the investigation of the basis of memory vividness using verbal reports on recalled information may be challenging, notably because people do not necessarily have introspective insight as to the kinds of information that give rise to subjective vividness. fMRI thus provides a promising method to shed further light on the cognitive processes underlying the retrieval of subjectively rich and vivid memories in young and older adults (Mitchell & Johnson, 2009).

The conscious retrieval of details from past events is supported by a specific set of brain regions that forms the so-called *Core Recollection Network* (Rugg & Villberg, 2013). This network comprises the medial prefrontal cortex, retrosplenial/posterior cingulate cortex, angular gyrus, hippocampus and parahippocampal cortices (Rugg & Villberg, 2013; King et al. 2015). In a recent study, Richter et al. (2016) investigated brain regions that were specifically associated with objective memory success, memory precision, and subjective vividness in young adults. Retrieval success and precision were associated with greater activity in the hippocampus and the angular gyrus, respectively (see also Ranganath et al. 2004; Wagner et al. 2005), whereas vividness was related to activity in the precuneus. The precuneus has also been related to vividness judgments in other studies (St-Laurent et al. 2015) and may support metacognitive decisions (Baird et al. 2013) or mental imagery processes (Gardini et al. 2006) accompanying episodic memory retrieval.

Aging is associated with decreased activity in brain regions involved in episodic memory retrieval (Duarte et al. 2008; St-Jacques et al. 2012; Cansino et al. 2015), notably in the Core Recollection Network (Angel et al. 2013). A recent study examined the neural correlates of subjective memory judgments in normal aging

(McDonough et al. 2014). Specifically, young and older adults encoded pictures associated with descriptive labels outside the scanner and then were cued by the labels in the scanner and had to rate how detailed their memories for the pictures were. The results showed that both groups gave similar subjective memory ratings but that older adults' ratings were associated with less brain activity in the parahippocampal gyrus, fusiform gyrus, and precuneus relative to young adults. The authors interpreted this lower brain activity in visual processing regions as evidence that aging reduces the reactivation of episodic details, while preserving their subjective memory experience. However, McDonough et al. did not directly contrast 'strong' hits (i.e., the most intense subjective judgements for which age-related overestimation should be maximized) between age groups. Besides, they did not measure vividness per se but rather the subjective amount of details that were retrieved. A comparison of the neural correlates of highly vivid memories between young and older adults would provide further information on the cognitive mechanisms underlying subjective vividness in the two age groups. Accordingly, the first aim of the current study was to investigate brain regions associated with the retrieval of highly vivid memories in young and older adults.

On the basis of the long-standing view that brain regions that processed the details of an event at encoding are reactivated during conscious episodic retrieval (Nyberg, 2000), recent studies have examined the extent to which brain activity during encoding and retrieval overlap. Representational Similarity Analyses (RSA, Kriegeskorte et al. 2008) allow to quantify the similarity between encoding and retrieval patterns of brain activity (Encoding-Retrieval Similarity, ERS) at the trial level. Studies conducted in young individuals revealed significant ERS in the posterior cingulate cortex (Bird et al. 2015; Wing et al. 2015; Oedekoven et al. 2017), parahippocampal cortex (Staresina et al. 2012) and occipito-temporal regions (Ritchey et al; 2014; Wing et al. 2015) in cued-recollection tasks. While the reactivation of the posterior cingulate cortex at retrieval has been related to the reinstatement of the contextual frame of the encoding episodes (Wing et al. 2015;

Oedekoven et al. 2017), the reactivation of parahippocampal and occipito-temporal regions has been associated with high-order visual processing of the encoded stimuli (scene pictures: Staresina et al. 2012, Ritchey et al. 2014 and Wing et al. 2015; video clips: Bird et al. 2015 and Oedekoven et al. 2017).

The few studies that examined age-related changes in the similarity between encoding and retrieval activity have yielded divergent findings. Cortical reinstatement was indirectly assessed by McDonough et al. (2014) by overlaying brain activity observed at retrieval on the brain activity measured during a picture visualization task. This analysis revealed that differences in memory retrieval (Main effect of age: Young > older contrast) corresponded to a greater overlap between memory retrieval and the activity associated with picture viewing in the precuneus, fusiform gyrus and parahippocampal gyrus, thus supporting the authors' assumption that aging reduces the reactivation of brain regions that processed episodic details at encoding. Another study using multivariate pattern analysis (MVPA) showed reduced reinstatement in occipito-temporal visual regions in older relative to young adults when participants viewed and then rehearsed video clips (St-Laurent et al. 2014). However, caution should be taken when interpreting these results because participants rehearsed each video several times and could thus benefit from multiple exposures (Wang et al., 2016).

More recent studies found that the cortical reinstatement of words or pictures of objects, measured using an MVPA classifier, was similar in older and young adults (Wang et al., 2016; Thakral, Wang & Rugg, 2017). However, in these studies, subjective remembering was indexed with Remember judgements. A remember rating can be based on whichever contextual detail brought back to mind (e.g., a thought, an association, a visual detail) whereas vividness ratings may be mainly based on the visual features of the encoded episode (Marks, 1973). It is therefore unclear whether findings of studies investigating the impact of age on cortical reinstatement using a Remember/Know paradigm generalize to subjective vividness ratings.

In a study by Johnson and colleagues (2015), brain activity of young and older adults was recorded while they encoded pictures of scenes and objects associated with labels and were subsequently cued with the labels to assess subjective memory vividness. MVPA classification of fMRI data was used to measure category representations during encoding and retrieval. The results showed no age-group difference in terms of memory reactivation during episodic remembering as assessed by MVPA reactivation classifications (classifier trained on the encoding and tested on the retrieval) – at least when age-differences in category classification during encoding were taken into account (Johnson et al., 2015). These findings suggest that older adults do not differ from young adults in the extent to which encoding brain activity is reinstated during memory retrieval (Johnson et al. 2015). However, as noted by some authors, the results of MVPA classifications across classes of items may not necessarily extend to procedures in which cortical reinstatement is measured at the item level (Wang et al., 2016; Thakral et al., 2017; Thakral, Wang & Rugg, 2019). It is therefore unknown whether normal aging reduces the reinstatement of the brain regions that processed the encoding of specific items at the trial level (Wang et al., 2016).

In the current study, we aimed to examine age-related differences in the neural basis of recollection using a trial-by-trial measure of cortical reinstatement along with subjective vividness ratings. More specifically, we assessed Encoding-Retrieval Similarity for highly vivid memory representations. To do so, we conducted an fMRI experiment inspired by the study of McDonough et al. (2014) in which young and older adults encoded pictures associated with descriptive labels. Participants were then cued with these labels at retrieval to reinstate mental representations of the pictures, and they provided memory vividness ratings on each trial. First, we aimed at extending the findings of McDonough et al. (2014) by directly contrasting trials associated with high vividness ratings between age groups, in order to shed further light on how older adults evaluate their subjective experience of remembering. Second, we used Representational Similarity Analyses

to test whether or not there is an age-related reduction in the reactivation of specific stimuli representations (St-Laurent et al., 2014; Wang et al., 2016). More specifically, because older adults tend to provide high vividness ratings that do not match the perceptual richness of their memory representations (Folville et al., 2019), we examined age-differences in Encoding-Retrieval Similarity for trials associated with high vividness ratings.

2.4.3 Method

Participants

Twenty-four young adults and 24 older adults were recruited. Five participants were excluded from the analyses for the following reasons: failure to follow instructions (1 older adult), excessive movements in the scanner (1 older adult), insufficient number of high vividness responses (1 young and 1 older adults), and voluntary termination of the scan session (1 young adult). The characteristics of the final sample (21 older and 22 young participants) are reported in Table 1. Participants were all right-handed native French speakers recruited in the Liège area. None reported any past/current psychiatric or neurological disorder. Groups did not differ in terms of education (measured as the number of years of education between the first year of primary school to the highest educational attainment), $t(41) = 0.66$, $p = .51$. Vision was corrected with scanner-safe glasses when necessary. Older adults were screened with the Dementia Rating Scale (DRS; Mattis, 1976) and all performed within norms (Pedraza et al. 2010). The experimental procedures were approved by the Ethics committee of the Medicine Faculty of the University of Liege. Participants received monetary compensation for participation and provided written informed consent.

Table 1. Characteristics and memory performance of the two age groups.

	Young (n=22)	Older (n=21)
Age	23.73 (1.88)	70.19 (6.23)
Education	15.91 (1.24)	16.33 (2.71)
VVIQ	62.86 (8.28)	61.38 (10.10)
Dementia Rating Scale	/	140.33 (2.98)
Hit minus false alarms	0.71 (0.19)	0.65 (0.21)
Mean vividness	2.06 (0.40)	2.37 (0.39)*
Vividness 0 (%)	16.43 (11.42)	11.90 (7.36)
Vividness low (%)	30.83 (14.12)	17.85 (17.69)*
Vividness high (%)	51.97 (18.09)	69.92(21.10)*
Correct rejections (%)	87.95 (13.68)	76.66 (17.77)*
Mean number of component recalled	3.98 (1.30)	2.21 (1.10)**
Mean number of component recalled in high vividness trials	5.44 (1.27)	3.17 (0.99)**

Standard deviations in parentheses. VVIQ = Vividness of Visual Imagery Questionnaire. Significant age-group differences at * $p < .05$; ** $p < .001$

Materials

Eighty coloured neutral pictures depicting daily-life scenes were selected from the Set of Fear Inducing Pictures (Michalowski et al. 2016), also evaluated in the Nencki Affective Picture System (NAPS, Marchewka et al. 2014). Valence of the pictures ranged from 4.25 to 6.88 (i.e., neutral valence; $M = 5.45$; $SD = 0.60$) while arousal ranged from 1 to 2.63 (i.e., low arousal; $M = 1.30$; $SD = 0.33$). Each picture was associated with a descriptive label from 1 to 3 words. These pictures were separated in four sets of 20 pictures each. For each participant, 3 sets were used as targets while the remaining set was assigned to a lure condition (see the procedure below). Appropriate counterbalancing was implemented in 4 versions of the task with stimuli of similar valence and arousal.

Procedure

Encoding and retrieval were both performed in the scanner. At encoding, each trial began with the presentation of the label for 1.5 seconds (see Figure 1). This was immediately followed by the presentation of the corresponding picture for 7 seconds in the target condition. In the lure condition, the label was presented for 1.5 seconds but was not followed by the presentation of any picture (see McDonough et al. 2014 for a similar design). Trials were presented in a predefined random order and each trial was separated by a fixation cross of variable duration (jitter: 1-2 seconds). Participants were instructed to remember pictures and associated labels since they would be subsequently asked to retrieve mental representations of the pictures cued by the labels. The retrieval session was separated from the encoding session by an anatomical scan (5 minutes).

At retrieval, each trial began with the presentation of a label for 5 seconds during which participants were instructed to retrieve a detailed mental representation of the associated picture. Then, participants were presented with a vividness rating scale that ranged from 0 to 3 (response in 5 seconds maximum).

Participants were instructed to respond 0 when they were presented with a lure or when they could not retrieve any mental representation of a target picture. Otherwise, participants could distribute their ratings in the following way: 1 (low vividness), 2 (medium vividness), 3 (high vividness). The vividness scale disappeared once a response was made and each trial was separated by a fixation cross of variable duration (jitter: 2-5 seconds). Before scanning, participants completed a practice session and care was taken to ensure that each participant fully understood task instructions.

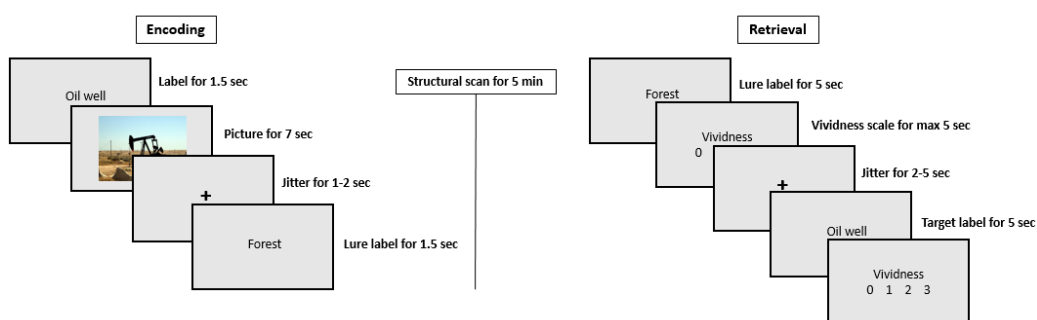


Figure 1. Schematic representation of encoding and retrieval sessions in the scanner.

After the scanning session, participants took part in a free recall task, the aim of which was to examine whether older adults retrieved a smaller amount of details from the pictures than young adults, as was the case in the study of McDonough et al. 2014 in which the reduced brain activation observed in older adults during retrieval was congruent with their lower performance on the post-scan memory measure. During this free-recall task, participants were presented with all the target labels seen in the scanner and were invited to recall as many details from the pictures as they could. Responses were self-paced and trial order was randomized. Free-recall was recorded and verbal responses were coded by the first author. Six categories were created to account for different types of recalled details: person, object, perceptual, spatial, quantity, and thought (see Folville et al., 2019 for a more detailed description of the coding). The total

amount of episodic details was computed for each label (e.g., the following recall description “There was a red (1 perceptual) car (1 object) on the right of the picture (1 spatial), it reminded me of my car (1 thought)” contained four details). A second trained rater who was blind to age groups coded a random selection of 20% of the data. Intraclass Coefficients of Correlation revealed excellent agreement between the two raters (ICC = .97) regarding the total amount of episodic details. Finally, participants filled in the Vividness of Visual Imagery Questionnaire (VVIQ, Marks, 1973) and older adults’ cognitive functioning was assessed with the DRS.

MRI acquisition

Images were acquired using a 3T Siemens Scanner (Magnetom Prisma). T2-weighted Echo-Planar imaging (EPI) was used (number of slices = 36, TR = 2246 ms, TE = 30 ms, FA 90°, FOV 192 x 190mm², voxel size 3 x 3 x 3.75 mm³, interleaved slice ordering) for encoding and retrieval sessions. Around 303 and 330 functional volumes were acquired respectively at the encoding and retrieval sessions. The first 3 volumes of each session were discarded to account for T1 saturation. A structural MR scan was acquired between the two EPI sessions with the following parameters: T1-weighted 3D magnetization-prepared rapid acquisition gradient echo (MP-Rage), TR = 1960 ms, TE = 4.43 ms, FOV 230 x 173 mm², voxel size 0.9 x 0.9 x 0.9 mm³. After the two EPI acquisitions, field maps were acquired using two gradient-recalled sequences (TR= 367 ms, TE= 4.92 & 7.38, FA 90°, FOV 230 x 230 mm²).

fMRI data analyses

2.4.1 Preprocessing

Preprocessing of the data was conducted with SPM 12 (Wellcome Trust Center for Neuroimaging, London, United-Kingdom). For each subject, both EPI time-series

were reoriented into the MNI space using the SPM template, then corrected for motion and distortion using Realign and Unwarp (Andersson et al. 2001) together with the FieldMap toolbox (Hutton et al., 2002), and coregistered to the corresponding structural image. The structural image was then segmented into grey and white matter using the “unified segmentation” approach (Ashburner & Friston, 2005). The warping parameters were then separately applied to the functional and structural images to produce normalized images with isotropic voxel size of 2 and 1 mm, respectively. Finally, the warped functional images were spatially smoothed with an isotropic Gaussian kernel of 8 mm of full-width at half maximum (FWHM). Artifact reduction software (ART; http://www.nitrc.org/projects/artifact_detect) was used to account for motion artifact and outliers in the global mean signal intensity.

Univariate analyses

For each participant, BOLD responses were modelled using the General Linear Model (GLM) implemented in SPM12. At retrieval, regressors of interest were modelled as epochs that began when the label was presented and finished when it disappeared (5 seconds). The design matrix included 8 types of regressors: targets that were forgotten and received a 0 vividness response, targets that received a low (1 or 2) vividness response, targets that received a high (3) vividness response, targets that did not receive any response, lures that were correctly rejected and that received a 0 vividness response, lures that elicited a false alarm and that received either a 1, 2 or 3 vividness response, lures that did not receive any response, and finally the vividness scale. The analysis focused on 2 events of interest: targets that received a high (3) vividness response and correctly rejected lures that received a 0 vividness response. Besides, each design matrix included realignment and nuisance parameters to model movement-related variance.

In order to assess age-related changes in the neural correlates of the retrieval of pictures associated with high vividness ratings, we first generated at the

individual subject level (first level) a contrast comparing cerebral activity for high (3) versus 0 vividness (lure labels that were correctly recognized as such), corresponding to conditions that both engage memory retrieval mechanisms but that differ in terms of subjective phenomenology (in other words, correct rejections were used as a baseline; see also McDonough et al. 2014). The contrast images were then submitted to a second-level analysis corresponding to a random effects model in which subjects were considered as random variables. These individual contrast images were used to analyze neural activity common to both age groups, as well as between-group differences. A null conjunction analysis was used to identify common brain regions that supported the retrieval of highly vivid memories in both young and older adults. Two-sample t-tests were used to assess age-group differences (Young > older & Older > young contrasts). As expected, older adults were found to give very high vividness ratings (see behavioural results section). Although this is congruent with the literature, this implied that most of the older participants did not provide a sufficient amount of low vividness ratings (vividness of 1 or 2) to analyse their neural correlates. This pattern of result may be caused by the fact that we did not ask participants to distribute their responses across the three memory ratings (to avoid any influence of task instruction on participants' responses). Therefore, we could not contrast high versus low vividness ratings between young and older adults in the univariate analysis (see also McDonough et al. 2014 for a similar approach)⁷.

The statistical threshold for all contrasts was set at $p < .001$ (uncorrected at the voxel-level) with a 14 voxel extent (k) to correct for multiple comparisons at $p < .05$. This threshold was determined by Monte Carlo simulations with 10,000 iterations (Slotnick et al. 2003), similarly to recent studies (Ford & Kensinger, 2016; Madore et al. 2017).

⁷ Note that in young participants, this contrast (strong > weak hits) replicated McDonough's results, showing extended clusters of activation in the left posterior cingulate cortex/precuneus, left angular gyrus and left prefrontal cortex.

Representational Similarity Analyses (RSA)

To examine Encoding-Retrieval Similarity in young and older participants, we used RSA with a similar approach as previous studies conducted in young adults (Wing et al. 2015; Oedekoven et al. 2017). The unsmoothed preprocessed fMRI images⁸ were used for these analyses. For both encoding and retrieval, a beta value was generated for each single trial. Trials were modelled as 0 second-duration (see Wing et al. 2015 for a similar approach with a comparable procedure) along with regressors corresponding to realignment and nuisance parameters to model movement-related variance. These beta maps were subsequently used to perform RSA analyses with the CoSMoMVPA toolbox (Oosterhof et al. 2016) and customized scripts.

For each trial, we computed ERS at the item level (corresponding to the similarity of patterns of brain activity between the encoding and retrieval of a given item) and at the set level (referring to the comparison of the patterns of brain activity associated with the retrieval of a given item with patterns of brain activity associated with the encoding of the remaining items). While the set level measures the general reactivation of pictorial information, the item level measures the specific reactivation of a given picture. Thus, any difference observed between the item and the set level indicates that cognitive processes specific to an individual picture were reactivated during retrieval. For both the item and set levels, a searchlight procedure (Kriegeskorte et al. 2008) with a vectorized 3 x 3 x 3 voxel cube was applied to the betas and Fisher-Transformed Pearson correlations were used to measure ERS. In the item-level ERS analysis, the correlation was computed between encoding and retrieval for each item (e.g., oil well x oil well). In the set-level ERS analysis, for a given item, the retrieval of this item was correlated with the encoding of the remaining items (e.g., oil well x bedroom, oil well x garden, oil well x couple, and so on) and the correlations were

⁸ Images of the encoding session were preprocessed in the same way as the retrieval session.

averaged. Thus, for each item and for each voxel, we obtained a correlation value for the item and the set level. In SPM12, we conducted a 2 Age-groups (young vs. older) x 2 Levels (item vs. set) factorial ANOVA on ERS maps. We used a cluster-defining threshold of $p < .001$ with clusters significant at $p < .05$ (FWE cluster corrected) as done previously (Bird et al. 2015; Oedekoven et al. 2017).

The data, codes and scripts used in the current study can be obtained upon request.

2.4.4 Results

Behavioural results

Groups did not differ in their subjective reports of mental imagery (VVIQ), $t(41) = 0.53$, $p = .60$, $d = 0.16$. Participants of both groups were similarly able to discriminate between targets and lures, $t(41) = 1.08$, $p = .28$, $d = 0.34$ (hits minus false alarms values are reported in Table 1). As mentioned in the Methods section, older adults unequally distributed their vividness ratings to targets. While young and older adults gave similar rates of 0 vividness to targets, $t(41) = 1.64$, $p = .10$, $d = 0.51$, older adults reported more high vividness ratings, $t(41) = -2.99$, $p = .005$, $d = -0.93$, and fewer low vividness ratings, $t(41) = 2.66$, $p = .01$, $d = 0.83$, than young adults. Consequently, older adults were found to provide, on average, higher vividness ratings than young adults, $t(41) = -2.53$, $p = .01$, $d = -0.79$ (see Table 1).

Two older participants were excluded from the analysis of post-scan free recall due to recording malfunction. Group comparison revealed that older adults recalled on average fewer episodic details per trial than young adults, $t(39) = 4.37$, $p < .001$, $d = 1.36$ (see Table 1). Furthermore, older adults recalled fewer episodic details than young adults when considering only trials that received high vividness ratings in the scanner, $t(39) = 6.87$, $p < .001$, $d = 2.20$.

Functional MRI data

Univariate analyses: Age-related differences in the retrieval of highly vivid memories

The conjunction analysis revealed common activity for young and older adults during the retrieval of studied pictures associated with high vividness judgments in regions of the Core Recollection Network (Rugg & Villberg, 2013), including the superior prefrontal gyrus and posterior cingulate cortex (Table 2). The young > older contrast showed that memory retrieval was associated with greater activity in the bilateral precuneus in young adults⁹ (Table 2 and Figure 2). No region survived the statistical threshold of significance for the reverse contrast (older > young adults).

Table 2. Univariate analyses: Peak coordinates for the conjunction and group comparison analyses in the fMRI retrieval session.

⁹ To ensure that the observed age-difference in brain activity in the bilateral precuneus could not be attributed to less grey matter density in these regions in older than in young adults, we conducted a Voxel-Based Morphometry (VBM) analysis. Detail of this analysis can be found in supplementary materials. Briefly, whole-brain VBM analysis between young and older adults revealed significant reductions in grey matter density in frontal and temporal regions while no difference was observed in the bilateral precuneus (BA 7). This result suggests that the functional difference we found between age-groups in the bilateral precuneus cannot be attributed to reduced grey matter density in older individuals.

Region	Hemisphere	BA	MNI coordinates			t-value	k
			x	y	z		
Univariate Analysis							
Conjunction analysis							
Superior frontal gyrus	L	10	0	56	8	4.38	139
Posterior cingulate	L	23	-6	-49	35	4.49	25
Middle frontal gyrus	L	8	-24	35	43	3.84	14
Anterior cingulate	L	24	-3	35	8	3.82	14
Young > older							
Precuneus	L	7	-18	-67	56	4.32	76
Precuneus	R	7	21	-70	56	3.99	44

BA=Brodmann area; L=left; R=right

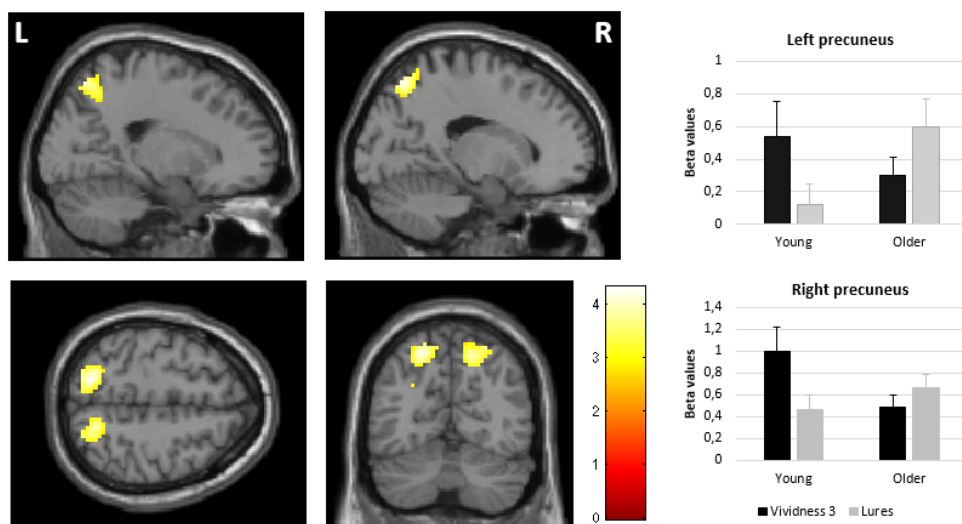
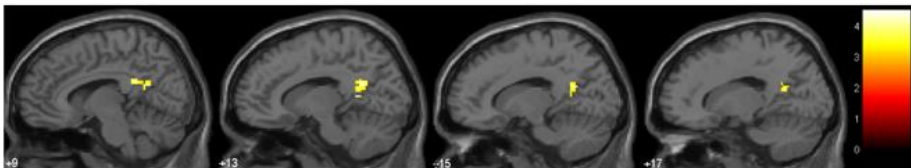


Figure 2. Age-group difference (Young > older) in activation of the bilateral precuneus during the retrieval of pictures associated with high vividness ratings (vividness 3 > lures). Left: Significant clusters of activation rendered in a T1 canonical image. Right: Bar plots showing beta values as a function of trial type and group.

Representational-Similarity-Analyses

The 2 Age-groups (young vs. older) x 2 Levels (item vs. set) factorial ANOVA on ERS values maps of high vividness trials yielded a significant Age-groups x Levels interaction with the contrast [(young-item)-(young-set)>(old-item)-(old-set)] in PCC/retrosplenial cortex (right BA 23/30, $t=4.53$, $k=47$, see Figure 3 A). This interaction showed that item values were higher than set values in young adults but not in older adults (see Figure 3 B), suggesting that the reinstatement of item-specific patterns of brain activity during retrieval was not observed and even seems to be reversed in older adults. Note that at a more liberal threshold ($p < .001$ with a 10 voxel extent (k), as used in some previous studies; Wing et al. 2015; Staresina et al. 2012)), three additional clusters showed the same pattern of results (i.e., an Age-groups x Level interaction): right fusiform/parahippocampal gyrus, left superior parietal cortex and left cerebellum.

A



B

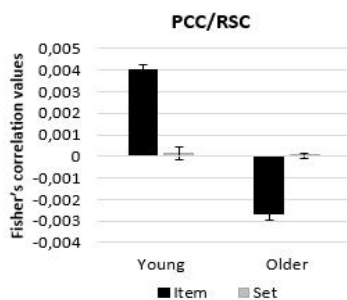


Figure 3. A. Encoding-Retrieval-Similarity: Age-group (Young vs. older) x Level (item vs. set) interaction in the posterior cingulate/retrosplenial cortex. Cluster-defining threshold of $p < .001$ with clusters significant at $p < .05$ (FWE cluster corrected). B. Bar plot showing the Age-group x Level interaction with the mean of Fisher's correlation values in posterior cingulate/retrosplenial cortex. Error bars represent ± 1 Standard Error of the mean (SEM).

2.4.5 Discussion

The present study aimed to clarify the basis of the age-related dissociation between objective and subjective recollection by comparing the neural correlates of vivid episodic recollection in young and older adults. Young and older adults performed a cued-recollection task that involved pictures associated with labels. When cued with the label, older adults recalled fewer episodic details than young adults for pictures that received high memory vividness ratings, suggesting that they did not retrieve as detailed memory representations as young adults did. Moreover, univariate fMRI results showed that, although both young and older adults activated key components of the Core Recollection Network (Rugg & Villberg, 2013; Wang et al. 2016), young adults activated the bilateral precuneus to a greater extent than older adults during vivid recollection. Additionally, ERS analyses revealed a higher posterior cingulate/retrosplenial reactivation for specific stimuli representations (i.e., item level) than for general cognitive processes (i.e., set level) in young but not older adults.

Age-related changes in subjective vividness and objective recall

Our result that vividness ratings were on average higher in older than young adults replicates previous findings (Comblain et al. 2005; St-Laurent et al. 2014; De Brigard et al. 2016). Several factors could explain why older participants assigned higher vividness judgements than their younger counterparts. First, older adults' understanding of vividness may differ compared with young adults. More specifically, older adults could use a different criterion for defining the vividness of their memories, so that they would anchor their judgements higher in the vividness scale than young adults (St-Laurent et al., 2011). Moreover, young and older adults could attend to different types of information both during memory encoding and retrieval, and consequently use different types of features to judge the subjective vividness of their memories (Johnson et al., 2015; Mitchell & Hill,

2019). Alternatively, older adults could assign higher vividness judgements than young adults because of their tendency to present themselves in a favourable way. Indeed, older individuals tend to display higher scores in social desirability than young adults (Dijkstra et al., 2001), and this social desirability tendency is correlated with their self-report of metacognitive efficiency (Fastame & Penna, 2011). Therefore, one could hypothesize that older adults assigned high subjective vividness judgements to give a positive impression and to avoid falling into aging stereotypes (i.e., the commonly shared vision that older adults' memory capacities are diminished).

Critically, the age-difference in subjective ratings did not match the actual amount of retrieved episodic details since older adults recalled fewer details than young adults (Hashtroudi et al. 1990; Robin & Moscovitch, 2017; Folville et al., 2019), and this was particularly pronounced when considering pictures that received high vividness ratings. Thus, these results add to a growing body of research suggesting that older adults overestimate their subjective memory experience with regard to the amount of episodic details they manage to retrieve (Mitchell & Johnson, 2009; Folville et al., 2019).

Age-differences in the neural correlates of vivid remembering

The current study investigated the neural correlates of highly vivid memories as a way to shed some light on the cognitive mechanisms contributing to subjective memory dimensions in young and older adults. When vividly remembering pictures, both older and young adults activated components of the Core Recollection network such as the posterior cingulate cortex and the prefrontal cortex (Rugg & Villberg, 2013). However, age-group differences were also observed, notably greater brain activity in the bilateral precuneus in young than older adults. Critically, the age-difference in brain activity in the precuneus

could not be attributed to an age-reduction in grey matter density in this region (as shown by a VBM analysis). Although the precuneus has been recently identified as a key brain region associated with subjective memory ratings, its cognitive functions remain a matter of discussion (St-Laurent et al. 2015; Richter et al. 2016). According to one view, the precuneus supports metacognitive memory decisions and is functionally connected to the medial prefrontal cortex (Baird et al; 2013), a region associated with confidence judgements (Chua et al. 2009). Partial support for this view comes from memory evaluations of patients with bilateral parietal lesions (including the precuneus) that demonstrated spared source memory but reduced confidence in their memory (Simons et al. 2010). Another recent study provided direct causal evidence for the role of the precuneus in metamemory by showing reduced confidence following TMS on this region (Ye et al. 2018).

Beyond metacognitive decisions, the right precuneus is also thought to play a role in autobiographical remembering and the volume of this region has been related to the use of a first-person perspective and recall of perceptual details in autobiographical memory tasks (Freton et al. 2014; Ahmed et al. 2018). Further evidence for the role of the precuneus in the reinstatement of contextual details has been provided by fMRI studies that used source memory tasks (Lundstrom et al. 2005; Bonni et al. 2015). Besides, the left precuneus has been related to mental representations of specific past events (Gardini et al. 2006) and visually vivid memories (Wheeler et al. 2000), and has been found to be activated in many visual imagery tasks (see Winlove et al. 2018 for a meta-analysis). Thus, the engagement of the precuneus in episodic retrieval may reflect a broader role in mental imagery mechanisms. Support for this interpretation comes from a study of Fletcher et al. (1995) that found bilateral precuneus activation when participants recalled imageable relative to nonimageable pairs of words. More recently, Sreekumar et al. (2018) showed that the retrieval of vivid relative to non-vivid autobiographical memories activated the right precuneus. Finally, the

precuneus is involved in the shift of visual perspective (egocentric vs. allocentric) during autobiographical remembering (St-Jacques, Spuznar & Schacter, 2017). Thus, the greater activity observed in the precuneus in young adults in the current study might reflect the reinstatement of subjectively rich memory representations that are likely to encompass visual details from the encoded items. In this view, the precuneus might contribute to the construction of rich and specific mental representations based on retrieved visual details, which could then serve as a basis for subjective memory judgements such as vividness or metamemory confidence in young adults (Sreekumar et al. 2018).

Age-related differences in cortical reinstatement

When more directly investigating the reinstatement of encoding-related patterns of brain activity during retrieval, we found that, in young adults, ERS values were higher for item relative to set levels in the posterior cingulate/retrosplenial cortex, which replicates previous findings (Wing et al. 2015; Bird et al. 2015; Oedekoven et al. 2017). Such cortical reinstatement effects in the posterior cingulate cortex have been attributed to high-level stimulus representations; for instance, Wing et al. (2015) suggested that the posterior cingulate/retrosplenial cortex is involved in the processing of the contextual frame related to the picture/label, both during encoding and retrieval. In line with this assumption are studies that have pointed out a role of the retrosplenial cortex in the processing of contextual associations (Bar, 2004), with higher brain activity observed in the retrosplenial cortex during the visual processing of objects that are highly associated with a specific and unique context (e.g., a stove) relative to objects that can be found in various contexts (e.g., a camera) (Bar & Aminoff, 2003).

Similarly, higher ERS for same relative to different videos in the posterior cingulate cortex may reflect the reinstatement of situational information related to a specific scene (Oedekoven et al., 2017). Indeed, it has been proposed that the retrosplenial cortex is involved in the construction and use of *situation models* (Ranganath & Ritchey, 2012). *Situation models* can be defined as a representation of the spatial, causal and social interactions occurring in a particular context (Zwaan & Radvansky, 1998), and the retrosplenial cortex is suggested to act as a gateway between external contextual cues and internal situation models (Ranganath & Ritchey, 2012). A recent review further suggested that the retrosplenial cortex is involved in many spatial processes such as the learning of landmarks, the processing of spatial reference frames and spatial schematic knowledge (Mitchell, Czajkowski, Zhang, Jeffery & Nelson, 2018), even if its precise function is still to be determined (Vann, Aggleton & Maguire, 2009). Whatever it may be, our findings, and those of others (Wing et al., 2015; Oedekoven et al., 2017), suggest that the retrosplenial cortex is engaged during the viewing of scenes and that its specific (item-level) neural representations are reinstated during vivid recollection.

Our results extend previous findings by showing that the neural representations reinstated in the posterior cingulate/retrosplenial cortex during episodic memory retrieval become less specific in the elderly. In line with the role assigned to this region discussed above, previous studies have shown that older adults demonstrate behavioural impairments in spatial cognition, with lower performance in spatial memory tasks, spatial navigation and learning of landmarks (see Klencklen et al., 2012 for a review). Furthermore, when learning the locations of objects in a virtual environment, older adults show reduced activity in the retrosplenial cortex relative to young adults (Moffat et al., 2007). This finding highlights the role of the retrosplenial cortex in the processing of spatial information and points to this region as a candidate for explaining age-related

declines in spatial cognition mechanisms (Moffat, 2009). In the present study, older participants may have had difficulties in reinstating the spatial layout of the complex scenes they previously memorized, which may explain why they exhibited reduced reinstatement effects in posterior cingulate/retrosplenial cortex relative to young adults.

One alternative, but not mutually exclusive, interpretation relates to the poor specificity of the neural representations of older individuals. Relative to young adults, older participants show less specific and less differentiated (i.e., less distinct) neural representations during the perception and the encoding of complex stimuli in episodic memory (St-Laurent et al., 2014; Zheng et al., 2017). For instance, in a recent study, young and older adults studied adjectives paired with one of eight pictures (4 scenes and 4 objects) (Trelle et al., 2019). The authors examined the similarity between the neural representations associated with a same picture (office vs. office) or different picture categories (scene (office) vs. object (umbrella)). They found higher similarity values in young than in older adults when comparing representations of the same picture (office vs. office), while older participants exhibited higher neural similarity than young adults when comparing representations from different categories (scene vs. object) (Trelle et al., 2019). Older adults also demonstrate less specific neural representations during retrieval, although it may result, at least in part, from the poor neural differentiation observed during memory encoding (St-Laurent et al., 2014). Considering these findings, we suggest that the lack of specificity and differentiation in neural representations of older adults during memory encoding and retrieval could partly underlie the reduced cortical reinstatement effects in the posterior cingulate/retrosplenial cortex observed in the current study.

Of note, our findings diverge from the results of Wang et al. (2016) who did not find any age-difference in cortical reinstatement (note that the data of this experiment were also analysed by Thakral et al., 2017; Thakral, Wang & Rugg,

2019, who also found that the magnitude of cortical reinstatement effects did not differ between young and older adults). Whether this difference between the two experiments stems from the multivariate approach used (MVPA classifiers vs. RSA), the way the subjective experience of remembering was operationalized (remember judgements vs. vividness) or the material used (pictures and names of objects vs. complex scenes) remains unclear.

It is worth noting that item values of similarity were negative in older adults. Negative values of neural similarity have been previously observed in the retrosplenial cortex (Wang et al., 2018), which may reflect very low similarity between voxels (Dimsdale-Zucker & Ranganath, 2018). The negative item values that we observed in the current study may thus indicate that older participants' neural representations were particularly devoid of specificity. What is intriguing is that these values for the item level seemed to be lower than those of the set level and we acknowledge that it is difficult to understand such pattern of results based on the current data. A possible explanation for this reversed pattern of item-set similarity may lie in the poor level of neural differentiation of older participants' neural traces, although this is a speculative and post-hoc explanation. Future studies examining age-related differences in Encoding-Retrieval Similarity should try to shed further light on the mechanisms underlying these differences in cortical reinstatement.

Conclusion

This research investigated the neural correlates of the retrieval of complex pictures in order to shed light on the bases of vivid recollection in young and older adults. When recollecting vivid memories, young adults exhibited greater activity in the bilateral precuneus relative to older adults. ERS analyses further revealed that older adults showed reduced cortical reinstatement in the posterior cingulate/retrosplenial cortex, brain regions known to support the processing of

the spatial framework of scenes. Consistently, during the post-scan behavioural recall task, older adults retrieved fewer picture details than young adults despite high vividness ratings. Taken together, these behavioural, univariate and multivariate fMRI results provide new evidence that older adults reactivate less specific stimuli representations than young adults but assign greater subjective vividness to these impoverished representations. This suggests that older adults do not use specific episodic details in the same way as young adults to judge their subjective memory experiences. Further understanding what gives rise to the subjective feeling of remembering in older adults is thus of major interest to better characterize age-related changes in episodic memory functions.

2.5 Etude 3. The impact of age on the temporal compression of daily life events in episodic memory.

Article publié dans le journal *Psychology and Aging* :

Folville, A., Jeunehomme, O., Bastin, C., & D'Argembeau, A. (sous presse). The impact of age on the temporal compression of daily life events in episodic memory. *Psychology and Aging*.

**The impact of age on the temporal compression of daily life events in
episodic memory**

Adrien Folville, Olivier Jeunehomme, Christine Bastin & Arnaud

D'Argembeau

University of Liège

Adrien Folville, GIGA-CRC In-Vivo Imaging, University of Liège, Liège, Belgium; Department of Psychology, Psychology and Neuroscience of Cognition Research Unit, University of Liège.

Olivier Jeunehomme, Department of Psychology, Psychology and Neuroscience of Cognition Research Unit, University of Liège.

Christine Bastin, GIGA-CRC In-Vivo Imaging, University of Liège, Liège, Belgium; Department of Psychology, Psychology and Neuroscience of Cognition Research Unit, University of Liège.

Arnaud D'Argembeau, GIGA-CRC In-Vivo Imaging, University of Liège, Liège, Belgium; Department of Psychology, Psychology and Neuroscience of Cognition Research Unit, University of Liège.

Olivier Jeunehomme, Christine Bastin, and Arnaud D'Argembeau are, respectively, Postdoctoral Researcher, Research Associate, and Senior Research Associate at the F.R.S.-FNRS.

Corresponding author: Adrien Folville, GIGA-CRC In vivo Imaging, University of Liège, Allée du 6 Août, 8, B30, 4000 Liège, Belgium

Phone: ++ 32 (0)4 366 23 62, Fax: ++ 32 (0)4 366 29 46, Email: adrien.folville@uliege.be

This work was supported by the Fund for Research in Human Science and the National Fund for Scientific Research (FRESH/FRS-FNRS).

The authors wish to thank Librairie Pax and Darius café in which parts of the Experiment took place.

The data reported in this manuscript are available at <https://osf.io/sdhqf/>

2.5.1 Abstract

While age differences in episodic memory are well documented, the impact of age on the structure of memories for real-world events has not been investigated in detail. Recent research has shown that the continuous flow of information that constitutes daily life events is compressed in episodic memory, such that the time needed to mentally replay an event is shorter than the actual event duration. To examine whether this process of temporal compression of prior experience in episodic memory is affected by aging, we asked young and older adults to engage in a series of events that simulated daily life activities while their experience was automatically recorded using a wearable camera. Subsequently, participants were asked to mentally replay these events in as much detail as possible and then to verbally report recalled contents and to rate the subjective qualities of their memories. Results revealed that the rates of temporal compression of events during mental replay were similar in young and older adults. In both age groups, rates of temporal compression were predicted by the density of recalled moments of prior experience per unit of time of the actual event duration. Interestingly, however, the number of recalled moments predicted the subjective vividness of memories in young but not in older adults. Taken together, these results suggest that the process of temporal compression of events in episodic memory is unaffected by age but that the subjective experience of memory vividness becomes less tied to recalled moments that represent the unfolding of events.

Key-words: Episodic memory; Aging; Temporal compression; Goals; Vividness

2.5.2 Introduction

Aging is associated with diminished episodic memory performance. Compared to young adults, older adults remember past events in less detail and have particular difficulty in reinstating the context of prior experiences (Old & Naveh-Benjamin, 2008; Spencer & Raz, 1995). Relatively little is known, however, about age effects on the temporal structure of memories for real-life events—how the continuous flow of experience is summarized in long-term memory. The main reason for this gap in knowledge is that previous studies on age-related differences in episodic memory have mainly used discrete laboratory stimuli (such as pictures or words) that are devoid of temporal dynamics. Recent research in young adults suggest that episodic memories represent prior experience in a temporally compressed form, such that remembering an event takes less time than the actual event duration (Bonasia, Blommestejn, & Moscovitch, 2016; Jeunehomme & D’Argembeau, 2019b; Michelmann, Staresina, Bowman, & Hanslmayr, 2019). The aim of the current study was to examine whether this phenomenon of temporal compression of events in episodic memory is affected in normal aging.

Temporal compression of events in episodic memory

Our daily life is made of a continuous flow of events and experiences. Episodic memory retains traces of these events, allowing us to mentally re-experience the past (Tulving, 2002). However, memories are not literal records of past episodes but instead summary representations of prior experience (Conway, 2009). Here, we focus on how the unfolding of events is summarized in memory by investigating how event memories map onto the real time it took for events to unfold (Jeunehomme & D’Argembeau, 2019b; Y. Wang & Gennari, 2019). We use the term “temporal compression” to refer to the fact that the representation of the unfolding of events in memory often does not map onto the original event duration: the time it takes to remember an event is typically shorter than the actual duration of this event in the past.

Recent studies have capitalized on wearable camera technology to examine this compression phenomenon when remembering real-world events (Jeunehomme & D'Argembeau, in press, 2019; Jeunehomme, Folville, Stawarczyk, Van der Linden, & D'Argembeau, 2018). In one study, young adults engaged in a series of daily-life activities (e.g., buying a newspaper) and were later asked to mentally replay each event in as much detail as possible (Jeunehomme & D'Argembeau, 2019). It was found that remembering an event took less time than the actual event duration, showing that the unfolding of past experience is temporally compressed in episodic memory (Arnold et al., 2016; Baldassano et al., 2017; Bonasia et al., 2016; Michelmann et al., 2019). Furthermore, verbal reports on the content of memories suggested that this compression occurs, at least in part, because events were represented as a succession of short-time slices of prior experience that were separated by temporal gaps (i.e., some moments of prior experience were not remembered; Jeunehomme et al., 2018; see also Michelmann et al., 2019). The density of remembered moments of experience per unit of time of the actual event duration predicted rates of temporal compression during mental replay. Importantly, however, rates of temporal compression were not constant but varied according to the nature of remembered events. Specifically, events involving actions (e.g., buying a drink at the cafeteria) were less compressed than events involving spatial displacements (e.g., going from one place to another with no particular action to perform other than walking) (Jeunehomme & D'Argembeau, 2019; Jeunehomme et al., 2018).

Together, these studies show that episodic memories are not replicas of prior experiences but represent the unfolding of events in a form that does not coincide with the actual event duration. While the mechanisms underlying this temporal compression of events in episodic memory remain to be investigated in detail, at least two factors may determine compression rates. First, compression rates may depend on how events are segmented and structured at encoding.

According to event segmentation theory, the continuous stream of experience is perceived by means of event models that represent the ongoing situation (Kurby & Zacks, 2008; Zacks, Speer, Swallow, Braver, & Reynolds, 2007). Event models are constantly updated following perceptual or conceptual changes in experience (e.g., changes in location, character, object, goals, actions, and so forth), resulting in the formation of event boundaries—the perception that an event has ended and another event begins—that delimit distinct memory traces (Clewett & Davachi, 2017; Radvansky & Zacks, 2017; Zacks et al., 2007). Thus, compression rates when representing the unfolding of events may depend on the density of event segments per unit of time: the more segments are perceived at encoding, the less events are compressed in memory (Faber & Gennari, 2015; Jeunehomme & D’Argembeau, in press). Second, rates of temporal compression may be flexibly modulated at retrieval according to task demands and contextual factors (Wang & Gennari, 2019). For example, people may modulate the granularity of event representations depending on whether they need to remember the gist or details of previous action sequences. These two factors are not mutually exclusive but their respective contributions to the temporal compression of events is still unclear.

Age-related changes in episodic memory

The impact of age on episodic memory is well documented, with many studies showing that the ability to remember events declines with increasing age (for reviews, see Cabeza, Nyberg, & Park, 2016; Koen & Yonelinas, 2014). This decline has been attributed to a diminished capacity to retrieve associations between the different features constituting events (Chalfonte & Johnson, 1996). Notably, laboratory studies have shown that older adults have objectively less accurate episodic memories, as indexed by source memory (Bastin et al., 2014; Duarte, Henson, & Graham, 2008b; Duarte et al., 2006) or free-recall (Norman & Schacter,

1997) tasks. Similarly, studies on memory for real-life events have shown that older adults have impoverished memory representations relative to young adults (Hashtroudi et al., 1990; Madore et al., 2014; Robin & Moscovitch, 2017; St-Jacques et al., 2012). Interestingly, however, recent studies did not find any age difference in the richness of recent memories (between two weeks and one year old) for real-life events (Aizpurua & Koutstaal, 2015; Mair, Poirier, & Conway, 2017).

It is also worth noting that in some studies, the reduced level of detail observed in older adults' verbal reports of their memories contrasted with their subjective memory ratings, which were either similar or even higher than the ratings of young adults (Folville et al., 2019; Folville, D'Argembeau, & Bastin, in press; Hashtroudi et al., 1990; Robin & Moscovitch, 2017; St-Jacques et al., 2012; St-Laurent, Abdi, Bondad, & Buchsbaum, 2014).

Although these studies provide important insights into the impact of aging on the richness of episodic memories, they did not investigate the temporal structure of memories. To the best of our knowledge, no study has investigated whether young and older adults compress the continuous flow of experience in the same manner in episodic memory representations.

Aging and event cognition

When segmenting videos depicting daily life activities, older adults have lower segmentation agreement (i.e., the participant's segmentation maps onto the segmentation pattern of the whole sample to a reduced extent) and the segments they identify are less hierarchically organized (i.e., fine-grained segmentation maps less well onto coarse-grained segmentation) relative to young adults (Kurby & Zacks, 2011; Zacks, Speer, Vettel, & Jacoby, 2006). These results suggest that the stream of real-life events may be less well-structured and less likely to be

segmented into distinct units among older adults, which could in turn impact the temporal compression of events in episodic memory.

However, other studies indicate that older adults do not necessarily have lower segmentation abilities. For instance, studies of reading comprehension have shown that reading speed decreases at event boundaries—because cognitive resources are allocated to event model updating—in a similar way in young and older adults (Radvansky, Zwaan, Curiel, & Copeland, 2001), and a recent study has shown that the neural correlates of event segmentation do not differ between young and older adults (Kurby & Zacks, 2018b). Furthermore, older adults can display similar rates of event segmentation as young adults, for instance when they segment narrative texts or picture stories (Magliano, Kopp, Mcnerney, Radvansky, & Zacks, 2012). The authors proposed that older adults rely on their knowledge of events to adequately process relevant event features. As a matter of fact, situation models (i.e., the understanding of the characters, physical environment, and spatio-temporal framework of a narrative or a situation) are not affected by healthy aging (Radvansky & Dijkstra, 2007). For example, in many studies, young and older adults did not differ in their comprehension and memory for situation narratives (Radvansky & Curiel, 1998; Radvansky et al., 2001; Stine-Morrow, Soederberg Miller, & Leno, 2001). Together, these findings suggest that older adults have preserved event cognition and that situation models may help them segmenting the continuous stream of experience in a similar way as young adults do. Therefore, it could be that, despite a general reduction in level of detail, older adults' episodic memories display a temporal structure that is comparable to young adults' memories, notably in terms of rates of event compression.

The current study

The aim of the current study was to examine the impact of age on the temporal compression of daily-life events in episodic memory. To do so, we used an experimental paradigm that capitalizes on wearable camera technology

(Jeunehomme & D'Argembeau, in press; 2019). Young and older adults engaged in a series of events that simulated daily-life activities while wearing a camera that automatically recorded their experience from the first person perspective (Chow & Rissman, 2017). They then had to mentally replay each event in as much detail as possible and the temporal compression of the event in memory was estimated as the ratio of the actual event duration to the duration of mental replay. Following mental replay, participants were asked to verbally describe everything they remembered during their mental replay, which allowed us to assess the density of recalled segments of prior experience per unit of time of the actual event duration. We predicted that the density of recalled moments of experience would predict temporal compression rates (Jeunehomme & D'Argembeau, 2019) and examined whether this was the case in both age groups.

Another goal of this study was to investigate whether variations in temporal compression rates for different types of events are similar in young and older adults. In young adults, rates of temporal compression have been found to be lower for events that involve specific actions than for events that involve spatial displacements (Jeunehomme & D'Argembeau, 2019; Jeunehomme et al., 2018). This was explained by the fact that memories for actions contained a higher density of moments of experience per unit of time than spatial displacements, so that the mental replay of the former events took proportionally more time (and thus was less compressed) than the mental replay of the latter events. Here we assessed whether this pattern of results would also be observed in older adults.

The third aim of the current study was to examine the impact of age on the subjective experience of remembering and its relation to the temporal structure of memories. Jeunehomme and D'Argembeau (2019) found that the subjective sense of re-experiencing an event during mental replay was predicted by the number of retrieved moments of prior experience. Previous studies have shown that older adults provide similar or even higher subjective vividness ratings

than young adults when remembering real-life events (Comblain et al., 2005; St-laurent, Abdi, Burianova, & Grady, 2011b), even when they have a lower memory for the events (D. a Gallo et al., 2011; Robin & Moscovitch, 2017; St-Jacques et al., 2012) and less specific neural representations (Folville et al., 2019). Besides, a recent study showed that older adults' subjective vividness ratings are less tied to the amount of retrieved episodic details (Folville et al., in press). Consequently, we hypothesized that the subjective experience of remembering would be less tied to the objective number of recalled moments of prior experience in older than young adults.

2.5.3 Method

Participants

Thirty-four young (mean age = 22.85 years, SD = 2.96, range 19-29 years; 13 males) and 34 older (mean age = 68.32 years, SD = 4.19, range 61-76 years; 22 males) adults took part in the study. This sample size was determined a priori using G*Power 3 (Faul, Erdfelder, Lang, & Buchner, 2007) to achieve a statistical power of 80% to detect a significant within-group difference in compression rates (comparing actions and spatial displacements), considering an alpha of .05 and a medium effect size (Cohen's $d = 0.50$). Furthermore, this sample size provided a statistical power above 95% to detect age differences, considering an alpha of .05 and the effect size reported by Madore, Gaesser and Schacter (2014) for the recall of episodic details from real-life events (Cohen's $d = 1.46$). Exclusion criteria were past/current neurological or psychiatric disorders and any medication that could interfere with cognitive functioning. Two participants were excluded and replaced by two other participants: one young adult because he guessed that his memory would be tested and one older adult because he voluntarily terminated the testing session before the end. Groups did not differ in terms of education, $t(66) = -1.26$, $p = .211$ ($M_{\text{young}} = 14.15$, $SD_{\text{young}} = 1.94$; $M_{\text{older}} = 15.09$, $SD_{\text{older}} = 3.88$). Older adults' general

cognitive functioning was assessed with the Dementia Rating Scale (DRS; Mattis, 1976) and all older participants performed within the age-corrected norms of the DRS: $M=139.59$, $SD=3.39$ (Pedraza et al., 2010). On the Mill-Hill vocabulary questionnaire (Deltour, 1993), scores indicated better performance in older than in young adults, $t(66)=-6.51$, $p <.001$ ($M_{\text{young}}=24.09$, $SD_{\text{young}}=4.49$; $M_{\text{older}}=29.76$, $SD_{\text{older}}=2.37$). All participants gave written informed consent and the study was approved by the Ethics Committee of the Faculty of Psychology of the University of Liège, Belgium.

Materials and Procedure

The experimental procedure consisted of two phases: participants first experienced a series of events that simulated daily life activities and then received a memory task in which they had to mentally replay these events, to describe remembered information and to rate their subjective experience while remembering.

Experienced events. Participants were instructed to perform different actions in a pre-defined order in various locations around the main building of the university in the city centre of Liège (Belgium), while the content and timing of their experience was recorded using a wearable camera: the Autographer (OMG Life Ltd.). Participants were not aware that their memory would be subsequently tested and it was explained that we were pre-testing a new wearable camera for use in future studies aiming at investigating people's experience in their daily life. Participants received written instructions describing the walk, which they had to remember. Before starting the walk, they were asked to recite all the steps to ensure that they remembered and understood all actions and spatial displacements. During the entire walk, participants wore the Autographer tied around their neck and the camera automatically took pictures from a first-person perspective according to several parameters (e.g. luminosity, body movements). In the current study, the

camera was set to capture the pictures at the maximum rate (around ten pictures per minute).

The walk was composed of two types of events: actions in which participants interacted with people and objects (circles on Figure 1) and spatial displacements in which participants walked from one place to another (lines on Figure 1). The order of the events was the same for all participants and was as follows (see Figure 1): participants first left the testing room and went downstairs to the main hall of the building (note that in the subsequent memory task this part of the walk was used as a practice trial and was not included in the analyses). When they arrived in the hall, participants were instructed to choose a leaflet on the display stands. The leaflets depicted activities that could be done in Liège and its area (e.g. museum visits or exhibitions) and participants were instructed to choose the activity they would like to carry out in a near future. Next, participants left the University building and went to a bookshop to buy a card (e.g., a postcard or greetings card). After having bought the card, participants were asked to go to a cafe to purchase the beverage of their choice that they were instructed to take away. Next, they went back to the University building and went to the reception office to ask the closing time of the building. Finally, they went back to the testing room. Before the walk, participants received 5 euros to purchase the card and the beverage.

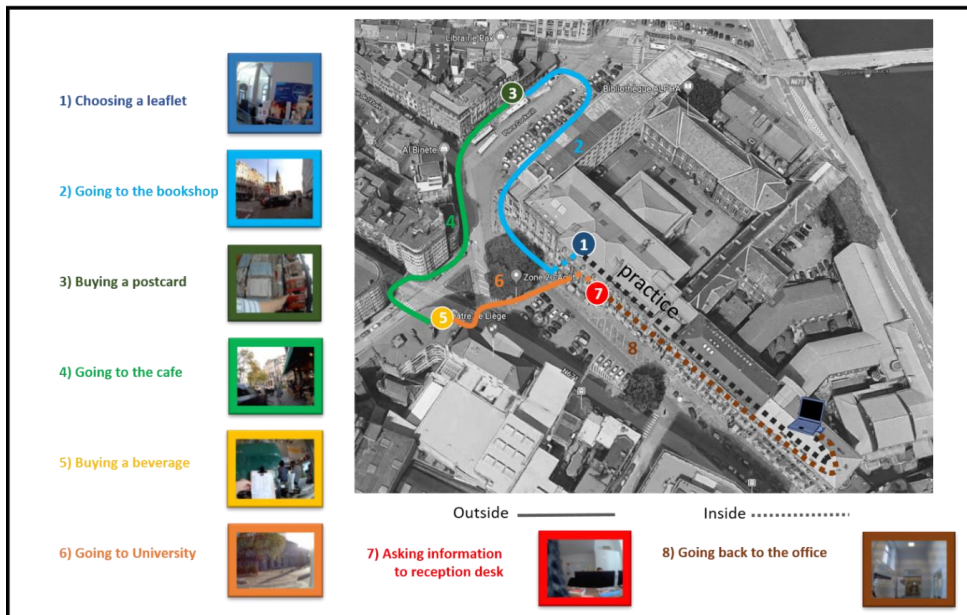


Figure 1. Overview of experienced events. Participants had to go to different locations to perform specific actions. On the map, actions are represented by circles and spatial displacements are symbolised by lines. An example of a picture taken by the wearable camera is presented for each event.

Memory task. Immediately after the walk, the real aim of the study was revealed to the participants and they were asked whether they had guessed that their memory would be tested. While participants filled in the Mill-Hill vocabulary test and read the memory task instructions, the experimenter uploaded the pictures that had been taken by the camera on the computer. The task was programmed using E-Prime 2.0 software (Psychology Software Tools, Pittsburgh, PA). The task comprised eight trials (four actions and four spatial displacements; see Figure 1) that were presented in a random order. Each trial began with the presentation of two pictures and a label describing one segment of the walk (e.g., going to the bookshop; see Figure 2). The left and right pictures corresponded respectively to the beginning and end of an experienced event; the two pictures were separated

by a black arrow oriented to the right, indicating their chronological order. Once participants identified the corresponding event, they were instructed to close their eyes and to mentally relive the event as precisely as they could (i.e., everything that happened from the moment represented by the picture on the left to the moment represented by the picture on the right). Participants were instructed to press the space bar to indicate that they started their mental replay and as soon as they had mentally re-experienced the event, they pressed the space bar again to indicate the end of their mental replay. Next, they were presented with six rating scales assessing the vividness of their memory, the sense of reliving the event, the amount of visual details, spatial information, and thoughts, and memory for the order of the event. Each Likert scale ranged from 0 (not vivid/vague) to 5 (very vivid/very clear) and scale order was randomised for each trial. No time limit was imposed for making these ratings. After the last rating scale, participants were asked to verbally describe in as much detail as possible everything they remembered during their mental replay. Verbal reports were recorded. Once participants finished their recall, they pressed the space bar to move to the next trial.

Before starting the task, all participants performed a practice trial with the first part of the walk (i.e. leaving the testing room and going downstairs) to familiarise them with the procedure and the response buttons. During this practice trial, care was taken to ensure that participants had correctly understood each part of the memory task.

After the memory task, participants received a video description task that was used as a measure of their narrative style. They were presented with two videos and were instructed to verbally describe each video while it was played on the computer screen. Each video was filmed from a first-person perspective and participants were asked to describe what was happening in the video as if they were experiencing the events. Their descriptions were recorded. Videos represented events that happened in a different environment than the main

experiment to avoid possible interference from previously experienced events. One video displayed someone doing shopping and the other video displayed someone walking in the street. The order of video presentation was randomised. The video descriptions were used to measure participants' narrative style as it has been shown that older adults tend to verbally report fewer details than young adults even when the task does not involve any episodic memory component (Gaesser, Sacchetti, Addis, & Schacter, 2011).

Finally, participants filled in a questionnaire that assessed their familiarity with the different locations they visited during the main experiment. Each segment of the walk was rated using a Likert scale ranging from 1 (not familiar) to 7 (very familiar).

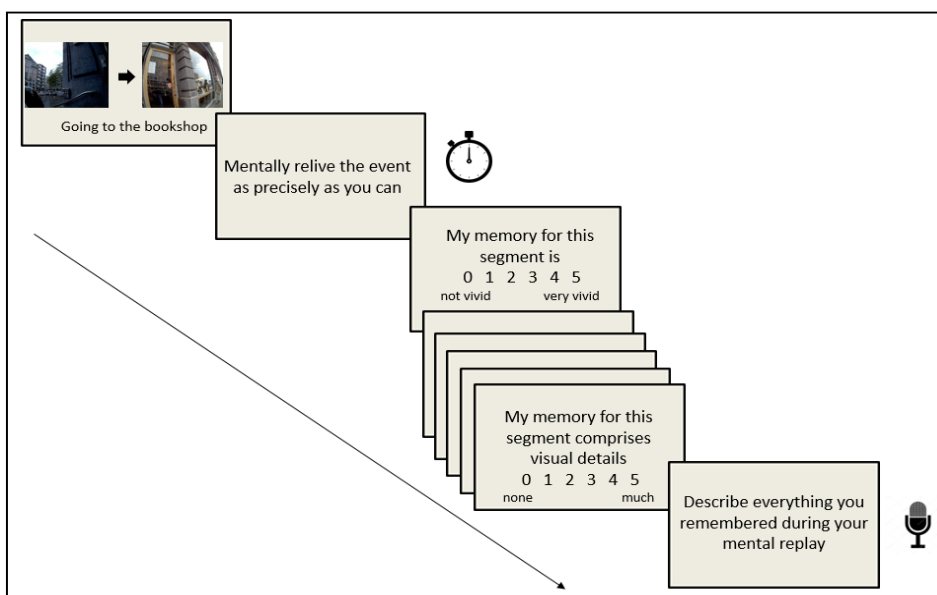


Figure 2. Schematic representation of a trial of the memory task. Each trial began with the presentation of two pictures and one title describing the corresponding event. Participants first had to mentally relive the event as precisely as they could and the duration of their mental replay was measured. Then, participants were presented with six rating scales assessing several subjective memory dimensions. Finally, participants verbally described everything they remembered during their mental replay and their verbal reports were recorded.

Narrative coding

Verbal descriptions of memories and videos were transcribed and were scored using the same procedure as previous studies investigating the temporal structure of episodic memories (Jeunehomme et al., 2018; Jeunehomme & D'Argembeau, 2019). The verbal descriptions of remembered events consisted of a succession of moments or slices of prior experience (referred to as *experience units*) that typically represented the unfolding of events in a chronological order. The identification of an experience unit was based on transitions (e.g., linking words such as *then* or *next*) and breaks (moments of silence) in the discourse of the participant. For instance, a typical recall protocol involved the following succession of experience units: "I left the bookshop and turned right" (first experience unit), "while walking, I saw a woman with an umbrella" (second experience unit), "then, I crossed the pedestrian path" (third experience unit), "next, I walked along the organic shop" (fourth experience unit), and so forth. Each of these experience units included one or several pieces of information (referred to as *unit components*), which described various aspects of experience that could involve the external environment, mental states, and actions. The content of each experience unit was coded by categorizing unit components in eight categories: person, object, thought, action with interaction, spatial movement, perceptual detail, spatial detail, and comment (each category is described in detail in Table 1, along with examples). These categories were mutually exclusive (i.e., a given component was classified in only one category), but an experience unit could include multiple components (e.g., a person, an object, and a perceptual detail). For instance, the experience unit "while walking, I saw a woman with an umbrella" contains a spatial displacement component ("while walking"), a person component ("a woman"), and an object component ("with an umbrella"). Thanks to the pictures taken during the walk, we could verify the accuracy of the majority of the reported episodic details to ensure that participants' recall did not contain any intrusion.

However, some components could not be verified because they involved elements outside the field of view of the camera.

Table 1. *Descriptions and examples of the different categories of components constituting experience units.*

Component categories	Descriptions and examples
Person	<p>Description of one or more person(s) with no description of interacting with this/these person(s).</p> <p><i>“I saw a woman”</i></p> <p><i>“There was a group of students”</i></p>
Object	<p>Description of an object or aspect of the external environment, with no description of interacting with this object (if an interaction was described, the component was classified as “action with interaction”).</p> <p><i>“I saw a car”</i></p> <p><i>“The sun was shining”</i></p>
Thought	<p>Description of a thought, mental state or judgement.</p> <p><i>“I was lost in my thoughts”</i></p> <p><i>“She seemed upset”</i></p>
Action with interaction	<p>Description of an action performed by the participant involving a direct interaction with a person or an object.</p> <p><i>“I opened the door”</i></p> <p><i>“she gave me the coffee”</i></p>

Spatial movement	<p>Description of a movement of the body in the environment.</p> <p><i>"I turned right"</i></p> <p><i>"I walked to the office"</i></p>
Perceptual detail	<p>Description of a sensory detail (i.e. colour, texture, shape...) about a person or an object, or of an internal sensation.</p> <p><i>"She wore black sunglasses"</i></p> <p><i>"I had a stomach ache"</i></p>
Spatial detail	<p>Description of a detail replacing a person or an object in the spatial context.</p> <p><i>"A man walked in front of me"</i></p> <p><i>"The leaflets were on my left"</i></p>
Comment	<p>Explanation or clarification that does not in itself describes the past experience.</p> <p><i>"I never put sugar in my coffee"</i></p>

Note: In each example that is provided, the corresponding component is highlighted in bold

The scoring of experience units and components was performed by the first author and a second trained rater independently scored a randomly selected 20% of the data of each group to assess scoring reliability. The identification of experience units showed an excellent agreement between the two raters: ICC = .98 (Koo & Li, 2016a). For unit components, there was excellent agreement regarding persons, ICC = .90, and thoughts, ICC = .93, and good agreement regarding objects, ICC = .79, actions with interaction, ICC = .75, spatial movements, ICC = .77, perceptual details, ICC = .81, spatial details, ICC = .82 and comments, ICC = .86.

Similar coding procedures for both experience units and unit components were applied to video descriptions, with the exception that the thought category was not used (no thought was described). Again, all the data were scored by the

first author and the second trained rater independently scored 20% of the data of each group. ICCs were excellent regarding experience units, ICC = .92, persons, ICC = .91, objects, ICC = .92, spatial movements, ICC = .93, perceptual details, ICC = .93, spatial details, ICC = .91 and comments, ICC = .91, and were good regarding actions with interaction, ICC = .87 (Koo & Li, 2016a).

Statistical analyses

The rate of temporal compression of an event during mental replay was measured as the ratio of the actual duration of the event (measured as the time separating the shooting moments of the two pictures depicting the beginning and end of the event) to the duration of its mental replay. Because the distribution of this measure of temporal compression was substantially skewed, we used robust statistical methods to analyse the data. Robust statistical methods perform well in terms of type I error control and statistical power, even when the normality and homoscedasticity assumptions are violated, and thus they increase the likelihood of discovering genuine differences between groups and associations among variables (Wilcox, 2012). More specifically, we conducted robust 2 x 2 mixed analyses of variances (ANOVAs) to investigate the effects of age and type of events (i.e., actions vs. spatial displacements) on temporal compression rates, recalled experience units, and recalled components within units. These robust ANOVAs were conducted using the 20% trimmed means (a robust measure of location that ignores the top and bottom 20% of data) and 2000 bootstrap samples (as a way to deal with bias in standard errors by estimating the shape of the sampling distribution by sampling with replacement from the data), as recommended by Field and Wilcox (2017). Effect sizes were estimated using the explanatory measure of effect size ξ ; values of 0.10, 0.30, and 0.50 correspond to small, medium, and large effect sizes (Mair & Wilcox, 2019). These analyses were

performed using the functions of Wilcox (2012) implemented in R (R Core Team, 2013).

To investigate whether temporal compression rates were predicted by the density of recalled experience units, we conducted a robust multilevel regression analysis (two-level random intercept model with events as level 1 units and participants as level 2 units) using the `robustlmm` package in R (Koller, 2016a). Compression rate was the outcome variable and age group, density of recalled experience units, and their interaction were predictors. Similar robust multilevel regression analyses were used to investigate the effects of recalled information and age on the subjective experience of remembering.

The alpha level was set at .05 in all analyses. All descriptive statistics refer to the 20% trimmed means and their 95% confidence intervals (CIs) calculated using the percentile bootstrap method with 2000 bootstrap samples (Wilcox, 2012).

2.5.4 Results

Temporal compression of events during mental replay

The mean temporal compression of events involving actions and spatial displacements are shown in Figure 3 for the two age groups. A robust 2 (age) x 2 (event type) mixed ANOVA revealed a main effect of the type of events on compression rates, $F_t(1, 41.65) = 8.47, p = .006, \xi = 0.17$, showing that actions were less compressed in memory than spatial displacements. The main effect of age and the age by event type interaction were not significant, $F_tS < 1^{10}$. These results could not be simply explained by the influence of event duration on compression rates (see Supplementary material).

¹⁰ Note that similar results were obtained when analysing the ratio of memory duration to actual event duration.

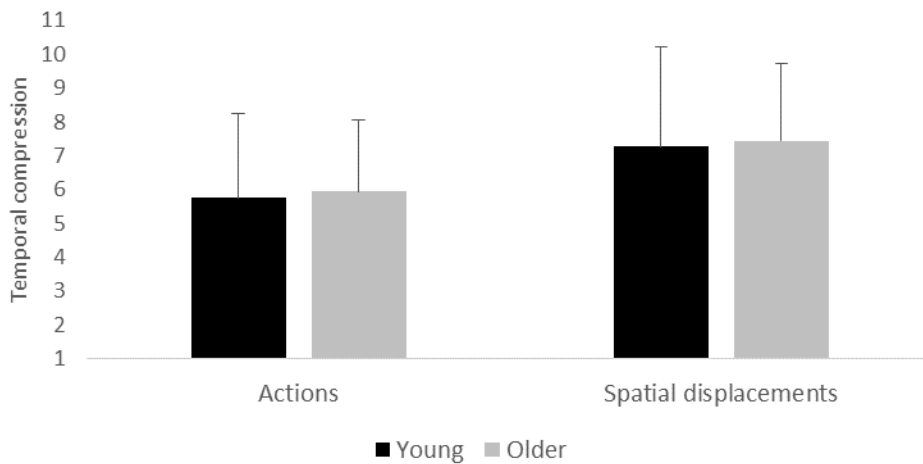


Figure 3. Rates of temporal compression as a function of age and type of events. Bars represent the 20% trimmed means and error-bars represent 95% robust confidence intervals.

Density and components of recalled experience units

Verbal descriptions of remembered events consisted of a succession of moments of prior experience (experience units). To assess the density of recalled experience units during mental replay, we computed the number of reported experience units per unit of time of the actual event duration. The mean density of experience units (i.e., the number of recalled units per minute of the actual event duration) for actions and spatial displacements are shown in Figure 4 for the two age groups. A robust 2 (age) x 2 (event type) mixed ANOVA revealed a main effect of the type of events, $F_t(1, 41.96) = 99.22, p < .001, \xi = 0.79$, showing that participants recalled a higher density of experience units for actions than spatial displacements. Young adults recalled slightly more experience units than older adults, but the effect was not statistically significant, $F_t(1, 41.93) = 3.31, p = .076, \xi = 0.30$. The age by type of event interaction was not significant, $F_t < 1$.

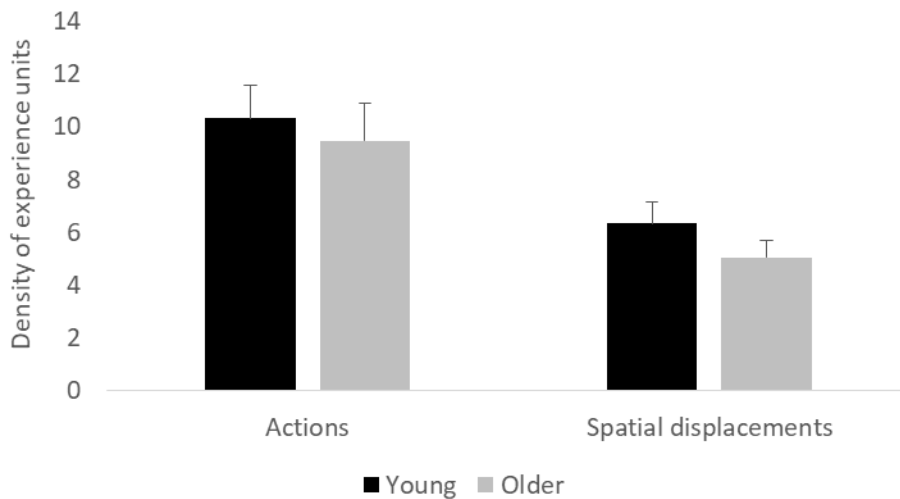


Figure 4. Density of recalled experience units as a function of age and type of events. Bars represent the 20% trimmed means and error-bars represent 95% robust confidence intervals.

To investigate the impact of age and type of events on the number of components within experience units, a robust 2 (age) x 2 (event type) mixed ANOVA on the total number of components reported per experience unit was conducted (all types of components were summed for this analysis, except comments). It revealed a main effect of event type, $F_t(1, 40.01) = 33.15, p < .001, \xi = 0.55$, showing that actions contained more components than spatial displacements. Neither the main effect of age, $F_t(1, 37.29) = 0.01, p = .98, \xi = 0.02$, nor the age x event type interaction, $F_t(1, 37.29) = 0.05, p = .81$, were significant. Separate analyses conducted on each type of component can be found in the Supplementary material.

Relationship between temporal compression rates and recalled experience units

The preceding analyses indicated that the rates of temporal compression of events in episodic memory and the density of recalled experience units were similar in

young and older adults. Next, we sought to replicate previous findings that temporal compression rates were predicted by the density of recalled experience units (Jeunehomme & D'Argembeau, 2019) and further examined whether this relationship was similar in young and older adults. We conducted a robust multilevel regression analysis with compression rate as dependent variable and with the density of recalled experience units and age group as first- and second-level predictors; the density of experience units by age group cross-level interaction was also entered as predictor to investigate potential age differences in the relationship between temporal compression rates and the density of recalled experience units. This analysis revealed that the density of recalled experience units significantly predicted temporal compression rates, $\beta = -0.162$, $SE = 0.019$, $t = -8.14$, $p < .001$, indicating that memories that included a higher density of experience units were less compressed. The effects of age, $\beta = 0.003$, $SE = 0.069$, $t = 0.06$, and the density of experience units by age group interaction, $\beta = -0.015$, $SE = 0.028$, $t = -0.56$, were not significant.

Subjective experience of remembering

Another goal of this study was to examine the impact of age on subjective memory judgements and to determine whether these judgements were predicted by recalled experience units. We conducted a robust multilevel regression analysis with vividness ratings as outcome variable and with the number of recalled experience units and age group as first- and second-level predictors; the number of recalled units by age group cross-level interaction was also entered as predictor in the model to examine potential age differences in the relationship between subjective vividness and the number of retrieved experience units. Finally, the total number of components recalled within experience units was also entered in the model to examine its potential contribution to subjective vividness. We found that the subjective vividness of memories was significantly predicted by the number of recalled experience units and by age, with older adults providing higher

vividness judgements than young adults (see Table 2). The cross-level interaction was also significant and follow-up analyses ran on each age-group separately revealed that the number of recalled experience units predicted vividness ratings in young adults, $\beta = 0.164$, $SE = 0.061$, $t = 3.13$, $p < .01$, but not in older adults, $\beta = 0.022$, $SE = 0.058$, $t = 0.37$. The number of components within experience units did not significantly predict vividness ratings (Table 2).

A similar analysis was conducted with the subjective sense of reliving as outcome variable. The effects of the number of experience units and age group were significant (see Table 2). However, the cross-level interaction was not significant, meaning that the number of recalled experience units predicted the subjective experience of reliving to a similar extent in young and older adults. Again, the number of components within experience units did not significantly predict subjective memory. Similar results were found for ratings of visual details, spatial information, and thoughts (see Supplementary material).

Table 2. Multilevel regression analyses assessing the effects of age and recalled experience units on the subjective experience of remembering.

Outcome variable	Number of experience units			Age-group			Number of experience units x Age-group interaction			Components within experience units		
	β	SE	t	β	SE	t	β	SE	t	β	SE	t
Vividness	0.161	0.046	3.51*	0.705	0.147	4.79*	-0.154	0.073	-2.09*	-0.020	0.035	-0.57
Reliving	0.123	0.030	4.03*	0.774	0.169	4.58*	-0.068	0.049	-1.36	-0.040	0.023	-1.71

Note. Significant predictors ($p < .05$) are indicated by an asterisk. All components within experience units except comments were entered in the model.

Video descriptions and familiarity with the walk environment

Analyses concerning the descriptions of the videos revealed that the density of experience units (i.e., the number of experience units described per minute of video) did not differ between age groups, $M_{diff} = 0.668$, 95% CI [-0.84, 2.18], $Yt(33.45) = 0.85$, $p = .37^{11}$, $\xi = 0.18$ (20% trimmed means: $M_{older} = 9.55$; $M_{young} = 10.22$). Familiarity ratings with the walk environment differed between young and older adults for the “buying the beverage” event ($p = .006$), while no age-difference was found for the remaining events (all p s > .13). To ensure that differences in the familiarity of the “buying the beverage” event did not influence the results, all the analyses presented above were re-conducted while controlling for this difference. The pattern of results remained unchanged.

2.5.5 Discussion

This study is the first to examine the impact of age on the temporal structure of memories for complex, real-world events. Young and older adults engaged in a series of events that simulated daily life activities while their experience was automatically recorded using a wearable camera. They were then asked to mentally replay each event in as much detail as possible, to evaluate their subjective experience of remembering, and to verbally describe the content of recalled information. We found that the rate of temporal compression of events during mental replay did not differ between age groups but was lower for actions than spatial displacements. The density and components of recalled experience units also did not significantly differ between age groups. Critically, the density of recalled experience units predicted temporal compression rates to the same extent in both age groups. However, subjective ratings of memory vividness were

¹¹ Video descriptions of one older participant were unavailable due to recording malfunction.

higher in older than young adults, and the number of recalled experience units predicted vividness ratings in young but not in older adults.

The temporal compression of events in episodic memory

The main finding of the current study is that the rate of temporal compression of events in episodic memory (i.e., how fast events are mentally replayed relative to the actual event duration) did not differ significantly between age groups. Remembering an event typically takes less time than the initial experience, suggesting that the unfolding of prior experience is compacted in memory (Baldassano et al., 2017; Chen et al., 2017; Jeunehomme & d'Argembeau, 2019; Michelmann et al., 2019). While the exact nature of this compression mechanism remains to be investigated, previous studies suggest that memory compression occurs, at least in part, because of temporal discontinuities in the mental representation of the unfolding of events (Jeunehomme et al., 2018; Jeunehomme & D'Argembeau, 2019). Specifically, event memories are not replicas of the continuous stream of prior experience but represent the dynamic unfolding of events as a succession of discrete moments of experience (here referred to as experience units) that are separated by temporal gaps (i.e., some moments of prior experience are not remembered, such that people mentally jump from one moment to another without representing what happened in between). The magnitude of temporal compression may depend on the length of these temporal gaps during mental replay or, reciprocally, on the density of remembered experience units per unit of time of the actual event duration (Jeunehomme & D'Argembeau, 2019). In line with this view, the present results replicated previous findings that rates of temporal compression were predicted by the density of recalled experience units (Jeunehomme & D'Argembeau, 2019) and further showed this was the case in both age groups, suggesting that older adults compress the continuous flow of their experience in episodic memory in the same way as young adults do.

Event segmentation processes play a key role in the formation of the experience units that constitute episodic memories. According to event segmentation theory (Kurby & Zacks, 2008; Zacks et al., 2007), the segmentation of the continuous stream of experience into distinct events follows perceptual or conceptual changes in ongoing experience, which are interpreted as event boundaries. Thus, the rate of event segmentation is modulated by the characteristics and structure of events (Kurby & Zacks, 2011), which in turn determine the rate of compression during subsequent episodic remembering (Faber & Gennari, 2015; Jeunehomme & D'Argembeau, in press). Some previous studies have found that older adults have lower event segmentation agreement than young adults, and that the event segments they identify are less hierarchically organized (Kurby & Zacks, 2011; Magliano et al., 2012; Zacks et al., 2006). At the same time, aging does not necessarily lead to lower segmentation rates (Magliano et al., 2012) and the processing of situation models is largely preserved with increasing age (Radvansky & Dijkstra, 2007). Knowledge about situation models may thus compensate for older adults' reduced capacity to detect perceptual changes in the stream of conscious experience, thereby helping them to identify event boundaries as efficiently as young adults (Magliano et al., 2012). In a recent study, both young and older adults were found to have lower memory for the object they were currently carrying when they walked through a door than when they moved within the same room (Radvansky, Pettijohn, & Kim, 2015). Because moving from a room to another requires the updating of event models, which in turn causes memory interference (Radvansky, Krawietz, & Tamplin, 2011), the authors concluded that the finding that young and older adults were equally sensitive to door passing is congruent with the idea that event cognition is preserved with increasing age (Radvansky et al., 2015).

Together, these studies suggest that older adults segment the continuous stream of their experience into distinct and meaningful experience units just as

young adults do. These preserved segmentation abilities may thus explain the present results that the temporal structure and compression of episodic memories was similar in young and older adults. This interpretation is tentative, however, and further studies directly linking event segmentation and rates of temporal compression are needed to investigate the exact contribution of event segmentation processes to episodic memory compression in older adults.

While on average the unfolding of events is mentally replayed at a faster rate than the actual event duration, the experience units that compose memories (i.e., the slices of prior experience that are remembered) may in fact be replayed at the same speed as the original experience (see Michelmann et al., 2019), although they may sometimes be replayed faster or slower. Thus, the speed of mental replay of experience units within memories and its possible modulation remain to be investigated in detail. Besides, it is likely that rates of event compression depend on retrieval conditions. In particular, it would be interesting to investigate the extent to which the speed of mental replay can be controlled and adaptively modulated according to task demands and the context in which remembering takes place. For instance, events may be mentally replayed more or less quickly depending on whether one needs to remember minute details or the general structure of prior experience. Rates of temporal compression may thus be influenced by task instructions: in the current study, participants were asked to mentally relive events as precisely as they could, but asking participants to remember the general structure of events or asking them to recreate the original timing of experience might lead to different compression rates.¹² Temporal compression rates may also be sensitive to context and state-dependent effects, as

¹² Interestingly, however, it seems that events are temporally compressed even when people are asked to recreate their original timing. Indeed, a recent study of Wang and Gennari (2019) showed that participants mentally replayed the unfolding of visual animations more quickly than their actual clock duration (at least for animations that lasted longer than 5-6 seconds), although they were asked to mentally replay the animations exactly as they occurred in their original time course.

well as event dimensions such as their emotionality and personal significance. The extent to which these variables influence young and older adults' episodic memory compression to a similar extent should be investigated in future studies.

Richness of experience units within memories

When examining the level of detail of recalled experience units, we found no age difference in the number of components constituting experience units, which suggests that the moments of experience remembered by older adults were as detailed as those recalled by young adults. This result is somewhat surprising given the plethora of previous studies (using either laboratory stimuli or real-life events) showing lower context memory or lower episodic recall in aging (Duarte et al., 2008; D. a Gallo et al., 2011; Levine et al., 2002; St-Jacques et al., 2012; St-laurent et al., 2011b). However, some methodological factors are important to take into account when considering our results.

First, we used a very short delay between encoding and retrieval (i.e., 10 minutes), whereas most studies examining age differences in memory for real-world events used much longer delays. Interestingly, Mair et al. (2017) recently found that young and older adults did not differ in the amount and richness of episodic details when remembering recent (two-weeks old) real-life events. It could be that age differences in our paradigm would appear if longer retention intervals were used (see Jeunehomme et al., 2018, for data on memory for real-life events after different delays in young adults).

Second, it could be that the picture cues provided for each event helped older participants to reinstate detailed memory representations, notably because these retrieval cues may place less demand on older adults' declining executive function capacities for retrieving information from episodic memory (see Allé et al., 2017; Silva, Pinho, Macedo, & Moulin, 2018, for evidence that pictures taken with life logging camera provide particularly powerful cues to aid episodic memory

retrieval). Thus, it remains possible that age-related differences in episodic details would appear if more abstract (verbal) cues were used to elicit memories.

Third, it deserves mention that there is a large heterogeneity in cognitive aging (Cabeza et al., 2002), and older adults with higher executive function capacities can perform as well as young adults in recollection tasks (Davidson & Glicks, 2002). Thus, it could be that by chance or due to an unintentional sampling bias, the older adults participating in the present study were mainly high functioning individuals. The current study did not include a detailed neuropsychological assessment of participants' executive functions and replicating the current findings while controlling for individual differences in cognitive functioning would strengthen our conclusions.

Influence of types of events on memory compression rates

Of interest is the finding that actions were associated with lower temporal compression rates (and a higher density of experience units) in episodic memory than spatial displacements, which replicates previous findings (Jeunehomme & D'Argembeau, in press, 2019; Jeunehomme et al., 2018). Relative to spatial displacements, actions are more likely to be segmented in fine-grained subevents (Hard, Recchia, & Tversky, 2011), leading to the formation of more experience units in episodic memory (Jeunehomme & D'Argembeau, in press). Thus, the mental replay of actions may take more time than the mental replay of spatial displacements because there are more moments of experience to reinstate in the former than in the latter. Our finding that the difference in memory compression between these two kinds of events was similar in young and older adults provides further support to the view that the temporal structure of episodic memories is largely preserved in aging.

These results can also be interpreted from a functional perspective. According to Conway (2009), one of the main functions of episodic memories is to

represent knowledge about specific actions and action outcomes, which provides a mean to check on recent progress with current goals and plans. Therefore, events may be retained in episodic memory as a function of the goal structure of an experience, such that memories would be less compressed when they involve goal-directed actions. On this view, the present results may indicate that the role of short-term goals in the selection of aspects of experience that are maintained in episodic memory is preserved in normal aging. Yet, recent evidence suggests that aging decreases the ability to perceive the goal structure of events (Kurby & Zacks, 2018a). More precisely, Kurby and Zacks (2018a) showed that the segmentation of an event was related to the associated goal hierarchy (with for instance the coarse-grained segmentation being related to higher-level goals) and that this relation was reduced in older participants. In that study, however, participants segmented videos of other people performing actions (e.g., pitching a tent), so it remains unclear whether these findings extend to personally experienced events.

Subjective experience of remembering

The last aim of the current study was to shed some light on the impact of age on the subjective experience accompanying mental replay. We found that older adults assigned higher subjective ratings to their memories than young adults, in line with previous evidence that older adults often provide similar or higher subjective memory ratings than young adults (Comblain, D'Argembeau, & Van Der Linden, 2005; De Brigard et al., 2016; Hashtroudi et al., 1990; Robin & Moscovitch, 2017; St-Laurent et al., 2014). While in some of these studies, intact subjective ratings contrasted with impaired objective memory recall (Robin & Moscovitch, 2017; St-Jacques et al., 2012; Folville et al., in press), older adults retrieved similar numbers of moments of prior experience as young adults in the current study. Interestingly, however, the number of recalled experience units predicted subjective vividness ratings in young but not in older adults, which suggests that older adults did not necessarily rely on the recall of experience units to assess the vividness of their

memories. Nevertheless, in both age groups, the number of experience units significantly predicted the subjective sense of reliving the event and subjective memory for visual details, spatial information, and thoughts. It is possible that the kind of information *vividness* refers to is interpreted differently in older adults, so that they monitor retrieved details differently than young adults to make their vividness judgements (see Folville et al., in press and Mitchell & Hill, 2019, for further discussion on this point). Finally, it is also worth noting that, in both age groups, subjective memory judgments were unrelated to the number of components retrieved within experience units, which replicates previous observations (Jeunehomme & D'Argembeau, 2019). These findings suggest that, at least for complex real-life events, the subjective sense of re-experiencing the past depends on the quantity of moments that represent the unfolding of events rather than the amount of episodic details represented within these moments.

Conclusion

The present study shows that the temporal compression of daily life events in episodic memory is largely spared in aging. When mentally replaying the unfolding events, the density of recalled moments of prior experience did not differ between age groups and this density predicted memory compression rates to a similar extent in young and older adults. Furthermore, differences in compression rates as a function of the type of remembered events (actions vs. spatial displacements) were also comparable in the two age groups. On the other hand, some aspects of the subjective experience of remembering differed between age groups, with vividness ratings being less calibrated to objective recall in older than younger adults. Taken together, these results suggest that the mechanism of temporal compression of the flow of events in episodic memory is not affected by aging, but that the subjective vividness of memories become less tied to the objective amount of information that represents the unfolding of events.

**The impact of age on the temporal compression of daily life events in
episodic memory**

Adrien Folville, Olivier Jeunehomme, Christine Bastin & Arnaud

D'Argembeau

University of Liège

2.5.6 Supplementary material

Event duration

We conducted a robust 2 (age) x 2 (event type) mixed ANOVA on event durations. It revealed neither a main effect of event type, $F_t(1, 41.58) = 1.19, p = .28, \xi = 0.18$, nor a main effect of age, $F_t(1, 41.12) = 0.84, p = .36, \xi = 0.19$, but the age x event type interaction was significant, $F_t(1, 41.58) = 6.05, p = .02$ (see Table S1 for mean event durations according to event type and age group). Follow-up comparisons using robust t-test revealed that event duration did not differ between young and older adults for actions, $M_{diff} = 36.72, 95\% \text{ CI } [-56.34, 129.79], Y_t(41.91) = 0.79, p = .43, \xi = 0.14$, but was significantly higher in older than young adults for spatial displacements, $M_{diff} = 84.36, 95\% \text{ CI } [42.05, 126.67], Y_t(41.91) = 4.02, p < .001, \xi = 0.63$. These results indicate that young and older participants took the same time to perform the requested actions at a given location but that older participants took more time to go from one place to another, probably because they walked more slowly than young adults.

Table S1. 20% trimmed means and 95% CI of event duration (in seconds) as a function of age and type of events.

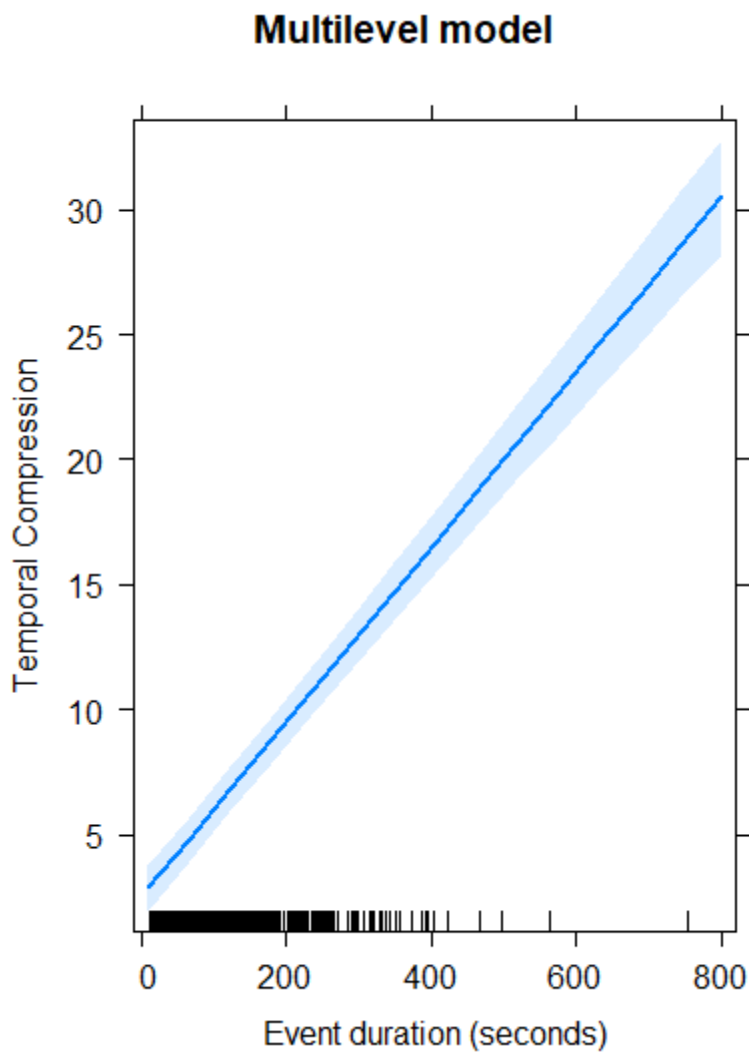
Age group	Event type	
	Action	Spatial displacement
Young	449.72 [387.81, 516.63]	416.09 [387.72, 449.72]
Older	413 [355.82, 478-82]	500.45 [470.09, 539.90]

Relationship between event duration and temporal compression

Next, we examined whether rates of temporal compression vary with event duration. We conducted a robust multilevel regression analysis with temporal compression rate as dependent variable and event duration as first-level predictor. This analysis revealed that temporal compression rates increased with event duration, $\beta = 250$, $SE = 0.011$, $t = 22.39$, $p < .001$ (see Figure S1). Because spatial displacements were longer for older than young adults, we further examined the effect of age on temporal compression while controlling for event duration. We conducted a robust multilevel regression analysis with temporal compression rate as dependent variable and with event duration and age group as first- and second-level predictors, respectively. A cross-level interaction (duration x age) was also modelled to examine potential age differences in the relationship between event duration and temporal compression. This analysis was conducted for spatial displacements only because no age difference in event duration was found for actions (see above).¹³ This analysis revealed that event duration predicted temporal compression rates, $\beta = 0.220$, $SE = 0.027$, $t = 8.20$, $p < .001$, but the effect of age, $\beta = -0.003$, $SE = 0.080$, $t = -0.049$, and the event duration by age interaction, $\beta = 0.036$, $SE = 0.031$, $t = 1.14$, were not significant. The absence of interaction indicates that event duration influenced temporal compression in a similar way for young and older participants.

¹³ It should also be noted that actions and spatial displacements had a comparable duration in young adults, $M_{diff} = 33.63$, 95% CI [-35.02, 102.29], $Y_t(21) = 1.02$, $p = .32$, $\xi = 0.18$, such that the observed difference in temporal compression rates between the two types of events cannot be attributed to a difference in event duration.

Figure S1. Relationship between temporal compression and event duration as modelled in the multilevel model.



Components of recalled experience units

Robust 2 (age) x 2 (event type) mixed ANOVAs were conducted for each component category: person, object, thought, action with interaction, spatial movement, perceptual detail, spatial detail, and comment (see Figure S2 and Table S2). The main effect of age was significant for the comment category (indicating that older adults made more comments than young adults), but was not significant for the remaining components. There was a main effect of event type for the object, action with interaction, spatial movement, and comment categories; for object and spatial movement categories, the number of components was higher for spatial displacements than actions, whereas for action with interaction and comment categories, the number of components was higher for actions than spatial displacements. There was no age by event type interaction in any of the ANOVAs.

Figure S2. Mean number of components within experience units as a function of types of events and age groups. Bars represent the 20% trimmed means and error-bars represent 95% robust confidence intervals.

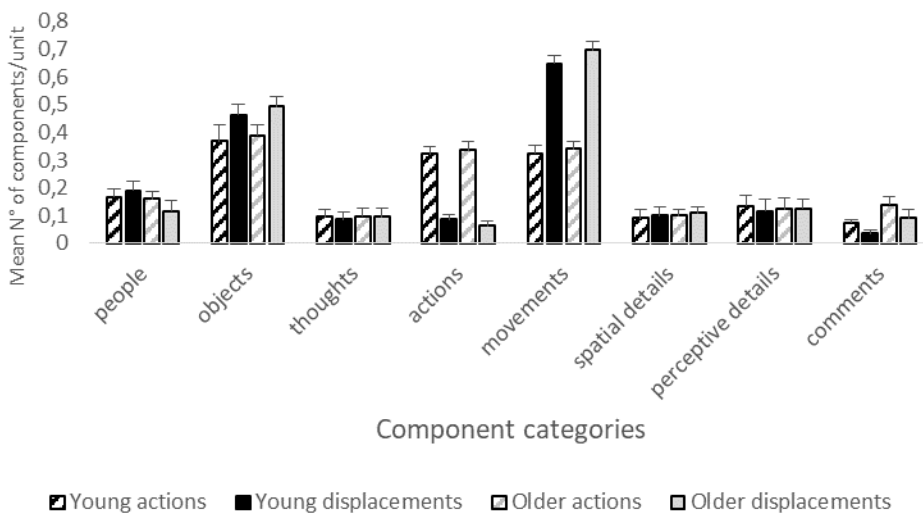


Table S2. Results of the robust 2 (age) x 2 (event type) mixed ANOVAs.

Component category	Age			Event-type			Age x Event-type interaction	
	F_t	p	ξ	F_t	p	ξ	F_t	p
Person	(1, 38.06) = 2.94	.095	0.31	(1, 40.95) = 0.97	.331	0.11	(1, 40.95) = 3.72	.065
Object	(1, 31.60) = 1.07	.308	0.22	(1, 35.92) = 44.83	< .001	0.59	(1, 35.92) = 0.19	.663
Thought	(1, 41.56) = 0.07	.797	0.06	(1, 38.27) = 0.21	.646	0.03	(1, 38.27) = 1.95	.170
Action with interaction	(1, 41.94) = 0.15	.704	0.10	(1, 40.87) = 393.85	.001	0.98	(1, 40.87) = 2.36	.131
Spatial movement	(1, 38.79) = 3.63	.064	0.31	(1, 41.96) = 979.95	.001	0.99	(1, 41.96) = 2.09	.150
Perceptive detail	(1, 41.99) = 0.01	.979	0.01	(1, 41.93) = 0.37	.543	0.06	(1, 41.93) = 0.53	.469
Spatial detail	(1, 39.67) = 0.55	.459	0.14	(1, 41.99) = 0.71	.403	0.10	(1, 41.99) = 0.07	.785
Comment	(1, 31.02) = 23.70	< .001	0.73	(1, 37.67) = 25.13	< .001	0.42	(1, 37.67) = 0.22	.639

Subjective remembering

We examined the impact of age on subjective memory judgements and investigated whether these judgements were predicted by recalled experience units. For each subjective judgment, we conducted a robust multilevel regression analysis with the ratings of interest as outcome variable and with the number of recalled experience units and age group as first- and second-level predictors; the number of recalled units by age group cross-level interaction was also entered as predictor in the model to examine potential age differences in the relationship between the number of retrieved experience units and the associated subjective memory experience (see Table S3). Finally, the number of components recalled within experience units corresponding to each subjective memory scale (e.g., for the visual detail scale, all categories of recalled components that comprised visual details were summed: person, object, action with interaction, spatial movement, perceptual detail and spatial detail) was also entered in the model to examine their potential contribution to the subjective experience of remembering.

For all dimensions, the effects of the number of experience units and age group were significant (except the effect of number of experience units for order judgments; see Table S3). These effects indicated that ratings increased with the number of recalled experience units and that older adults provided higher ratings than young adults. The cross-level interaction was not significant, meaning that the number of recalled experience units predicted subjective experience to a similar extent in young and older adults. The number of components within experience units did not significantly predict subjective memory judgments.

Table S3. Multilevel regression analyses assessing the effects of age and recalled experience units on the subjective experience of remembering.

Outcome variable	Number of experience units			Age-group			Number of experience units x Age-group interaction			Components within experience units		
	β	SE	t	β	SE	t	β	SE	t	β	SE	t
Visual details	0.201	0.047	4.31*	0.723	0.158	4.57*	-0.053	0.075	-0.71	0.041	0.036	1.14
Spatial information	0.199	0.049	4.03*	0.603	0.140	4.30*	-0.116	0.040	-1.45	0.011	0.036	0.29
Thought	0.118	0.042	2.78*	0.505	0.150	3.35*	-0.047	0.068	-0.68	0.046	0.033	1.42
Order	-0.001	0.035	-0.01	0.514	0.175	2.93*	-0.001	0.056	-0.01	-0.030	0.026	-1.14

Note. Significant predictors ($p < .05$) are indicated by an asterisk. For the thought variable, all components except comments within experience units were entered in the model. For the visual details variable analysis, all components except thoughts and comments were entered in the model. For the spatial information and thought variable analyses, Spatial and Thought components were entered in the model, respectively.

2.6 Etude 4. Shared event memory in aging: Across-participants similarity of vividness judgements decreases with age

Article en preparation.

**Shared event memory in aging: Across-participants similarity of vividness
judgements decreases with age**

Adrien Folville, Nora Vandeleene, Arnaud D'Argembeau & Christine Bastin

University of Liège

2.6.1 Abstract

When they remember the same events, humans recollect common episodic traces and share similarities in the associated patterns of neural representations. For judging the subjective quality of their memories, older adults rely less than young adults on retrieved episodic details, possibly because they use conceptual, socioemotional or personal information instead. In the current study, we examined whether the subjective experience of remembering showed similarity across participants who remembered the same events and we investigated potential age-effects. Young and older adults studied pictures associated with verbal labels. At retrieval, participants were cued with the labels and were asked to judge the subjective vividness of their memories and to recall a maximum of picture details. Within and between-age groups analyses examining across-participants similarity in vividness judgements and its relation to episodic recall were conducted. Results revealed that within-group across-participants similarity in vividness judgements was higher in young than in older adults. Similarly, an individual's trial-by-trial amount of recalled details predicted vividness judgements of other participants to a greater extent in young than in older adults. Interestingly, trial-by-trial amount of recalled details in older adults predicted more across-participants vividness judgements in young adults than in their own age group. Taken together, these findings provide new evidence that individuals that share event memory representations can show across-participants similarity in subjective vividness but that older adults show this pattern to a lesser extent, perhaps because they favour other types of information than episodic details to judge the subjective quality of their memories.

2.6.2 Introduction

Episodic remembering allows individuals to store a proceeding of their past experiences (Tulving, 1972), which they can use to plan the future (Schacter, Benoit, & Szpunar, 2017) and shape interactions with others (Mahr & Csibra, 2018). It is widely accepted that we encode and store our own memory representations of events in episodic memory (Tulving, 2002). However, intrinsic characteristics of experiences determine the memorability of an episode, so that some aspects are more likely to be remembered than others. This implies that, when they recollect the same event, individuals share common memory representations. For instance, when remembering pictures depicting natural scenes, some images are remembered in detail by the majority of the participants while others are forgotten by half of the study sample (Isola, Xiao, Torralba, & Oliva, 2011). At the brain level, recollected episodic memory traces of videos that has been previously watched by young participants have a shared neural signature with common neural representations across participants (Chen et al., 2017; Oedekoven et al., 2017).

In addition to recollecting specific details about past events, we can also have the subjective feeling of remembering it (Johnson et al., 1993). Such subjective memory experience can be assessed with vividness ratings, for instance. In order to better understand how the subjective experience of remembering arises, Folville, D'Argembeau, & Bastin (2020) conducted a study in which young participants encoded pictures associated with labels. At retrieval, they were presented with the labels and were asked to assess the vividness of their memories of the pictures and to recall a maximum of pictures details. Trial-by-trial analyses revealed that subjective vividness judgements were strongly predicted by the corresponding amount of recalled details from the pictures (Folville et al., 2020). The subjective experience of remembering is thus thought to be in part determined by the retrieved content of episodic memory, along with

metacognitive and memory monitoring processes that regulate how recollected details are used according to task-demand and context (Bastin et al., 2019).

If the content of a memory trace is shared and can reveal similarities across individuals (Isola et al., 2011) and if the subjective experience of remembering is partly based on memory content (Folville et al., 2020), the subjective memory experience should show similarity across participants when they recollect the same materials. However, to the best of our knowledge, this question has not been examined yet. Therefore, the first aim of the current study was to examine whether memory representations shared across individuals would be associated with a similar intensity of subjective remembering. To examine this question, we re-analyze the data set of the study of Folville et al., (2020) but we conducted between rather than within-subjects trial-by-trial analyses. We examined whether trial-by-trial vividness judgements showed across-participants similarity in young adults (i.e., whether a picture that is remembered highly vividly by one participant is also remembered highly vividly by others). Because vividness is predicted by the amount of recalled details, we further investigated whether trial-by-trial amount of recalled details predicted across-participants' vividness judgements.

With increasing age, episodic memories tend to fade more quickly and to become less detailed and accurate (Cabeza, Nyberg, & Park, 2016a). For instance, relative to young adults, older adults recall less details when remembering the past (Hashtroudi et al., 1990; Robin & Moscovitch, 2017; St-Jacques et al., 2012; M. St-Laurent et al., 2014) and they have difficulties in retrieving the source of a memory trace (Gallo et al., 2011; Koen & Yonelinas, 2014). When they assess their subjective experience of remembering, older adults assign as high or higher subjective judgements (e.g., vividness) relative to young adults (Comblain et al., 2005; De Brigard et al., 2016), even when they objectively retrieve less details compared to their younger counterparts (Hashtroudi et al., 1990; Robin & Moscovitch, 2017; St-Laurent et al., 2014). Critically, Folville et al. (2019) showed

that the amount of retrieved details predicted older adults' vividness ratings less than in young adults, which suggests that older adults use episodic memory content in a different way relative to young adults to calibrate their subjective memory ratings. In a related vein, another study has revealed that older adults' vividness ratings were associated with neural representations in prefrontal cortex, a brain region associated with semantic, conceptual and socio-emotional processes (Johnson et al., 2015). Of note, other authors have suggested that older adults could rely on personal semantic or episodic aspects of their own lives when assessing the vividness of their memories for pictures (Mitchell & Johnson, 2009). Taken together, these studies suggest that, relative to young adults, older adults rely less on retrieved episodic details to judge the subjective vividness of their memories. If older participants indeed rely on episodic details to a lesser extent than young adults to judge the vividness of their memory representations, the similarity between the vividness judgements made across older participants for the same stimuli should be reduced relative to the similarity observed in young adults. The second aim of the current study was therefore to examine whether memory representations shared across older individuals are associated with a similar intensity of subjective remembering. We ran the same analysis as the one conducted in young adults to examine whether across-participants' vividness ratings would show similarity in older participants and we further tested whether this would be different from the similarity pattern observed in young adults. We further investigated whether trial-by-trial amount of recalled details in older participants predicted the corresponding vividness judgements across participants in their group. We predicted that the amount of recalled details would predict across-participants' vividness ratings but that it would be the case in a lower degree than in young adults.

Finally, according to analyses of episodic recall tasks, older adults recollect less details than young adults but the details that are remembered are the same across

groups (Stine & Wingfield, 1988; Verhaeghen & Marcoen, 1993b, 1993a). For instance, the list of items that was correctly remembered by older adults could be partly predicted by young adults' pattern of recall (Verhaeghen & Marcoen, 1993b). In the current study, we examined whether these findings would generalize to subjective vividness. In other words, are the memory traces that are judged as the less/the most vivid the same in young and older adults? Because young and older adults partly base their subjective vividness ratings on retrieved episodic details (Folville, D'Argembeau, et al., 2019a), we hypothesized that the mean rates of vividness of the two groups should be significantly correlated. In order to bring this analysis a step further, we examined whether young participants' trial-by-trial vividness ratings would predict the corresponding vividness ratings of older adults and vice versa. Because young and older adults weight different types of details to calibrate their vividness ratings (Marcia K Johnson et al., 2015), although both use, at least to some extent, episodic details (Folville, D'Argembeau, et al., 2019a), we hypothesized that across-group similarity in vividness judgements should not significantly differ between the two age-groups but should be greater than zero. Last, we investigated whether trial-by-trial amount of recalled details would predict across-groups vividness ratings in young and older adults. We hypothesized that the trial-by-trial amount of recalled details in young adults would predict the corresponding vividness ratings in older adults but that the magnitude of this relationship would be quite low because older adults' subjective ratings would not vary from one trial to another as a function of the visual richness of the stimuli. In contrast, we predicted that trial-by-trial amount of recalled details in older adults would be strongly associated with the corresponding vividness ratings in young adults because vividness ratings of young participants are mainly based on retrieved episodic details and older adults' recall remain sensitive to variation in the memorability of individual items (Stine & Wingfield, 1988; Verhaeghen & Marcoen, 1993b, 1993a).

2.6.3 Method

Data of the current study were initially acquired and analysed in a previous study (Folville et al., 2019). None of the results reported here was previously described.

Participants

Thirty-four young adults (16 men; 19–28 years; $M = 23.61$; $SD = 1.81$) and 34 older adults (12 men; 60–87 years; $M = 70.97$; $SD = 6.29$) participated in this study. All participants were native French speakers. None reported past or current psychiatric or neurological disorders and the groups did not differ in terms of education ($p = .12$). Older participants' general cognitive functioning was assessed with the Dementia Rating Scale (Mattis, 1976b) and all participants performed within the norms (Pedraza et al., 2010). All participants gave written informed consent and the study was approved by the Ethics Committee of the Faculty of Psychology of the University of Liège, Belgium.

Materials

The stimuli for the memory task were 40 colored pictures selected from the International Affective Picture System (IAPS) (Lang & Bradley, 2007) and from a previous study (Koehler, Guo, Zhang, & Eckstein, 2014). The selected pictures depicting outdoor (garden, parking) or indoor (living room, bedroom, kitchen) environments should not trigger emotional reaction. Each picture was associated with a descriptive label (one to three words). Forty additional lure labels for the cued recollection task were created.

Procedure

Participants were tested individually. The task was designed using E-prime software (Psychology Software Tools, Pittsburgh, PA). The memory task began with

an encoding session in which participants saw the 40 pictures together with their corresponding labels for 10 seconds each. Half of the pictures were presented on the left side of the screen and the other half on the right side (for subsequent spatial source memory that we did not analyze in the current study), with a fixation cross in the center of the screen and the label below the cross. Each picture presentation was followed by a blank screen for 1000 ms. The encoding session was divided into two equal parts with a 20-second break in between (for subsequent temporal source memory that we did not analyze neither). Study instructions were intentional, so participants knew that they would subsequently have to retrieve a mental representation of the picture from the label.

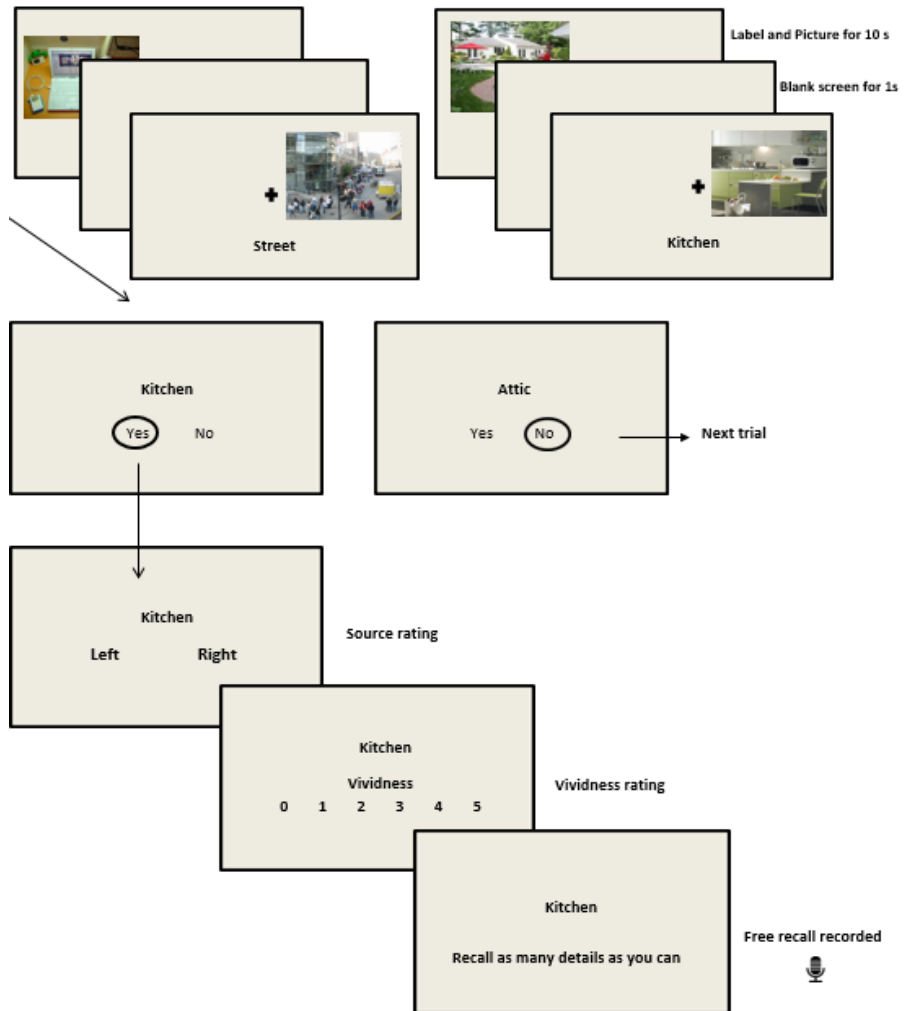


Figure 1. Schematic representation of the experimental procedure. At encoding, participants encoded pictures associated with descriptive labels. At retrieval, participants were presented with old and new labels and were asked to decide whether the label has been previously encoded. When the label was judged as new, the next trial began immediately. When the label was judged as old, participants were asked to: 1) answer a source memory question (not used in the current study), 2) to evaluate the subjective vividness of their mental representation of the associated picture, 3) to orally report a maximum of picture details. Trial order was randomized.

Following the encoding session, participants had to count backward during one minute. In the cued recollection task, each trial began with the presentation of a label. Participants had to decide whether they had previously seen this label associated with a picture ($n_{\text{old}} = 40$) or not ($n_{\text{new}} = 40$). When the label was judged to be new, the next trial began immediately. If the label was considered old, further memory questions were asked. First, participants had to answer either a spatial or temporal source memory question regarding the picture associated with the label (that we did not use in the current study). After the source memory questions, participants were asked to rate the vividness of their memory for the picture encoded with the associated label on a Likert scale ranging from 0 (no memory of the picture) to 5 (extremely vivid). Then they were invited to orally recall as many details of the picture as they could. Their responses were audio-recorded. When participants had completed their recall for one trial, they pressed any key to move on to the next trial. No time limit was imposed to answer.

Narrative coding

For each participant, the content of the free recall of each picture was transcribed. To evaluate participants' recall content in depth, we used a narrative coding system that classified the content of each episodic detail in terms of different components. Six categories were created and each detail of the recall of each picture was classified according to its content: person (each person or animal mentioned by the participant); object (objects, rooms, natural elements such as trees or hills); perceptual (perceptual information specifying the color, size or texture of a person or an object); spatial (spatial positioning of a person or an object in the picture); quantity (reporting any amount: 4 chairs, 3 men, and so forth); thought (a thought experienced during encoding and reported at recall); Our six scoring categories were not mutually exclusive: each detail could include components from several categories. For example: the detail "A white car was on

the right side” includes an object component (the car), a perceptual component (white color) and a spatial component (right side). For each participant, the total number of recalled components was computed for each trial.

The content of the recall of each label/image was coded by the first author. A second trained rater, blind to participant’s age, scored a randomly selected 20% of the data of each group. Across participants, Intraclass Correlation Coefficients (ICCs) between raters were excellent regarding the total number of components, $ICC = .98$ (Koo & Li, 2016b).

Within and between-group across-participants similarity analyses

To examine within-group across-participants similarity of vividness ratings, we computed a similarity value for each participant. For each participant separately, we conducted linear regressions with the participant’s vividness ratings for each remembered picture as predictor and vividness ratings given by another participant from the same age group for the corresponding pictures as dependent variables (see Figure 2A). The resulting beta value of the regression was stored in a matrix (Figure 2B). Next, similar regressions were performed between the participant and each of the remaining participants from the group (Figure 2B), and the beta values obtained in each regression were averaged to obtain a similarity value (Figure 2C : within-group similarity). To examine between-group across-participants similarity of vividness ratings, the same methods of analyses was used, but now the independent variable in the regressions was the vividness of one participant and the dependent variable was the vividness ratings of one participant from the other age group. Again beta values of all regressions were averaged and the resulting value (between-group similarity) was assign to the participant. Because the task used in the current study comprised a yes/no recognition phase that determined the occurrence of vividness judgements, two participants did not necessarily assigned vividness ratings to the same pictures. Therefore, the

regressions were always conducted on task images that were common to the two compared-participants.

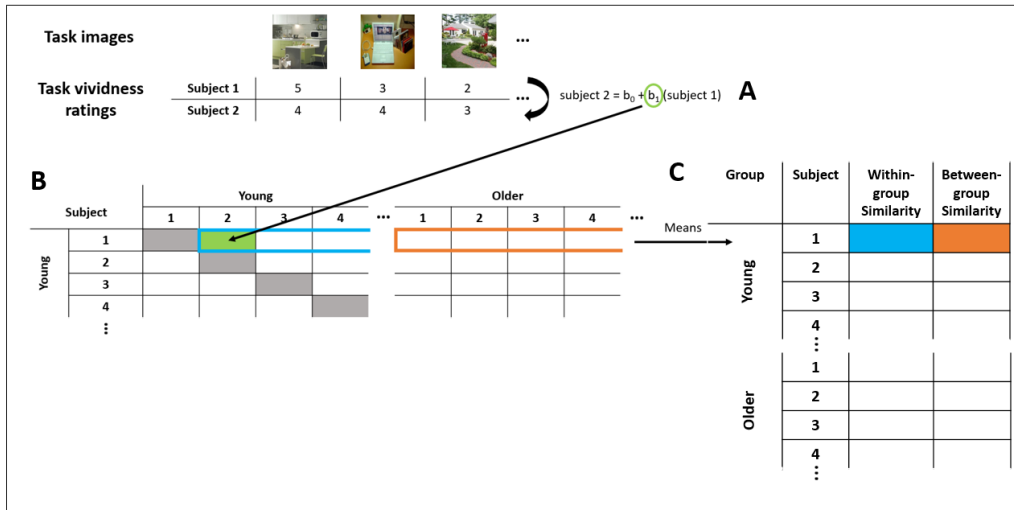


Figure 2. Visual schematic of the similarity analysis. A. A given subject is compared with each other subject of his/her group (within-group similarity depicted in blue) or the other age-group (between-group similarity depicted in orange). A linear regression is conducted with the vividness values for each trial of the subject of interest as predictor and the vividness values for the corresponding trials of one other subject as dependant variable. B. The resulting beta value of the regression is stored in a matrix and the regressions between the subject and the remaining participants are ran in the same way. C. Beta values from the regressions are averaged (within-age group and between-age group) and the resulting value related to the subject can be used for group-comparisons.

To examine whether the amount of retrieved details from the pictures of one participant would predict the subjective vividness ratings of other participants for the same pictures, we also used linear regressions, here with a participant's number of recalled details for each remembered picture as predictor and another participant's vividness ratings for the corresponding pictures as dependent variable (see Figure 3A). Again beta values of each regression were averaged (Figure 3B) so as to obtain a value for each subject in each comparison (within vs. between-group) (Figure 3C).

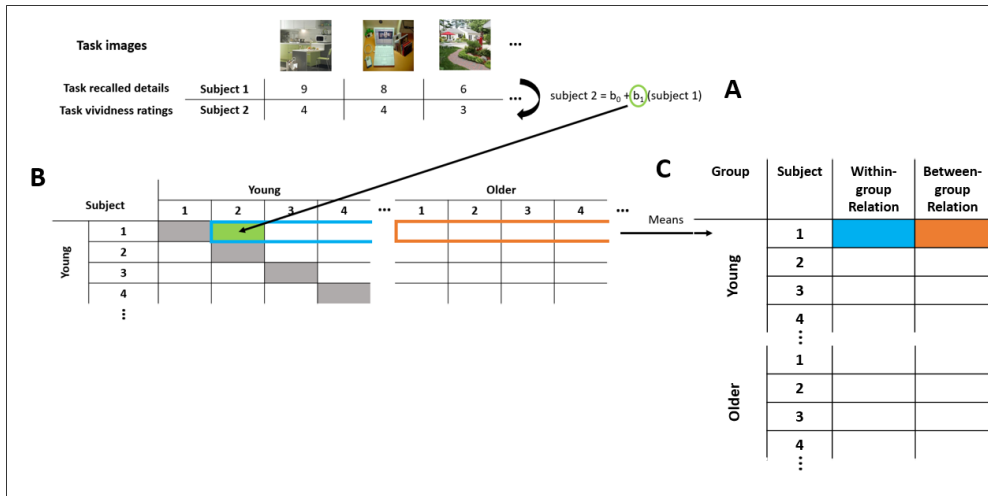


Figure 3. Visual schematic of the analysis examining the relationship between the amount of recalled details and across-participants vividness ratings. A. Again, a given subject is compared with each other subject of his/her group (within-group similarity) or the other age-group (between-group similarity). A linear regression is conducted with the amount of recalled details for each trial of the subject of interest as predictor and the vividness values for the corresponding trials of one other subject as dependant variable. B. The resulting beta value of the regression is stored in a matrix and the regressions between the subject and the remaining participants are ran in the same way. C. Beta values from the regressions are averaged (within-age group and between-age group) and the resulting value related to the subject can be used for group-comparisons.

Statistical analyses

Shapiro-Wilk test showed normality for all similarity values in each group. Nevertheless, the homoscedasticity assumption was violated for group comparisons. We therefore conducted robust statistical modelling that allow to deal with violations of General Linear Model's (GLM) assumptions (Field & Wilcox, 2017). Similarity values were compared using 2 Age-group (young vs. older) x 2 Comparisons (within vs. between-group) mixed ANOVAs. These analyses were performed using the functions of Wilcox (2012) implemented in R software (R Core Team, 2013). Descriptive statistics relative to the ANOVAs refer to the 20%

trimmed means and their 95% confidence intervals (Cis) calculated using the percentile bootstrap method with 2000 bootstrap samples (Wilcox, 2012).

2.6.4 Results

We first examined whether pictures that were the most remembered by young adults were also those that were the most remembered by older adults. We conducted Pearson correlations between the mean hit rates for each picture in young and older adults as well as between the mean vividness ratings for each picture in young and older adults. Results revealed a significant correlation between young and older adults' hit rates, $r=0.65$, $p < .001$, suggesting that pictures that were the most remembered by young adults were also those that were remembered by the majority of older adults (Figure 3A). Similar results were put forward by the analysis conducted on vividness rates with a significant correlation between young and older adults' vividness rates for the pictures, $r=0.75$, $p < .001$ (Figure 3B). This analysis suggests that pictures that received high vividness judgements in young adults were also those that received high vividness judgements in older adults.

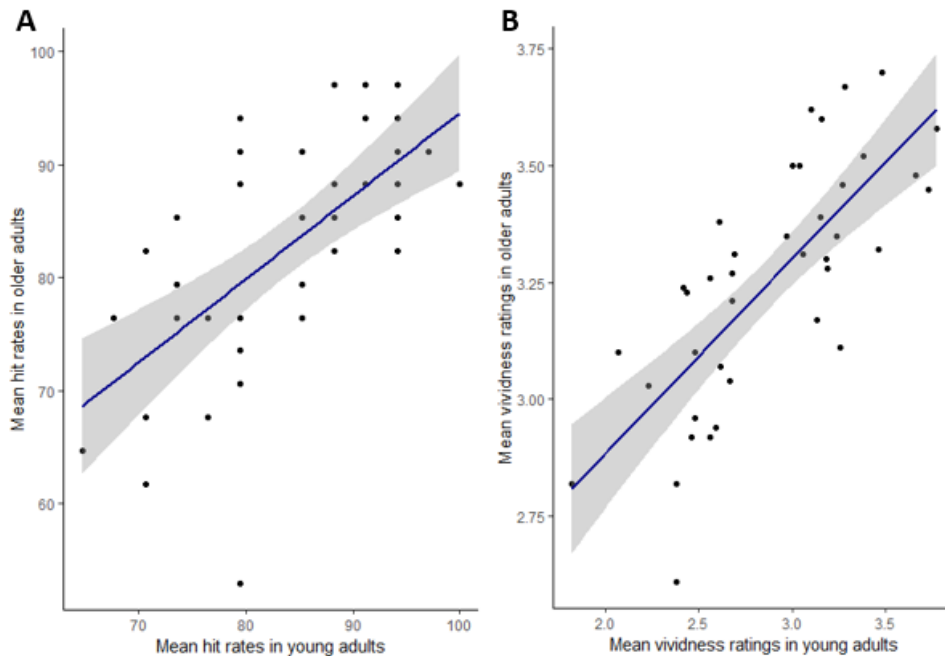


Figure 3. A. Correlation between young and older adults' mean hit rates for each picture. B. Correlation between young and older adults' mean vividness ratings for each picture. Each dot represents one picture. The lines summarize the relationship between young and older adults' mean values and the shaded areas around the lines represent the 95% confidence interval.

In order to analyse whether trial-by-trial vividness judgements would predict the corresponding vividness judgements of other participants within or between-group, we ran a robust 2 Age-group (young vs. older) x 2 Comparison (within vs. between-group) mixed ANOVA on vividness similarity values¹⁴ (see Figure 4A). This analysis yielded a main effect of group, $F_t = 6.73$, $p = .013$, suggesting that vividness similarity was higher in young than in older adults. The main effect of comparison was not significant, $F_t = 0.70$, $p = .40$, while the Age-group x Comparison interaction was, $F_t = 50.34$, $p < .001$. Post-hoc tests revealed that young adults had higher similarity values than older adults for the within-group comparison, $\psi = 7.18$, 95% CI [0.07, 0.18], while there was no age-difference in vividness similarity values for the between-group comparison, $\psi = -1.48$, 95% CI [-0.10, 0.03]. In other words,

¹⁴ Note that all of these variables significantly differed from zero (all $ps < .001$)

each participant's vividness judgements predicted vividness judgments of the corresponding items of other participants from the same group to a greater extent in young than in older adults. In contrast, the magnitude of the between-group similarity of vividness judgements did not differ between age-groups.

Next, we ran a robust 2 Age-group (young vs. older) x 2 Comparison (within vs. between-group) mixed ANOVA to examine whether trial-by-trial amount of recalled details would predict the corresponding across-participants vividness judgements within or between age-group¹⁵ (see Figure 4B). Neither the main effect of Age-group, $F_t = 0.10$, $p = .75$, nor the main effect of Comparison, $F_t = 0.16$, $p = .69$, were significant. However, the analysis yielded a significant Age-group x Comparison interaction, $F_t = 47.24$, $p < .001$. Post-hoc tests revealed that the relationship between the amount of recalled details and vividness was higher in young than in older adults for the within-group comparison, $\psi = 3.50$, 95% CI [0.005, 0.046], while the magnitude of this relationship was higher in older than in young adults for the between-group comparison, $\psi = -4.45$, 95% CI [-0.047, -0.011]. Recalled details predicted vividness judgments of the corresponding items in young participants and, interestingly, the degree of this relationship did not differ from the between-group comparison in which recalled details of older participants predicted vividness judgements of young participants, $\psi = -0.0138$, 95% CI [-0.0194, 0.019]. This latter result suggests that older adults' recalled details could predict across-participants vividness judgements in the young group to a similar degree as the recall of young participants could predict across-participants vividness judgements in their own group. In other words, for older adults, the amount of recalled details predicted across-participants vividness judgements relative to young individuals to a greater extent than relative to their own group.

¹⁵ All of these variables significantly differed from zero (all $ps < .001$)

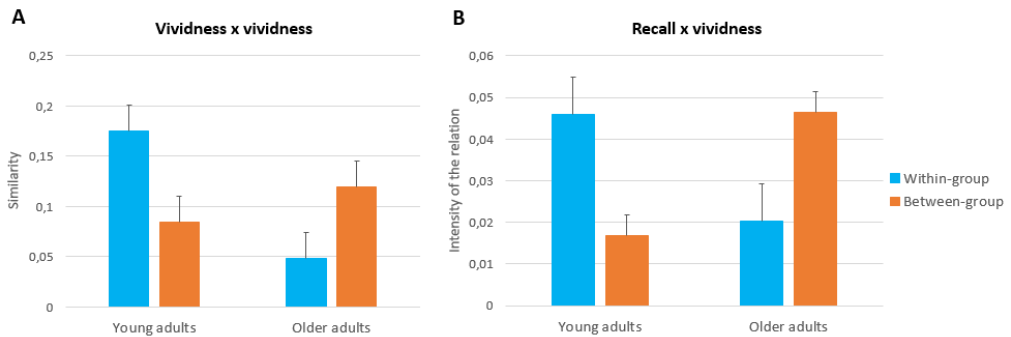


Figure 4. A. Rates of vividness similarity for the within and between-group comparisons in young and older adults. A. Rates of the similarity recall and vividness for the within and between-group comparisons in young and older adults. Bars represent the 20% trimmed means and error-bars represent 95% robust confidence intervals.

2.6.5 Discussion

In the current study, we examined whether the subjective experience of remembering pictures of scenes showed similarity across individuals that share common picture memory representations. To investigate this question, we re-analysed a previously acquired data set and conducted between-participants trial-by-trial analyses. Results revealed that pictures that received higher vividness ratings in young adults were also those that received the highest vividness judgements in older adults. Trial-by-trial vividness judgements predicted the corresponding vividness judgements for the same pictures across participants in both age-groups but the magnitude of this relationship was stronger in young than in older adults. Similarly, the amount of recalled details predicted across-participants vividness ratings and the degree of this relation was higher in young than in older adults. Between-groups analyses revealed that young adults' vividness judgements could predict the vividness judgements of older adults and vice-versa. Strikingly, in older participants, the amount of recalled details predicted

across-participants vividness judgement of young adults to a greater extent than in their own group.

We found that some pictures were remembered by the majority of young and older adults. When encoded in memory and subsequently remembered, some pictures pop-up quickly to mind while other are lost. Even if studies have shown that we have the ability to store highly detailed representations of pictures (Brady, Konkle, Alvarez, & Oliva, 2008; Konkle, Brady, Alvarez, & Oliva, 2010), whether a picture is remembered or forgotten is proper to each individual. Nevertheless, some intrinsic features of the pictures, for instance some objects or scene categories, make some stimuli more memorable than others (Isola et al., 2011). As a consequence, some pictures are found to be correctly remembered by the majority of the participant sample (Isola et al., 2011). In the current study, we showed that picture memorability acted on young and older adults' memoranda in a comparable way with the same stimuli being remembered by the majority of the participants of both groups. Of note, it echoes previous studies showing that items that are freely recalled by young adults are much the same as those recalled by older adults, thus showing great similarity between the two patterns of recall (Stine & Wingfield, 1988; Verhaeghen & Marcoen, 1993b, 1993a). This is interesting considering that older adults usually display lower recall performance. So, these findings highlight that patterns of recall are mainly affected by quantitative rather than qualitative changes in normal aging (Verhaeghen & Marcoen, 1993b). The present research also provided evidence that pictures that were rated highly in subjective vividness by young participants received comparable ratings in older adults. Given that both young and older adults rely, at least to a certain extent, on episodic details to judge their subjective vividness (Folville et al., 2020) and that pictures used in the current study varied in their visual richness, it is not surprising to observe that some pictures were judged as

higher in subjective vividness than others and that these judgements were congruent across groups.

One of the main results reported here is the across-participants similarity in vividness judgements in young adults. The pattern of vividness judgements observed across the trials of one young participant could predict the pattern of vividness judgements for the same pictures of other participants of his/her group. As mentioned earlier, pictures used in the current study varied in their level of richness so that the quantity of details that could be reinstated varied from one picture to another. Individuals that studied the same material can share the same neural representations when remembering it, which suggests that they have a common memory representation stored in their memory system (Chen et al., 2017; Oedekoven et al., 2017). Besides, vividness judgements, that are deemed to represent the subjective memory experience accompanying memory retrieval (Johnson et al., 1993; Mitchell & Johnson, 2009), are based on visual information (Marks, 1973), the quantity of memory details (Folville et al., 2020) and the spatial layout of scenes (Rubin, Deffler, & Umanath, 2019). Our finding showing vividness similarity across participants thus suggests that young participants that shared common memory representations of the pictures mainly used the details they could bring back to mind to judge the subjective quality of their memories, so that a given picture received much the same vividness rating across individuals. More direct support for this assumption comes from our finding that the amount of retrieved details of one young participant could predict the subjective experience of remembering of his/her counterparts. While our previous study showed that trial-by-trial vividness judgements could be predicted by the corresponding remembered details at the within-subject level (Folville et al., 2020), the current study provide evidence that item-by-item amount of remembered details can also predict across-participants' vividness ratings. This strengthens our assumption

that young adults mainly rely on the quantity of retrieved details to judge the subjective quality of their memories (Bastin et al., 2019; Folville et al., 2020).

Regarding age-differences, we found that older adults displayed across-participants similarity in vividness ratings, at least when tested against zero, but that the degree of this relation was lower relative to younger adults. Compared to young adults, older adults would not necessarily share a common subjective experience of remembering for the same event, perhaps because what is used to calibrate the vividness judgement varies from one older participant to another. While young adults presumably use remembered details to judge the subjective vividness of their memories, older may also take semantic components (Johnson et al., 2015), personal thoughts (Mitchell & Johnson, 2009) or gist details (Folville et al., 2019a) into account for judging the subjective quality of their memories. Therefore, the type of information used by two older adults to make their subjective vividness judgements for the same image may differ, which results in a low across-participants similarity. Between-group comparisons revealed that vividness judgements from one group could predict across-participants corresponding vividness judgements of the other group, which highlights that vividness judgements made by young and older adults varied, at least to a few extent, in the same way from one trial to another.

Of note, the amount of retrieved details predicted across-participants' vividness judgements to a lesser extent in older than in young adults which supports our assumption that older adults' vividness judgements were less tied to the quantity of remembered details.

Strikingly, however, between-group comparisons revealed that the amount of retrieved details in older adults could predict across-participants' vividness ratings in young adults. More importantly, the magnitude of this relationship did not differ from the within-group analysis conducted in young adults in which the amount of recalled details of one young participant predicted across-young participants'

vividness judgements. This finding highlights that older adults' recall performance, although quantitatively impoverished (Folville et al., 2020), is still rich enough and continue to vary from one trial to another as a function of picture memorability, so that it can predict subjective memory ratings of young adults. As mentioned by Mitchell & Hill (2019), older adults' poorer subjective vividness calibration does not necessarily results from their lower ability to remember details of past events, but rather from how they use, weight and rely on these details to make their subjective vividness judgements. The current study provide evidence that this differential use of episodic details not only decreases the calibration of their vividness ratings, as we observed in our previous study (Folville et al., 2019), but also decreases the likelihood that their vividness judgements show across-participants similarity.

It is worth noting that in the current study we used discrete laboratory stimuli. It is therefore unclear whether the current results can generalize to real-life events. Indeed, it remains largely unknown whether vividness judgements regarding the subjective richness of real-world life episode and picture stimuli are based on the same details because the latter is devoid of any temporal dynamic. At the same time, one limitation of real-life studies such as autobiographical memory is that, in most of the cases, assessed memory events are not shared by the participants and cannot display any across-participants similarity. Therefore, we believe that future work using controlled real-life encoding sessions such as performed actions (Hashtroudi et al., 1990), museum tours (Diamond, Romero, Jeyakumar, & Levine, 2018; St. Jacques, Montgomery, & Schacter, 2015) or walks on the university campus (Dede, Frascino, Wixted, & Squire, 2016; Jeunehomme et al., 2018) should examine whether across-participants similarity in vividness judgements can be observed when it comes to real-life events.

FMRI could also be used as a way to investigate how across-participants similarity in subjective remembering evolves across the lifespan. To the best of our

knowledge, one study examined this question by looking at MVPA classifiers and by showing that across-participants rates of classifications did not differ between young and older adults (Thakral, Wang, & Rugg, 2019b). One caveat of their results, however, is that they did not measure the similarity between across-participants memory representations per se because they used classifications across classes of items instead of similarity analyses as in (Chen et al., 2017). Future fMRI studies should therefore use such similarity approaches (see also Oedekoven et al., 2017) to shed new lights on the effect of age on across-participants memory similarity.

Conclusion

The current study is the first to examine across-participants similarity of vividness judgements for shared event memory representations and to investigate potential age-effects. Results revealed that scenes that were the most vividly remembered by young adults were also those that received the greatest subjective vividness ratings in older adults. Analyses of across-participants similarity revealed that participants shared common subjective experiences of remembering but that this was the case to a greater extent in young than in older adults. Similarly, the amount of recalled details predicted across-participants vividness judgements but the magnitude of this relationship was stronger in young than in older adults. Together, these findings suggest that older adults used remembered details to a lesser extent than young adults to calibrate their subjective vividness ratings. The result that the amount of recalled details in older adults predicted young adults' across-participants vividness judgements to a great extent further shows that older adults' memory traces, although impoverished, still vary as a function of event memorability and predict across-participants vividness ratings. Thus, older adults' memory representations were detailed enough to allow them to precisely calibrate their vividness ratings on a trial-by-trial basis, but it is likely that they

spontaneously favoured other types of information when they judged the subjective quality of their memories, thus reducing their within-participant recall-vividness calibration, and across-participants vividness similarity.

2.7 Etude 5. A gist orientation before retrieval impacts the objective content but not the subjective experience of recollection.

Article publié dans le journal *Consciousness and Cognition* :

Folville, A., D'Argembeau, A., & Bastin, C. (2020). A gist orientation before retrieval impacts the objective content but not the subjective experience of episodic memory. *Consciousness and Cognition*, 78, 102879.

**A gist orientation before retrieval impacts the objective content but not
the subjective experience of episodic memory**

Adrien Folville, Arnaud D'Argembeau & Christine Bastin

University of Liège

Adrien Folville, GIGA-CRC In-Vivo Imaging, University of Liège, Liège, Belgium;
Department of Psychology, Psychology and Neuroscience of Cognition Research
Unit, University of Liège.

Christine Bastin, GIGA-CRC In-Vivo Imaging, University of Liège, Liège, Belgium;
Department of Psychology, Psychology and Neuroscience of Cognition Research
Unit, University of Liège.

Arnaud D'Argembeau, GIGA-CRC In-Vivo Imaging, University of Liège, Liège,
Belgium;

Department of Psychology, Psychology and Neuroscience of Cognition Research
Unit, University of Liège.

Christine Bastin and Arnaud D'Argembeau are, respectively, Research Associate
and Senior

Research Associate at the F.RS.-FNRS.

The authors wish to thanks Maximilien Yaman and Manon Massart for their help in
data collection.

Corresponding author: Adrien Folville, GIGA-CRC In vivo Imaging, University of
Liège, Allée du 6 Août, 8, B30, 4000 Liège, Belgium

Phone: ++ 32 (0)4 366 23 62, Fax: ++ 32 (0)4 366 29 46, Email:

adrien.folville@uliege.be

This work was supported by the Fund for Research in Human Science and the
National Fund for Scientific Research (FRESH/FRS-FNRS).

2.7.1 Abstract

A gist retrieval-orientation decreases one's ability to remember objective details from past experiences. Here, we examined whether a gist retrieval-orientation manipulation can impact both the objective and subjective aspects of remembering. Young participants took part in two cued-recollection tasks in which they studied pictures associated with labels; at retrieval, from the labels, they evaluated the vividness of their memories of the corresponding pictures, and recalled picture details. Before retrieval, participants were submitted either to a gist or a control retrieval-orientation (one per task). Results revealed that the amount of recalled details was lower following the gist condition while vividness ratings did not differ between the two retrieval orientations. Critically, the amount of recalled details predicted the corresponding vividness ratings to a similar extent in the gist and control conditions, thus suggesting that recollected memory traces in the gist condition were still rich enough to be judged as subjectively vivid.

Keywords: episodic memory; vividness; gist; subjective remembering; recall

Introduction

The ability to bring back to mind detailed representations of past experiences is a key feature of episodic memory (Tulving, 2002). One way to objectively measure the richness of memory representations is to examine the number of episodic details that people verbally report during a free-recall task (Levine et al., 2002). The amount of produced episodic details is diminished in normal aging (Gaesser et al., 2011; Levine et al., 2002; Madore et al., 2014; Robin & Moscovitch, 2017), which may in part be due to older adults' tendency to focus on the event gist—the general meaning of events rather than their surface form (Brainerd & Reyna, 2002)—when remembering (Flores et al., 2017; Holland & Rabbitt, 1990). In the present study, we examined whether the induction of a gist retrieval orientation in young adults mimics these age-related differences in episodic memory.

The capacity to remember past events in detail can be experimentally reduced by the use of retrieval-orientation manipulations before the retrieval phase. In a study conducted by Rudoy, Weintraub and Paller (2009), cognitively normal participants were submitted to retrieval-orientation manipulations using picture material before they recalled autobiographical events. In a *detail* condition, participants were asked to describe two pictures in as much detail as possible, and then they recalled an autobiographical memory. During another session aimed at orientating participants toward a gist-based processing (*gist* condition), participants were sequentially presented with pictures and were asked to give a short title to each picture; then, they again retrieved an autobiographical memory. Results revealed that participants recalled fewer episodic details in the autobiographical memory task when it took place after the *gist* than the *detail* retrieval-orientation manipulation (Rudoy et al., 2009). The authors concluded that a gist retrieval-orientation manipulation decreases the ability to remember specific details from past experiences. Recent evidence further suggests that orientation manipulations not only act on memory retrieval mechanisms but can also

determine how one processes and encodes incoming experience in episodic memory. Indeed, it has been shown that young participants recalled more details from video clips after a specificity (i.e., a retrieval-orientation that enhances the amount of recalled episodic details) than a gist induction before the encoding phase (Grilli et al., 2019).

Subjective remembering, which can be assessed through self-paced vividness judgements, designates the degree of clarity or intensity of the mental representation that is brought to mind when recollecting a past event (Johnson et al., 1993; Mitchell & Johnson, 2009). Reinstating mental representations of past events and judging their subjective quality rely on mental imagery processes (Marks, 1973; Pearson, Naselaris, Holmes, & Kosslyn, 2015). Indeed, mental imagery is necessary to generate and maintain depictive representations in mind while remembering (Kosslyn, 1995). It is therefore unsurprising that visual memory and visual imagery share many common cognitive and neural processes (Slotnick, Thompson, & Kosslyn, 2012).

The intensity of the subjective experience of remembering is thought to be based, at least in part, on the objective richness of the corresponding memory representation (Mitchell & Johnson, 2009). More specifically, vividness judgements are deemed to reflect the amount of sensory information available to mind (D'Angiulli et al., 2013). Recently, Folville, D'Argembeau and Bastin (2020) directly examined the extent to which subjective vividness judgements mapped onto objective recall. They conducted a study in which participants encoded pictures of scenes associated with descriptive labels. At retrieval, participants were cued with the labels and were asked to retrieve the associated picture, to judge the subjective vividness of their memory, and to recall as many details of the picture as possible. Results revealed that subjective vividness ratings were predicted by the corresponding amount of recalled details, which provides direct support to the

idea that subjective memory experience is closely tied to the objective quantity of retrieved details (Folville et al., 2020).

Although older adults usually recall fewer episodic details than young adults, perhaps because of a gist-orientation processing during memory retrieval, their subjective memory ratings are not, on average, lower than those of young adults (Robin & Moscovitch, 2017; St-Laurent et al., 2014). However, the amount of recalled details predicts their vividness ratings to a lesser extent than in young adults, which suggests that they might spontaneously rely on other types of details (perhaps gist information) to calibrate their subjective memory judgments (Folville et al., 2020).

The current study builds on experimental evidence showing that a gist-based retrieval orientation can reduce the number of reinstated episodic details (Rudoy et al., 2009) and that the amount of retrieved details predicts subjective memory judgements (Folville et al., 2020). More specifically, we assessed whether a gist retrieval-orientation manipulation would reduce not only the number of retrieved episodic details but also the associated subjective experience of remembering in young adults. To examine this question, we conducted an experiment in which a retrieval-orientation manipulation (*gist* or *control*) was performed between the encoding and retrieval of pictures. The cued-recollection task was similar as the one used in our previous study: participants encoded pictures associated with labels and, at retrieval, they were presented with labels alone and were asked to judge the subjective vividness of their memory for the associated picture and to recall as many details of the picture as they could. Each participant was tested in two sessions (one week apart) in which either a gist or control retrieval orientation was included before the retrieval of pictures.

Our first aim was to extend the findings of Rudoy and colleagues (2009) and to examine whether the amount of recalled details would be smaller following the gist than the control retrieval-orientation manipulation. Our second aim was to

examine the impact of the gist manipulation on the subjective experience of remembering. Because the amount of recalled episodic details predicts the corresponding vividness ratings, we could hypothesize that vividness ratings would be lower following the gist than the control retrieval orientation. However, a recent experiment suggests that the experimental manipulation of retrieval orientation can have different effects on objective and subjective memory measures. After a control or a specificity induction, young participants mentally created atemporal scenes and then rated the vividness of their mental representations and verbally described the imagined scenarios (Madore, Jing, & Schacter, 2019a). Results revealed that participants produced more detailed mental scenarios after the specificity induction, while their subjective vividness ratings did not differ between the two conditions. Besides, older adults tend to report similar subjective memory ratings as young adults despite impoverished free-recall performance (Robin & Moscovitch, 2017). Thus, it is possible that the subjective vividness of memories would not be impacted by our retrieval-orientation manipulation despite an objective reduction of recalled details. Finally, the last aim of the current study was to investigate whether the amount of retrieved details predicts the corresponding vividness ratings on a trial-by-trial basis, which would replicate the findings of our previous study (Folville et al., 2020), and to examine whether this relationship is similar in the gist and control conditions.

2.7.2 Methods

Participants

Thirty-two young adults (16 men; age range: 18-27, mean=21.03; SD= 2.32) participated in this study. This sample size was determined a priori¹⁶ using G*Power 3 (Faul, Erdfelder, Lang, & Buchner, 2007) to achieve a statistical power of 95% to detect an effect size $d = .60$, with an alpha of .05 (one-tailed)¹⁷. One participant was not available for the second session and was therefore replaced by another participant. All participants were native French speakers and were recruited in the Liège area in Belgium. None reported past or current psychiatric or neurological disorders. All participants gave written informed consent and the study was approved by the Ethics Committee of the Faculty of Psychology of the University of Liège, Belgium.

Materials

The stimuli were 60 colored pictures selected from the Nencki Affective Picture System (NAPS) (Marchewka, Żurawski, Jednoróg, & Grabowska, 2014). Selected pictures were neutral (valence ranged from 4.61 to 6.19; $M = 5.50$; $SD=0.37$ and arousal ranged from 3.91 to 6.53; $M = 4.83$; $SD = 0.53$) and depicted natural environments. For the cued-recollection tasks, a descriptive label was assigned to each picture (one to three words). Forty pictures were used for the two cued-recollection tasks (20 each) and the remaining pictures were used for the two

¹⁶ Twelve adults participated in the study of Rudoy et al. (2009) suggesting that the effect size of the retrieval-orientation manipulation (which was not reported) is strong. However, we decided not to conduct our power analysis on these data because participants of Rudoy et al.'s study were older (67 to 78 years) adults while in the current study young adults were tested. Besides, Rudoy et al. studied autobiographical events while we used laboratory discrete stimuli in the present experiment.

¹⁷ Gist-retrieval orientation was hypothesized a priori to have an effect in an expected direction (i.e., lower recall relative to the control manipulation), thus justifying the use of a one-tailed test.

retrieval-orientation manipulations (10 each). Note that care was taken to ensure that the pictures used for the retrieval orientations were thematically unrelated to the one used in the cued-recollection task so as to avoid interference between the two tasks.

Procedure

Participants were tested individually during two sessions one week apart. During the first session, participants filled-in a demographic questionnaire and took part to the first cued-recollection task. The task was programmed using E-Prime 2.0 software (Psychology Software Tools, Pittsburgh, PA). The task began with an encoding phase in which participants sequentially viewed twenty pictures associated with their descriptive labels presented during 6 seconds each (see Figure 1). Picture presentation was separated by a fixation-cross for one second. Participants knew that their memory would be subsequently tested.

After encoding, participants counted backward during 2 minutes and then were submitted either to the *gist* or the *control* retrieval-orientation manipulation. In the *gist* orientation, participants were sequentially presented with ten pictures and they were asked to give a short title (1 to 3 words) to each picture. In the *control* manipulation, participants were presented simultaneously with ten pictures and they were asked to choose two pictures that they were instructed to describe (see Rudoy et al., 2009 for a similar design). No further probe or instruction was given to the participants regarding the description task. This differs from the study of Rudoy et al. (2009) in which participants were asked to describe two pictures in details and in which the experimenter asked for additional information during the task (this may be why the authors referred to this condition as a *detail* retrieval-orientation manipulation).

Next, participants received the retrieval task. They were presented with the twenty labels previously seen during the encoding phase and were asked 1) to assess the subjective vividness of their memory for the associated picture, using a Likert scale ranging from 0 (no vivid memory) to 5 (very vivid memory); and 2) to recall as many details of the picture as they could. The instruction for the vividness ratings was: “Assess and rate the vividness of your memory of the picture”. The instruction for the free-recall was: “Recall as many details of the picture as you can”. The recall of each participant was audio-recorded. When participants finished their recall, they pressed on the space bar to move on to the next trial. No time limit was imposed to answer. The order of presentation of the pictures was randomized both at encoding and retrieval.

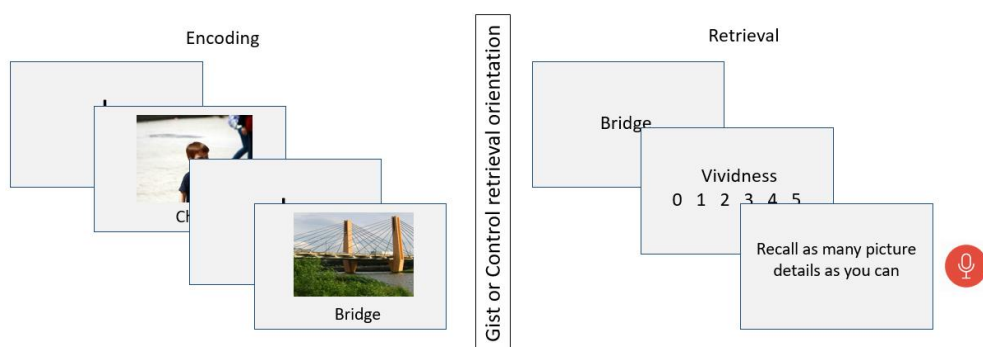


Figure 1. Schematic representation of the cued-recollection task. During encoding, participants viewed pictures associated with descriptive labels for 6 seconds each. After a two-minute delay (backward count), they received the Gist or Control retrieval orientation (order counterbalanced across participants). At retrieval, participants were presented with the labels alone and were asked: 1) to assess the subjective vividness of their memory representation of the picture; 2) to recall as many picture details as possible.

One week after the first session, participants were tested a second time. The cued-recollection task was the same as the first one with the exception that they encoded twenty new pictures with their labels. Between encoding and retrieval, the other retrieval-orientation manipulation (gist or control depending

on which was used in the first session) was induced using ten new pictures. The order of the gist and the control condition across the sessions was counterbalanced across participants.

Narrative scoring

The coding procedure was the same as the one used in our recent study (see Folville et al., 2019, for a detailed description). Briefly, for each participant, the content of the recall protocol for each picture was transcribed. The richness of the recalled content was assessed using a coding procedure that comprised five categories: person (each person or animal mentioned by the participant); object (objects, rooms, natural elements such as trees or hills); perceptual (perceptual information specifying the color, size or texture of a person or an object); spatial (spatial positioning of a person or an object in the picture); and quantity (reporting any amount: 4 chairs, 3 men, and so forth) components. Our five scoring categories were not mutually exclusive: each detail could include components from several categories. For example: the detail “A white car was on the right side” includes an object component (the car), a perceptual component (white color) and a spatial component (right side). Additionally, the coding procedure comprised a semantic detail category that referred to personal or conceptual statements or attribution of what the people depicted on the picture could think, plan to do or have done (e.g., The man was next to the boat propeller, *he probably finished to clean it before the picture was taken*). The scoring was made by a rater blind to retrieval-orientation conditions (gist or control). A second rater, also blind to retrieval-orientation conditions, scored a randomly selected 20 % of the data. Intraclass Correlation Coefficients (ICCs) revealed good agreement between the two raters for all component categories (all ICCs > .71).

Statistical analyses

Because the normality assumption was violated for several component categories, we used robust statistical methods to analyse data (Field & Wilcox, 2017). Robust statistical methods perform well in terms of type I error control and statistical power, even when the normality and homoscedasticity assumptions are violated, and thus they increase the likelihood of discovering genuine differences between groups and associations among variables (Wilcox, 2012). These robust analyses were conducted using the 20% trimmed means (a robust measure of location that ignores the top and bottom 20% of data) and 2000 bootstrap samples (as a way to deal with bias in standard errors by estimating the shape of the sampling distribution by sampling with replacement from the data), as recommended by Field and Wilcox (2017). Effect sizes were estimated using the explanatory measure of effect size ξ ; values of 0.10, 0.30, and 0.50 correspond to small, medium, and large effect sizes (P. Mair & Wilcox, 2019). Reported descriptive statistics refer to the 20% trimmed means and their 95% confidence intervals (CIs) calculated using the percentile bootstrap method with 2000 bootstrap samples (Wilcox, 2012).

2.7.3 Results

Participants were able to recognize previously encoded labels in both conditions, with comparable hit rates (i.e., trials for which the participant remembered at least one detail of the corresponding picture) between the gist (trimmed mean = 91 %, 95% CI (85.50, 94.75)) and control (trimmed mean = 92.25 %, 95% CI (88.25, 95.00)) retrieval orientations, $M_{diff} = 0.41$, 95% CI [-7.56, 5.06], $Y_t(19) = 3.95$, $p = .68$, $\xi = 0.08$.

Effect of retrieval-orientation manipulation on episodic recall

Our first aim was to examine the effect of the retrieval orientations on the amount of recalled components. To examine this question, we computed the average number of components that was recalled for each category and for each participant in both retrieval-orientation conditions. Note that only hit trials were included in this analysis.

We conducted a 2 retrieval-orientation (gist vs. control) x 5 component categories (person vs. object vs. perceptive vs. spatial vs. quantity) robust within-subjects ANOVA. This ANOVA yielded a main effect of retrieval-orientation, $F_t = 18.88$, $p < .001$, suggesting that participants recalled more components after the control than the gist retrieval-orientation manipulations. There was also a main effect of component category, $F_t = 442.60$, $p < .001$, as well as a significant interaction between the retrieval orientation and component category, $F_t = 6.53$, $p < .001$. Follow-up comparisons using robust paired t-tests revealed that participants recalled a smaller number of object, $M_{diff} = 0.337$, 95% CI [0.17, 0.50], $Y_t(19) = 4.33$, $p < .001$, $\xi = 0.51$ and perceptual components, $M_{diff} = 0.237$, 95% CI [0.10, 0.37], $Y_t(19) = 3.69$, $p = .002$, $\xi = 0.39$, after the gist than the control orientation, while there was no difference between the retrieval orientations in the number of recalled components for the person, $M_{diff} = 0.003$, 95% CI [-0.04, 0.05], $Y_t(19) = 0.17$, $p = .86$, $\xi = 0.03$, spatial, $M_{diff} = 0.05$, 95% CI [-0.09, 0.19], $Y_t(19) = 0.77$, $p = .45$, $\xi = 0.10$, and quantity, $M_{diff} = 0.004$, 95% CI [-0.04, 0.05], $Y_t(19) = 0.17$, $p = .86$, $\xi = 0.03$, categories (see Figure 2A).

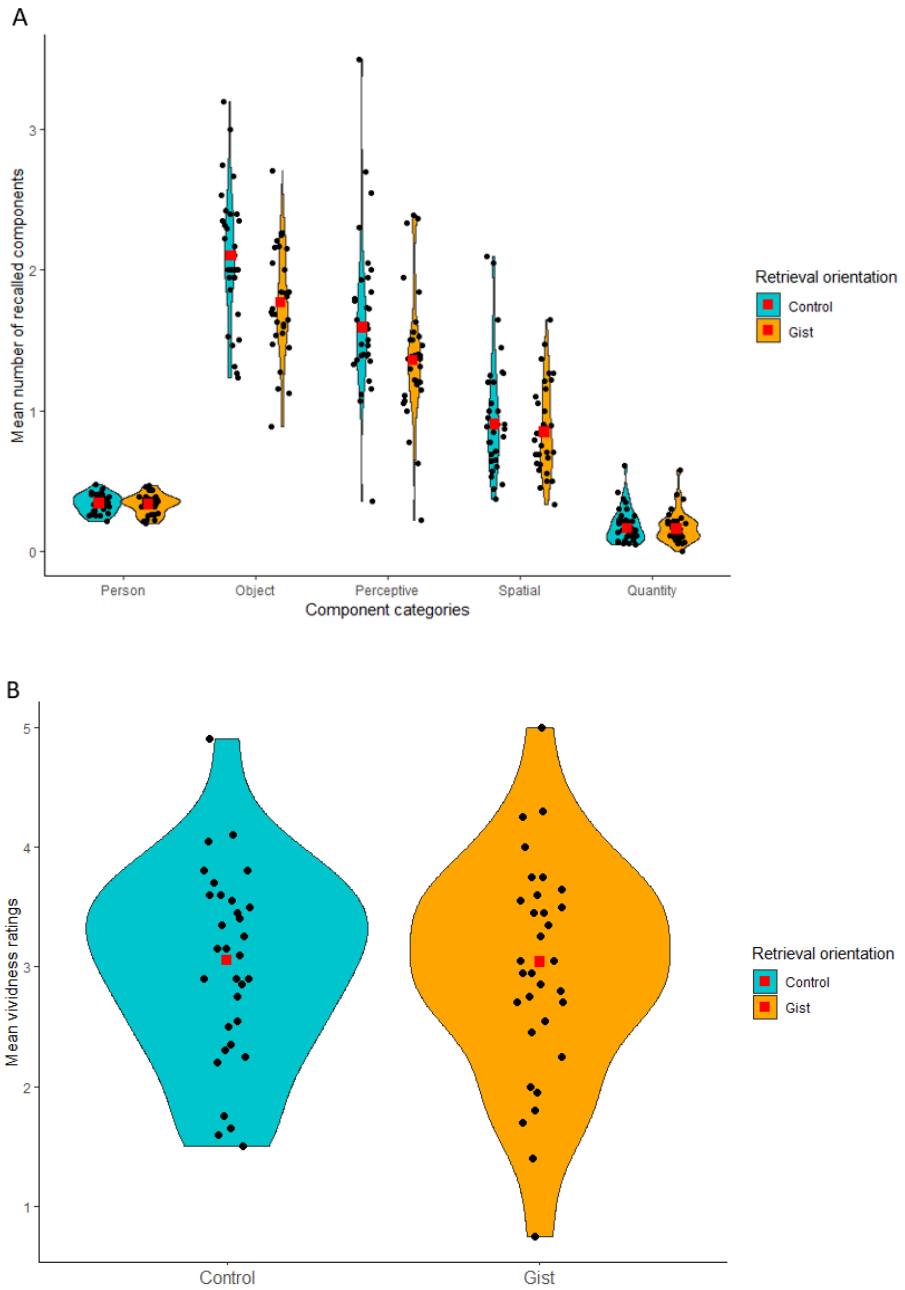


Figure 2. A. Violin plot of the number of recalled components in the different component categories (people vs. object vs. perceptual vs. spatial vs. quantity) in the gist and control retrieval-orientation manipulations. B. Violin plot of the mean vividness ratings in the cued-recollection task after the gist and the control retrieval-orientation manipulations. Red rectangles represent the 20% trimmed means.

To ensure that the lower amount of perceptual components reported by the participants after the gist orientation could not be explained by the lower amount of objects recalled (a perceptual detail always referred to a person or an object), we divided the rate of perceptual components by the number of people and objects recalled. Results revealed that the difference between the gist and the control orientations in the number of recalled perceptual components was no longer significant, $M_{diff} = 0.03$, 95% CI [-0.03, 0.09], $Y_t(19) = 0.97$, $p = .34$, $\xi = 0.11$.

The analysis comparing the rates of semantic details in the gist (trimmed mean = 0.096, 95% CI (0.056, 0.147)) and in the control (trimmed mean = 0.098, 95% CI (0.065, 0.137)) retrieval orientations revealed no significant difference between the two manipulations, $M_{diff} = 0.003$, 95% CI [-0.05, 0.05], $Y_t(19) = 0.13$, $p = .89$, $\xi = 0.02$, suggesting that the number of non-episodic details reported by the participants was not impacted by the retrieval-orientation induced before retrieval.

Effect of retrieval-orientation manipulation on subjective vividness

We examined whether vividness ratings varied within subjects to a similar extent in the gist and control retrieval-orientation manipulations. We computed the standard deviation of the vividness judgements within each subject and submitted these values to a robust t test. Results revealed that vividness ratings varied within subject to a similar extent in the gist and control retrieval-orientation manipulations, $M_{diff} = 0.08$, 95% CI [-0.26, 0.11], $Y_t(19) = 0.88$, $p = .39$, $\xi = 0.13$.

Next, we examined the impact of the retrieval-orientation manipulation on the subjective experience of remembering and investigated whether subjective memory experience is predicted by the amount of recall components on a trial-by-trial basis. We also investigated whether the relationship between the amount of recalled components and subjective vividness was similar after the gist and control orientations.

We conducted a robust mixed-effects analysis using the `robustlmm` package (Koller, 2016b) implemented in the R software (R Core Team, 2017). Trials of the cued recollection task were modelled as level 1 units and participants as level 2 units. The dependent variable was vividness ratings. The total number of components recalled (i.e., the sum of persons, objects, spatial, perceptual and quantity) was added as first-level predictor, retrieval orientation as second-level predictor, and the Number of components x retrieval orientation cross-level interaction was also added to investigate potential differences between the gist and control orientations in the relationship between vividness and the number of components produced in free recall. Subjects and items were modelled as crossed random effects. More specifically, the model included random intercepts for both subject and item, and by-subject random slopes (Baayen, Davidson, Bates, 2008).

This mixed-effects analysis revealed that the number of recalled components was a significant predictor of vividness, $\beta = 0.309$, $SE = 0.032$, $t = 9.71$, $p < .001$, showing that trials that received higher vividness ratings were characterized by more recalled components. Neither retrieval orientation, $\beta = 0.093$, $SE = 0.114$, $t = 0.78$ (see Figure 2B for the trimmed-means of vividness rates), nor the Number of components x retrieval orientation cross-level interaction, $\beta = 0.007$, $SE = 0.023$, $t = 0.32$, were significant predictor of vividness ratings (see Figure S1 in the Supplementary Material for a representation of the relationship between the amount of retrieved components and vividness ratings in the gist and control retrieval-orientation manipulations for each of the 32 participants). These results suggest that rates of vividness did not differ significantly between the gist and control orientations and that the amount of recall components predicted the corresponding subjective vividness judgements to a similar extent in the gist and in the control retrieval-orientation conditions.

2.7.4 Discussion

The current study aimed to examine the effect of a gist-based retrieval orientation on the amount of retrieved episodic details and the subjective experience of remembering. In two separate sessions, young participants studied pictures associated with verbal labels. During each session, a retrieval orientation manipulation (gist or control) was induced between encoding and retrieval. At retrieval, participants rated the vividness of their memories for the pictures and recalled as many pictures' details as they could. Results revealed that the gist orientation decreased the objective number of details reported by the participants while it did not impact their subjective experience of remembering. Besides, the amount of recollected details predicted the corresponding subjective vividness judgements to a similar extent in the gist and control conditions.

The reduced recall of episodic details after the gist relative to the control retrieval orientation replicates previous findings (Rudoy et al., 2009) and suggests that gist retrieval-orientation manipulations decrease the objective amount of episodic details that is retrieved during a free-recall task. Our findings also echoes the recent study of Sheldon and Ruel (2018) in which participants were asked to mentally navigate routes and to verbalize the content of their mental navigation after receiving either a gist or a detail retrieval orientation, which revealed that participants produced fewer details after the gist than the detail condition.

Besides affecting memory for detail, the gist-retrieval manipulation may also impact memory for the gist of the stimuli (Brainerd & Reyna, 2002). In other words, it could be that participants remembered more of the general form and meaning of the scenes following the gist-retrieval orientation. The current study does not allow us to evaluate this possibility because memory for the gist of stimuli was not assessed. This possibility could also apply to previous studies on the topic, which only assessed the effect of the retrieval-orientation manipulations on the

amount of retrieved episodic details (Grilli et al., 2019; Rudoy et al., 2009). In a recent study, Flores and colleagues asked young and older participants to memorize pairs of daily life objects (Flores et al., 2017). At test, participants were asked to determine which of the two items was the cheapest (i.e., gist information) or to recall the exact price (i.e., verbatim/detailed information). It was found that older adults, who presumably relied more on the gist of the stimuli, had comparable performance as young adults when choosing the cheapest item while their memory performance for the exact price was lower (Flores et al., 2017; see also Gallo, Hargis, & Castel, 2019 for comparable results). Future studies could combine a gist-retrieval orientation manipulation with such measure of memory for gist information, so that it could be examined whether a gist orientation induced before retrieval not only reduces memory for specific episodic details but also favours the recall of gist information.

Another challenge is to provide evidence that a gist memory-retrieval orientation reduces the amount of retrieved details by specifically impacting episodic memory mechanisms rather than just diminishing the talkativeness of the participants (which would also result in a reduced free-recall rate) (Madore et al., 2014). A first way to show that the effect of the retrieval-orientation manipulation is episodic-specific is to include a task that does not rely on episodic memory mechanisms. For instance, some studies using specificity inductions also included a description task in their design (Madore et al., 2014; Madore, Jing, & Schacter, 2019b; Madore & Schacter, 2016). They found an increase in the number of reported episodic details when remembering the past or imagining the future after the specificity induction while the induction did not impact the number of reported details in the description task. Such pattern of result supports the assumption that the retrieval-orientation manipulation specifically targeted episodic memory mechanisms (Madore et al., 2014). In the current study, we did not include any non-episodic memory task (e.g., a description task) that would

allow us to ensure that the observed effects rely on episodic memory mechanisms. However, the finding that our manipulation impacted the recall of episodic details while not influencing the report of semantic or conceptual details (i.e., there was no difference in the number of reported semantic details between the gist and the control retrieval orientations) provides an alternative way to confirm that our manipulation specifically affected episodic memory mechanisms (Grilli et al., 2019; Madore & Schacter, 2016; Rudoy et al., 2009). . Therefore, our data suggests that the gist manipulation specifically influenced episodic memory mechanisms and did not decrease the amount of reported episodic details just by reducing general narrative processes.

The second important finding of our study is the lack of significant effect of retrieval orientation on vividness ratings. This suggests that retrieval-orientation manipulations can impact the objective amount of retrieved episodic details without affecting the associated subjective experience of remembering. These results corroborate the recent study of Sheldon and Ruel (2018) mentioned above, in which the subjective vividness of mental navigation did not vary according to the memory orientation (gist or detail). Similar results were also observed in an experiment in which young participants produced more detailed mental scenarios after a specificity than a control induction, while the subjective vividness of their mental representations did not differ between the two conditions (Madore et al., 2019a).

These findings can be interpreted in relation to the criteria that people set to provide vividness ratings. When introspectively judging the subjective quality of a memory, one may rely on one's metacognitive knowledge and use a self-defined threshold or criterion to determine the extent to which the memory is vivid (St-laurent et al., 2011a). For instance, one may decide that remembering from 2 to 4 details or from 6 to 8 episodic details about a picture corresponds to "slightly vivid" or "very vivid" memory representations, respectively (note that such

judgments are probably not conscious and systematic, but may instead result from heuristics). In the current study and in the experiment of Madore et al., (2019a), the difference in the amount of reported components between the gist (or specificity) and control conditions, although statistically significant, was not large¹⁸. It is therefore possible that the richness of retrieved memory representations was not sufficiently lowered by the gist manipulation for the memory trace to be judged as less vivid based on the criterion underlying the subjective memory scale (e.g., trials in which 8 or 7 details are reinstated may be both judged as “very vivid”). It should also be noted that in the current study and in the experiments of Sheldon and Ruel (2018) and Madore and colleagues (2019a), vividness judgements were made on a Likert scale ranging from 0/1 to 5, so it could be that the scale is not sensitive enough to detect subtle differences in subjective memory intensity between the two retrieval-orientation manipulations. For example, remembering 8 or 7 details could receive the same rating of 5 on a 5-point Likert scale, but could be associated with slightly different vividness values if they were judged using a Visual Analog Scale ranging from 0 to 100 (Bartoshuk et al., 2002). Besides, although it is accepted that individuals rely on their metacognitive knowledge to anchor a judgement on a Likert scale, how they determine that a given rating (e.g., 5) represents what they have in mind remains largely unknown (Hofer & Sinatra, 2010). Thus, future studies should examine whether the use of other subjective memory scales (e.g., VAS) results in more subtle differences in the rates of vividness between retrieval-orientation manipulations.

Interestingly, when examining the trial-by-trial relationship between vividness and the amount of retrieved details in the gist and control conditions, we found that the number of recalled components predicted the corresponding

¹⁸ In the current study we observed a difference of 12% in the recall of components between the gist and the control orientations, a proportion that is very similar to the one observed in the study of Madore et al. (2019a): 14% of change in the number of summed details between the specificity and the control conditions.

vividness ratings and that the magnitude of this relationship was similar between the two conditions. In other words, subjective vividness judgements varied from one trial to another according to the quantity of retrieved details to a similar extent in both conditions. It is likely that the number of recalled details varied from one trial to another as a function of pictures' level of visual richness in the two retrieval-orientation manipulation conditions, even if the average number of remembered details was lower in the gist condition. In other words, when they were in a gist mode that oriented them toward the processing of the global frame of their memories, participants probably still used retrieved memory details to judge the subjective quality of their memories from one trial to another. Retrieval-orientation manipulations thus seem to influence objective memory retrieval while not impacting vividness ratings, nor affecting how retrieved details are used or weighted to calibrate such subjective judgements.

From a broader perspective, there is a long-standing debate as to whether phenomenal consciousness (subjective experience) and access consciousness (what is reportable and usable for decision making) arise from the same trace or stem from distinct traces that can be dissociated (Overgaard, 2018). One view is that phenomenal consciousness overflows (i.e., has a greater capacity than) the content that can be accessed (Block, 2007). For instance, when participants are briefly presented with arrows of letters, they think that they can still see all the letters of the lines after they disappeared (phenomenal consciousness), while they can only verbally report (access consciousness) 3 or 4 letters (Sperling, 1960; see Block, 2011 for a review). This suggests that one can have a conscious phenomenology of a trace without being able to consciously access all the content of it (Block, 2011). One way to interpret our finding would be that the retrieval-orientation manipulation impacted the amount of details that could be accessed without affecting phenomenal consciousness (i.e., the subjective experience of vividness). In other words, participants may have the same phenomenological

experience of the remembered pictures in the gist and control conditions while having access to different amount of content details (i.e., subjective vividness may overflow the picture content that can be accessed and verbally reported).

Concerning the cognitive aging literature, it has been suggested that even when older individuals retrieve less detailed memory representations, their subjective memory judgements are still high so that subjective memory judgements do not mirror the actual level of richness of the corresponding memory representations (McDonough, Cervantes, Gray, & Gallo, 2014; Robin & Moscovitch, 2017; St-Laurent et al., 2014). Therefore, one may argue that our results (i.e., lower episodic recall but similar vividness ratings after the gist retrieval-orientation manipulation) mimic the pattern of results often described in the aging literature. However, in the current study, we found that the number of recalled components predicted the corresponding vividness ratings and that the magnitude of this relationship did not differ between the two conditions, whereas in our previous study (Folville, D'Argembeau, et al., 2020) we found that older adults' vividness judgements were predicted by the amount of retrieved details to a lesser extent than in young adults. This suggests that the retrieval-orientation manipulation used in the current study did not exactly reproduce the pattern of performance often observed in the elderly, with older adults using retrieved details differently relative to their younger counterparts to judge the subjective quality of their memories (Folville, D'Argembeau, et al., 2020). Older adults' tendency to rely less on specific visual details than young adults to judge the subjective vividness of their memories may result from a change in a cognitive process that the current gist orientation did not target and that future studies should try to identify and examine.

As already noted, one limitation of the current study is the absence of non-episodic memory task that would take place after the orientation manipulation and that would allow us to examine whether the effect of the gist manipulation

was specific to episodic memory tasks. Another limitation is that we did not include a baseline measure (i.e., a measure of participants' recall ability without any retrieval-orientation manipulation occurring before), so we cannot ensure that our gist manipulation indeed decreased the amount of retrieved details; another possibility would be that the difference observed between the two conditions was actually driven by an increase in the number of recalled details in the control condition.

Conclusions

The current study shows that retrieval-orientation manipulations can significantly impact the amount of episodic details that are retrieved without influencing the associated subjective memory experience. Our gist-retrieval orientation decreased the amount of retrieved episodic details but participants probably recollected memory traces that were still sufficiently rich to be judged as subjectively vivid, which may explain why rates of vividness did not differ between the two conditions. Besides, the amount of retrieved details predicted the corresponding vividness judgements to a similar extent in the gist and control conditions, thus suggesting that the retrieval-orientation manipulation lowered the amount of retrieved episodic details but did not impact the use of these details to judge the subjective vividness of memories. More investigation is needed to understand under which conditions and the reasons why retrieval-orientation manipulations differentially impact the objective content and the subjective experience of episodic memory. Interpreting the results of such investigation in light of the cognitive aging literature may be of particular interest, since the subjective experience of remembering of older individuals seems to become somewhat disconnected from the objective content of their memories.

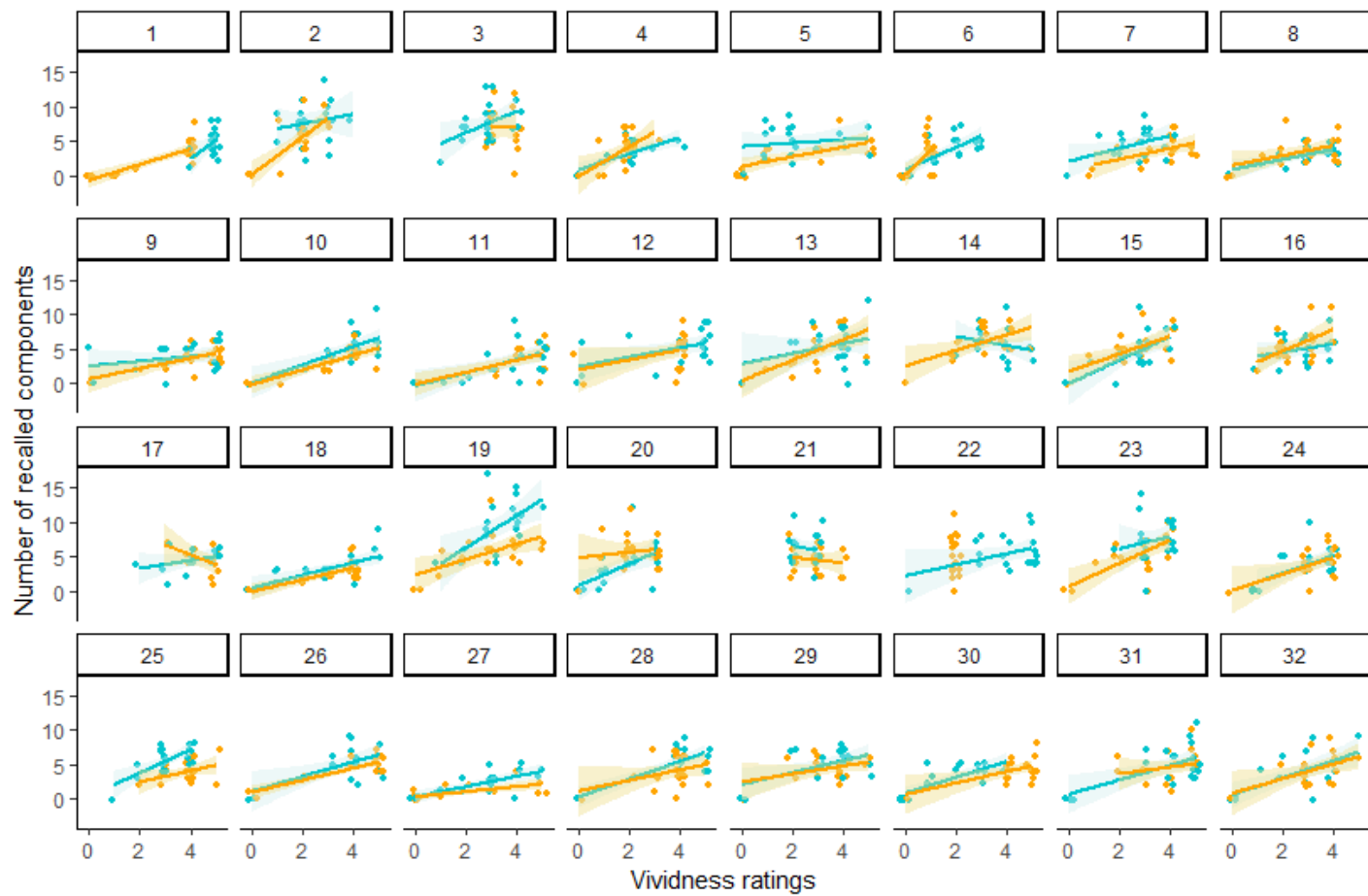
**A gist orientation before retrieval impacts the objective content but not
the subjective experience of episodic memory**

Adrien Folville, Arnaud D'Argembeau & Christine Bastin

University of Liège

2.7.5 Supplementary material

Figure S1. Relationship between the amount of retrieved components (Y axis) and vividness ratings (X axis) in the gist and control retrieval-orientation manipulations for each participant. Turquoise blue and orange refer to the control and the gist conditions, respectively. The number in the box at the top of each graph corresponds to participant's number.



2.8 Etude 6. Young but not older adults adjust their criterion for the subjective vividness of memories according to task context

Article en preparation.

**Young but not older adults adjust their criterion for the subjective
vividness of memories according to task context**

Adrien Folville, Nawel Cheriet, Marie Geurten, Sylvie Willems, Arnaud

D'Argembeau & Christine Bastin

University of Liège

2.8.1 Abstract

Rates of subjective recollection can change with participants' expectations when they perform a memory task. In the current study, we examined whether young and older adults adjust their subjective vividness criterion according to their expectations in different memorability contexts. Young and older adults performed a memory task in which they memorized pictures varying in their level of memorability (low, medium or high), and each picture was associated with a descriptive label. At retrieval, from the labels, participants were asked to judge the vividness of their memories for the associated pictures. Retrieval blocks always started with labels of pictures of either low or high memorability, followed by labels of pictures of medium memorability. Thus, pictures of medium memorability were remembered in two memorability contexts, presumably associated with different levels of expectations. Results revealed that pictures of medium memorability were judged as more vivid by young adults when they were remembered after pictures of low than high memorability. However, this effect was not observed in older adults. These findings suggest that in young adults, the use of remembered picture details to frame a subjective sense of vividness is regulated by cognitive mechanisms that take participants' expectations into account. The finding that older participants' vividness criterion was not sensitive to the memorability contexts suggests that the cognitive determinants of their subjective experience of remembering set the subjective vividness threshold in a different way relative to those of young individuals.

2.8.2 Introduction

The subjective sense of remembering refers to the phenomenological experience accompanying the retrieval of a past event (Tulving, 2002). According to a dual-process account of memory experiences occurring in recognition paradigms (Yonelinas, 2002), the subjective experience of remembering can be measured with Remember judgements that reflect the retrieval of contextual and qualitative details from the encoding of the episode (Gardiner, Ramponi, & Richardson-Klavehn, 1998). The subjective sense of remembering can also be operationalized in terms of trial-by-trial vividness judgements (D'Angiulli & Reeves, 2007; Johnson et al., 1993), which are deemed to reflect the amount of episodic information that is brought back to mind during memory retrieval (D'Angiulli et al., 2013). For instance, trial-by-trial vividness ratings can be predicted by one's memory of the visual salience and the episodic details of pictures (Cooper et al., 2019; Folville, D'Argembeau, & Bastin, 2020a, 2020c).

Although correlated to the intensity of the subjective experience of remembering, reactivated episodic details are not literally transposed into a vividness judgement (Folville et al., 2020a). Rather, how retrieved details are used and weighted to give rise to the subjective sense of remembering is determined by memory attribution processes (Bastin et al., 2019). These processes rely on metacognitive knowledge and monitoring mechanisms that assess the relevance of the retrieved episodic details that form the subjective sense of recollection and that guide explicit memory judgements. This includes notably the adjustment of the criterion that participants use to attribute a memory experience to recollection while taking into account the memory task context (Bastin et al., 2019).

Previous studies have shown that rates of subjective recollection, indexed with Remember judgements, were influenced by the context in which they were made (Bodner & Lindsay, 2003; Gruppuso et al., 1997). For instance, in a memory task,

young participants studied a list of words with a medium level of processing (they judged whether the word was commonly used) and another list of words with either a deep (whether participants would want to have the item with them if they were on a desert island) or shallow (whether the words contained the letter A) level of processing (Bodner & Lindsay, 2003). Then, participants received a yes/no recognition task in which they discriminated old from new words and assigned Remember and Know responses reflecting Recollection and Familiarity, respectively (Gardiner et al., 1998). Results revealed that higher proportions of Remember responses were assigned to words processed with a medium level of processing when they were presented among words processed with a shallow than a deep level of processing (Bodner & Lindsay, 2003). These results suggest that words encoded with a medium level of processing can receive more or less Remember responses depending on the context in which they are encountered (Bodner & Lindsay, 2003). The authors interpreted these results as evidence that participants changed their functional definition of subjective recollection according to the utility of the retrieved information to perform the task at hand (Bodner & Lindsay, 2003; Gruppuso et al., 1997).

Using the same kind of study design, it was shown that young adults assigned more Remember responses to medium frequency words when they were studied – or recognized – among high relative to low frequency words (McCabe & Balota, 2007). To interpret these findings, the authors proposed a metacognitive *expectancy heuristic*. According to this account, one item will receive a Remember response if it exceeds an expected level of memorability, this level of memorability varying with the context in which items are encountered during encoding or retrieval (McCabe & Balota, 2007). Findings showing that rates of subjective Remember responses to questions of medium difficulty in an eyewitness testimony memory task were higher when they were presented after hard than easy questions are particularly valuable to illustrate this assumption (Bodner &

Richardson-Champion, 2007). Indeed, one way to interpret these results is that questions of medium difficulty exceeded participants' expectations when they were presented after hard but not easy questions (Bodner & Richardson-Champion, 2007; McCabe & Balota, 2007).

While these studies used a binary mode of response (Remember or Know judgement), the same pattern of findings was found when Recollection was measured using a Likert scale ranging from 1 (definitely no) to 4 (definitely yes) (Willems, Schroyen, Dehon, & Bodner, 2019; see also Tousignant & Bodner, 2012) or a continuous confidence scale ranging from 0% to 100% (Portnoy & Pansky, 2016). Together, these studies suggest that task contexts can also influence how participants set their continuous subjective recollection criterion. When making subjective vividness judgements on a Likert scale, participants also use an internal threshold/criterion to determine the extent to which a memory representation is vivid or not (St-laurent et al., 2011), but whether this criterion is sensitive to task context remains unknown. The first objective of the current study was to examine whether the vividness criterion set by young participants to judge the subjective quality of their memories for pictures could change when the remembering experience takes place in contexts associated with different levels of expectations.

With increasing age, the ability to retrieve detailed memory representations decreases (see Brickman & Stern, 2010; Koen & Yonelinas, 2014 for reviews), and older adults are found to report lower amount of episodic details than young adults when they recall the content of past events (Gaesser et al., 2011; Levine et al., 2002). Surprisingly, this is not accompanied by similar changes in the intensity of the associated subjective experience of remembering. Indeed, many, if not all, the studies that examined age-related changes in the subjective experience of remembering revealed that older adults report similar or higher memory vividness levels than young adults (Comblain et al., 2005; De Brigard et al., 2016; Mitchell & Hill, 2019), thus suggesting that older adults overestimate the strength of their

subjective memory experience (McDonough et al., 2014). This assumption is supported by studies measuring the subjective experience of vividness and the objective accuracy of memory within the same task and showing that older adults assign as high vividness ratings as young adults despite lower performance in objective memory measures (Folville et al., 2019; Folville et al., 2020c; Hashtroudi et al., 1990). Critically, it was showed that trial-by-trial vividness judgements were predicted by the corresponding amount of episodic details to a lesser extent in older than in young adults, thus suggesting that older individuals calibrated (i.e., adjusted) less precisely the intensity of their subjective vividness judgements on the richness of the content of their memories (Folville et al., 2020c).

Several hypotheses have been suggested to account for this pattern of findings (Folville et al., 2019; Folville et al., 2020c). Among them, it was proposed that older adults overestimated the actual richness of their memory representations because of age-related changes in metamemory mechanisms (McDonough et al., 2014). According to this account, older participants may have difficulties in determining the vividness criterion used to anchor their subjective judgements on the memory scale (Folville et al., 2020c; Gallo et al., 2011). Considering that retrieved episodic details are transposed into a subjective experience of remembering through memory attribution processes (Bastin et al., 2019), it could be that these processes function in a different way as age increases, which might explain why older adults' subjective judgements are less tied to retrieved details than those of young adults (Folville et al., 2020c). More critically, if memory attribution processes also regulate the use of episodic details by taking task demand and context into account, it could be that older adults' subjective memory judgements would not be as sensitive to their expectations as it is the case in young adults. To date, however, this possibility has not been examined. Therefore, the second aim of the current study was to investigate whether young and older adults adjust their subjective vividness criterion similarly according to task context.

To examine these questions, we conducted a study in which young and older participants memorized pictures associated with descriptive labels (see Folville et al., 2020b for a similar procedure). The level of memorability of the pictures was manipulated (low, medium and high). At retrieval, participants were cued with the labels and were asked to judge the subjective vividness of their memory for the associated pictures. Test blocks were always composed of either low or high memorability pictures followed by medium memorability pictures. The retrieval phase was thus designed in a way to create different memorability contexts, presumably associated with different levels of expectations (participants' expectations may not be the same after having remembered highly or poorly memorable pictures). We hypothesized that pictures of low and high memorability should receive low (e.g., 30) and high (e.g., 70) vividness judgements on a continuous scale ranging from 0 to 100, respectively (see Figure 1), which should create memory expectations. When judging the vividness of pictures of medium memorability (which would usually receive moderate vividness judgements: 50) subsequently, we hypothesize that young participants should assign higher vividness judgements when they are presented after pictures of low (e.g., 60) than high (e.g., 40) memorability because items of medium memorability would exceed participants' expectations in the former but not in the latter case (Figure 1).

Regarding the memory performance of older participants, we hypothesized that they should assign higher vividness judgements than young adults, regardless of pictures' memorability. We also hypothesized that older participants should assign ratings of comparable intensity to pictures of medium memorability regardless of their context (i.e., remembered after pictures of high or low memorability). This would suggest that older individuals have difficulties in adjusting their vividness criterion in contexts associated with different levels of expectations.

2.8.3 Method

Participants

Thirty-four young (8 men; 19 – 29 years; $M = 23.61$; $SD = 2.64$) and 34 older adults (11 men; 61 – 79 years; $M = 70.50$; $SD = 5.07$) were recruited. This sample size was determined a priori (G*Power 3: Faul, Erdfelder, Lang, & Buchner, 2007) in order to have a statistical power of 80% (alpha value of .05) to detect an estimated (given the lack of previous studies using such design) effect size of .50 (Cohen's d : medium effect size) when comparing the vividness ratings for pictures of medium memorability in high and low memorability contexts using a t test. Participants were French speakers recruited in the Liège area. None reported any past/current psychiatric or neurological disorder. On average, young participants ($M = 14.59$; $SD = 1.89$) completed more years of education than older participants ($M = 11.35$; $SD = 3.91$), $t(65) = 4.32$, $p < .001$. Young ($M = 4.79$; $SD = 4.76$) and older ($M = 4.55$; $SD = 4.05$) participants had comparable scores on the Beck Depression Inventory (BDI: Beck, Ward, Mendelson, Mock, & Erbaugh, 1961). Older adults were screened with the Dementia Rating Scale (DRS: Mattis, 1976) and all performed within norms ($M=137.82$; $SD= 3.35$) (Pedraza et al., 2010). The experimental procedures were approved by the Ethics committee of the Psychology Faculty of the University of Liege. Participants provided written informed consent.

Materials

96 neutral pictures from a validated database (Marchewka et al., 2014) and used in our previous studies (Folville, Bahri, et al., 2019b; Folville et al., 2020a) were pretested so as to obtain a measure of their memorability. Concretely, for this pretest, 10 young and 10 older participants memorized the 96 pictures in association with a descriptive label (from 1 to 3 words). Each picture and its associated label were presented for 6 seconds each and trials were separated by a 1 second blank screen as an interstimulus interval. During the retrieval phase,

participants were presented with the labels and they were asked to judge the extent to which they remembered the pictures, using a continuous scale ranging from 0 (not at all) to 100 (very well). Additionally, participants were asked to judge the likelihood that they would be able to remember the picture one week later, using a continuous scale ranging from 0 (not at all) to 100 (very well). Participants made their ratings using the computer mouse (left response button) and no time limit was imposed. Ratings from the first scale only were used to split images in different memorability categories because the ratings for the second scale differed too much between the two age-groups. Ratings on the first scale were averaged across participants for each picture and for each age-group separately to ensure that each selected picture received, on average, a comparable rating in young and older adults (i.e., selected pictures had to be of similar memorability for both young and older participants). Pictures of high ($n = 6$), low ($n=6$) and medium ($n = 20$) memorability were selected from this pretest. In young adults averaged ratings ranged from 49 to 65, 67 to 84, and 86 to 94 for pictures of low, medium and high memorability, respectively. In older adults averaged ratings ranged from 40 to 60, 62 to 89, and 91 to 96 for pictures of low, medium and high memorability, respectively.

Procedure

In the main memory task, participants had to memorize the selected pictures ($n = 32$) and their associated verbal labels for 6 seconds each (with a blank screen of 1 second as interstimulus interval). At retrieval, blocks of pictures were composed of labels of pictures of high ($n=3$) or low ($n=3$) memorability followed by labels of medium memorability pictures ($n=3$) (see Figure 1). Each participant received 4 blocks (2 x high + medium and 2 x low + medium; see Figure 1) in alternating order. Note that 6 pictures of medium memorability seen during the encoding were not used for the retrieval phase. Blocks were separated by a blank screen of 1 second

just as the interstimulus interval separating each picture. Note that participants were not informed that pictures were presented in blocks that differed in their levels of memorability. Each label was accompanied by a continuous scale ranging from 0 (not vivid) to 100 (very vivid) on which participants made their vividness judgement using the computer mouse. No time limit was imposed to answer.

Half of the participants received a high memorability block first while the remaining half received a low memorability block first. The position of the pictures of medium memorability within the task was counterbalanced across participants. For instance, if three pictures of medium memorability were presented after pictures of high memorability for one participant, they were presented after pictures of low memorability for the next participant. The order of presentation of the pictures within blocks was random for each participant. Before retrieval, participants received 2 practice trials (i.e., 2 pictures of medium memorability).

It should be noted that the ability to implement a heuristic in a memory task is related to executive functioning (Dobbins & Kroll, 2005; Geurten et al., 2015). Therefore, after the memory task, participants' executive functioning capacities (inhibition, shifting and updating) were respectively assessed with the Stroop, plus-minus and n-back tasks (Angel et al., 2016; Folville et al., 2020c). A z-score was computed for each test and the obtained values were averaged to obtain an executive index (Folville et al., 2020c).

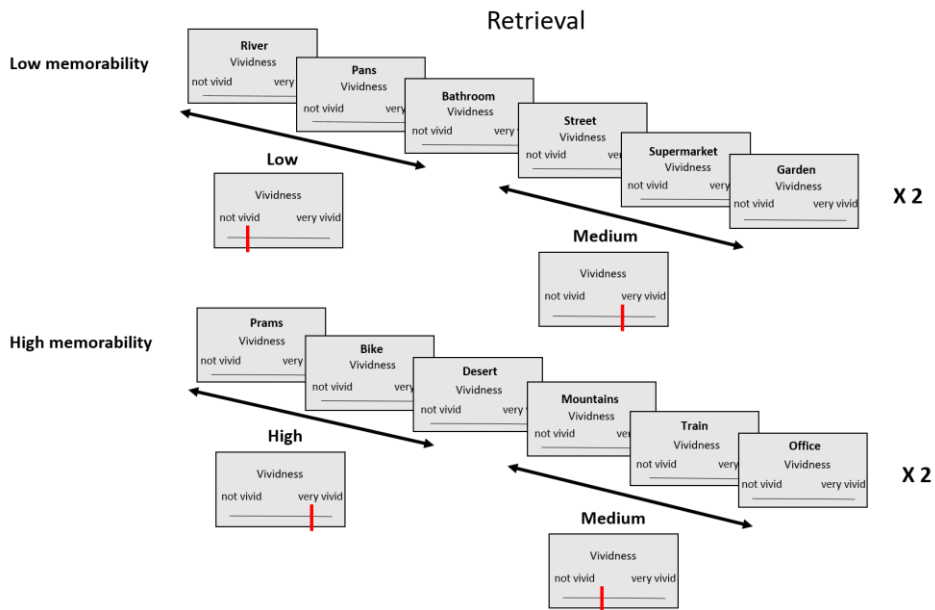


Figure 1. Schematic representation of the retrieval phase. In low vs. high memorability blocks, labels corresponding to 3 low vs. high memorable pictures are presented before the labels of medium pictures. The expected pattern of observed vividness ratings in young adults is illustrated below the two blocks.

2.8.4 Results

Vividness ratings for pictures of high and low memorability

We first conducted a 2 Age-group (young vs. older adults) x 2 Memorability (high vs. low) repeated-measures ANCOVA on averaged vividness ratings regarding pictures of low and high memorability (see Figure 2). The number of years of education was entered as a covariate as it statistically differed between age-groups but note that including it in the analyses did not impact the observed pattern of findings. There was a main effect of Age-group, $F(1, 65) = 17.81, p < .001, \eta_p^2 = .21$, showing that vividness ratings were higher in older than in young adults, and a main effect of context, $F(1, 65) = 13.85, p < .001, \eta_p^2 = .18$, revealing that vividness ratings were higher for pictures of high than low memorability. The Age-group x Memorability interaction was also significant, $F(1, 65) = 7.20, p = .009$,

$\eta_p^2 = .10$. Follow-up t-tests revealed that vividness ratings for pictures of low memorability differed between age-groups, with higher vividness ratings in older than young adults, $t(66) = 3.42, p = .001, d = 0.83$, while it was not the case for pictures of high memorability, $t(66) = 1.66, p = .10, d = 0.40$.

Vividness ratings for pictures of medium memorability

We next conducted a 2 Age-group (young vs. older adults) x 2 Context (med-high vs. med-low) repeated-measures ANCOVA on averaged vividness ratings for pictures of medium memorability (see Figure 2). Again, the number of formal years of education was entered as a covariate. The analysis revealed a main effect of Age-group, $F(1, 65) = 19.36, p < .001, \eta_p^2 = .23$, showing that vividness ratings were higher in older than in young adults. The main effect of Context was not significant, $F(1, 65) = 0.15, p = .70, \eta_p^2 = .01$, but there was a significant Age-group x Context interaction, $F(1, 65) = 7.07, p = .010, \eta_p^2 = .10$. Follow-up analyses revealed that vividness ratings for pictures of medium memorability were higher when they were presented after pictures of low than high memorability in young, $t(33) = 3.50, p = .001, d = 0.60$, but not in older adults, $t(33) = 0.50, p = .62, d = 0.08$.

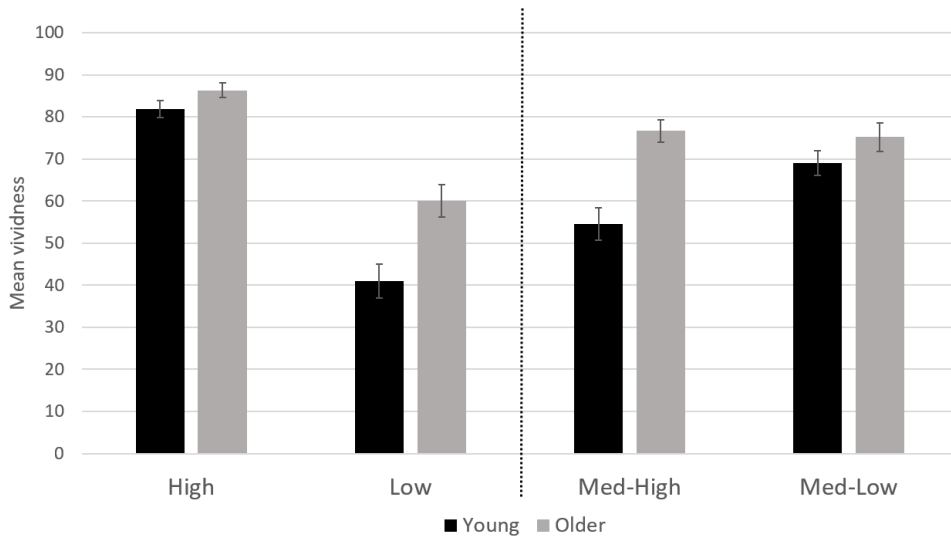


Figure 2. Mean vividness ratings across memorability contexts in young and older participants. “High” and “Low” refer to pictures of high and low memorability, respectively. “Med-High” and “Med-Low” refer to pictures of medium memorability presented after pictures of high and low memorability. Error bars represent the Standard Error of the Mean (SEM).

Metacognitive expectancy heuristic use and executive functioning

Executive functioning, as indexed with the executive index, was slightly better in young than in older adults, $t(66) = 1.99, p = .05, d = 0.48$. The ability to implement the use of a metacognitive expectancy heuristic in the current study was assessed with the following score: vividness of medium items after pictures of low memorability – vividness of medium items after pictures of high memorability, so that the higher the score, the higher the ability to switch the criterion from one memorability context to the other. We next investigated whether young and older adults’ use of the heuristic was related to their executive functioning. No significant correlation between participants’ use of the heuristic and their

executive functioning was found in young, $r = -0.12$, $p = .49$, nor in older adults, $r = -0.22$, $p = .21$ ¹⁹.

2.8.5 Discussion

The current study had two main aims: 1) To determine whether young adults adjust their subjective vividness criterion according to task context; 2) To investigate whether this ability was impacted by healthy aging. To examine these questions, young and older adults performed a memory task in which they studied pictures that varied in their degree of memorability (i.e., low, medium and high memorability). During retrieval, participants were asked to judge the subjective vividness of their memories for the pictures. Pictures of medium memorability were always presented either after low or high memorability pictures so that the vividness criterion regarding medium memorability pictures was set in two different contexts. As expected, results revealed that vividness ratings for pictures of medium memorability were higher when they were remembered after pictures of low than high memorability. Nevertheless, this effect was observed in young adults only.

Vividness criterion in different memorability contexts

The main finding of the current study is that mean vividness ratings for pictures of medium memorability changed depending on whether these pictures were presented after pictures of low or high memorability. In other words, ratings of the subjective experience of recollection for the same type of stimuli differed depending on the context in which they were encountered. Previous studies have shown that rates of subjective recollection, as indexed by Remember responses, for the same type of stimuli varied according to task context (Bodner & Lindsay, 2003; Gruppuso et al., 1997). For instance, rates of Remember responses or

¹⁹ Note that no correlation was found between participants' use of the heuristic and their performance at the three executive tests taken individually: N-Back, Stroop or Plus-Minus.

confidence judgements to questions of moderate difficulty in a recognition memory task were found to be higher when these questions were presented after hard than easy questions (Bodner & Richardson-Champion, 2007; Pansky & Goldsmith, 2014; Portnoy & Pansky, 2016). In the current study, the subjective experience of recollection was operationalized with vividness judgements that reflect the amount of retrieved sensory episodic information (D'Angiulli et al., 2013; Folville et al., 2020c). Participants' expectations were manipulated by varying the level of memorability of the pictures. Although we have the capacity to memorize thousands of images (Brady et al., 2008), all images are not remembered equally well (Isola et al., 2011). In episodic memory tasks, some images are remembered in a highly detailed fashion by the majority of the participants while others are quickly forgotten (Isola et al., 2011). Whatever the factors determining their level of memorability, different pictures may thus be associated with different levels of subjective recollection. Pictures of low memorability are associated with lower subjective memory judgements as shown in the pre-test of the current study and in the main memory task. Like hard questions (Bodner & Richardson-Champion, 2007; Willems et al., 2019) or high frequency words (that are poorly distinctive, McCabe & Balota, 2007), pictures of low memorability may set participants' expectations low because they are difficult to recollect. In contrast, high memorability pictures, easy questions and low frequency items may set participants' expectations high. When participants remember pictures of medium memorability (or are faced with questions of moderate difficulty or medium-frequency items), these items exceed participants' expectations when they were previously exposed to items that were difficult rather than easy to recollect. Therefore, in the current study, pictures with the same level of memorability received different rates of subjective recollection depending on participants' expectations when they remembered them. Together, these findings suggest that retrieved memory details from pictures are not literally transposed into a subjective sense of remembering and that the objective retrieval

of episodic details and the associated subjective experience of recollection are supported, at least in part, by distinct cognitive mechanisms (Folville et al., 2020a; see Renoult & Rugg, 2020 for a recent discussion on this point). In this context, we propose that reactivated memory details are evaluated by memory attribution processes that take participants' expectations and task's demands into account so as to set the criterion/definition of subjective remembering that participants will apply to perform the memory task (Bastin et al., 2019).

Aging and subjective vividness in context

Older participants assigned higher vividness judgements than young adults for the remembered pictures regardless of their level of memorability, which replicates previous findings showing either comparable or higher subjective memory judgements in older than in young adults in episodic memory tasks (Comblain et al., 2005; Folville et al., 2019; Folville et al., 2020c; Johnson et al., 2015; Mitchell & Hill, 2019). Older adults may thus use a different criterion/threshold than young adults to anchor their subjective vividness ratings on the Likert scale, even if the precise reasons why it may be the case are still to be determined (Folville et al., 2019; Folville et al., 2020c).

More importantly, no difference in mean vividness intensity was found between pictures of medium memorability when they were remembered after pictures of low and high memorability. In other words, it seems that older adults did not adjust their subjective vividness criterion for pictures of medium memorability according to task context. In older adults, it could be that memory attribution processes function in a different way than in young adults to give rise to a subjective sense of vividness (Folville et al., 2020c). For instance, it could be speculated that older participants' memory attribution processes are less sensitive to task context when defining the subjective criterion of recollection, which could partly explain older adults' poorer memory vividness calibration.

Thus, relative to young adults, older adults may not only anchor their judgements higher on the Likert scale but they may also have difficulties in changing their criterion from one task context to another, perhaps because of age-related changes in how memory attribution processes use participants' expectations to define a subjective recollection criterion.

To the best of our knowledge, this study is the first to show that older adults' rates of subjective recollection are not as sensitive to task context as those of young adults. In future research, it would be interesting to examine whether the pattern of results reported in the current study extends to other subjective recollection measures and context manipulations. For instance, it could be hypothesized that in a memory paradigm in which participants assign Remember and Know responses to questions of medium difficulty that are presented either after easy or hard questions (Bodner & Richardson-Champion, 2007; Willems et al., 2019), older adults would assign comparable rates of Remember responses to questions of medium difficulty regardless of the context in which they would be remembered.

Conclusion

In the current experiment, we aimed at examining whether young and older adults adjust their criterion for subjective memory vividness in a similar way according to task context. In young adults, remembered pictures of medium memorability received higher vividness ratings when they were retrieved after pictures of low than high memorability, providing evidence that retrieved picture details are not literally transposed into a subjective vividness judgement but are regulated by memory attribution processes that take participants' expectations into account. This effect was not observed in older adults, which suggests that their memory attribution processes may regulate the use of episodic details in a different way when they judge the subjective quality of their memories. Manipulating participants' expectations in contexts of different memorability and examining how it impacts their subjective memory judgements offers promising avenues for

future research. Such investigation could further increase our understanding of how and to which extent attribution mechanisms regulate the use of episodic memory details to give rise to a subjective sense of recollection, which may shed further light on age-related changes in episodic memory functions.

3 DISCUSSION GENERALE

3.1 Résumé des principaux résultats

Bien que les personnes âgées attribuent à leurs souvenirs une vivacité d'intensité équivalente ou supérieure par rapport aux personnes jeunes, il semble que les représentations mnésiques à la base de ces jugements subjectifs soient moins riches que celles des participants jeunes (Gallo et al., 2011; Hashtroudi et al., 1990). Ce profil de résultats a amené certains auteurs à suggérer que les participants âgés surestiment le niveau de détail de leurs souvenirs lorsqu'ils en évaluent la richesse subjective (McDonough et al., 2014). Toutefois, les données appuyant cette affirmation restent indirectes car elles sont issues d'études mesurant les jugements de vivacité et le nombre de détails épisodiques rappelés au sein d'une même tâche mais sans les comparer directement. Dans ce contexte, le but des études 1, 2, 3 et 4 était d'examiner directement la relation entre l'intensité de l'expérience subjective de recollection, mesurée grâce à des jugements de vivacité, et la richesse objective des souvenirs, mesurée grâce à une tâche de rappel libre, chez des participants jeunes et âgés.

Plus spécifiquement, l'objectif de la **première étude** était d'examiner la relation entre le nombre de détails rappelés dans une tâche de rappel libre et l'intensité des jugements de vivacité correspondant pour chaque essai. Pour ce faire, des participants jeunes et âgés ont mémorisé des images de scènes associées à des titres. Par après, sur base des titres, les participants jugeaient la vivacité de leurs souvenirs relatifs aux images et rappelaient un maximum de détails provenant de ces images. Cette étude a mis en évidence que les participants âgés rappelaient moins de détails épisodiques que les participants jeunes. Cette différence était toutefois spécifique aux détails perceptifs reflétant le rappel des couleurs, textures, formes et tailles des objets et des personnes représentées sur les images. A l'instar de nombreuses autres études, les participants âgés émettaient des jugements de vivacité supérieurs à ceux des participants jeunes. Essai par essai,

l'intensité de ces jugements de vivacité était prédite, dans les deux groupes, par la quantité de détails épisodiques rappelés, et plus spécifiquement par la quantité de détails perceptifs rappelés. De plus, l'intensité des jugements de vivacité était prédite par la quantité totale de détails rappelés (détails corrects et incorrects assemblés) dans les deux groupes d'âge. Cependant, cette relation entre l'intensité des jugements de vivacité et le nombre de détails rapportés dans la tâche de rappel libre était systématiquement et significativement plus prononcée chez les participants jeunes par rapport aux âgés.

La **deuxième étude** avait pour objectif d'examiner dans quelle mesure le vieillissement normal impacte les corrélats neuronaux de la récupération de souvenirs vivaces en mémoire épisodique. Afin d'examiner cette question, nous avons comparé l'intensité des changements du signal BOLD lors de la réalisation de jugements de vivacité élevés entre les participants jeunes et âgés. De plus, nous avons évalué dans quelle mesure le vieillissement normal impacte le phénomène de réinstallation corticale sur base d'analyses de similarité des représentations neuronales. D'un point de vue comportemental, les résultats de cette étude ont répliqué ceux de la première étude, à savoir que les participants âgés émettaient des jugements de vivacité supérieurs par rapport aux participants jeunes tandis qu'ils rappelaient moins de détails épisodiques dans une tâche de rappel libre hors du scanner. Les résultats des analyses univariées en IRMf ont mis en évidence que les participants jeunes et âgés, lorsqu'ils se souvenaient des images sur base des titres et émettaient des jugements de vivacité élevés, activaient de façon comparable des régions du réseau de recollection telles que le cortex cingulaire postérieur et le cortex préfrontal. Toutefois, les souvenirs vivaces s'accompagnaient d'une plus grande activation dans le précuneus chez les participants jeunes par rapport aux participants âgés. Enfin, les analyses multivariées par analyse de la similarité des représentations ont mis en évidence que les participants jeunes avaient des valeurs significatives de similarité reflétant

la réactivation des patterns d'activité cérébrale entre l'encodage et la récupération pour un item donné dans le cortex cingulaire postérieur/rétrosplénial, contrairement aux participants âgés.

La **troisième étude** du présent travail avait pour objectif d'évaluer dans quelle mesure les aspects objectifs et subjectifs de la recollection étaient liés chez des participants jeunes et âgés lorsqu'ils se remémoraient des événements de leur vie réelle. Le but de cette étude était également d'examiner l'effet de l'âge sur le phénomène de compression temporelle pour des souvenirs épisodiques de la vie réelle. Concrètement, des participants jeunes et âgés ont effectué un parcours durant lequel ils ont réalisé des activités simulant la vie réelle. Par après, il leur a été demandé de revivre mentalement différentes sections du parcours, d'évaluer plusieurs dimensions phénoménologiques relatives à leur reviviscence mentale et de rappeler le déroulement des différentes sections du parcours. Les résultats ont révélé que le degré de compression temporelle (le ratio entre la durée de la reviviscence mentale d'une section du parcours et sa durée réelle) était comparable entre les participants jeunes et âgés. Les participants jeunes rappelaient en moyenne un peu plus d'unités d'expérience reflétant le déroulement du parcours que les participants âgés mais la richesse du contenu de ces unités d'expérience était équivalente entre les participants des deux groupes. Dans les deux groupes, les taux de compression temporelle étaient prédits par la densité des unités d'expérience rappelées. De façon comparable à ce que nous avons observé dans les études 1 et 2, les participants âgés ont émis des jugements subjectifs supérieurs par rapport aux participants jeunes. De même, l'intensité des jugements de vivacité des participants jeunes était prédite par le nombre d'unités d'expérience représentant le déroulement du parcours qu'ils rappelaient. Toutefois, cette relation entre l'intensité des jugements de vivacité et le nombre d'unités d'expérience rappelées n'était pas significative chez les participants âgés. Notons aussi que le nombre d'unités d'expérience prédisait l'intensité des autres

échelles subjectives (impression de revivre le parcours, détails visuels, disposition spatiale et pensées) mais cette fois de façon équivalente dans les deux groupes.

La **quatrième étude** du présent travail avait pour objectif principal d'examiner dans quelle mesure l'intensité de l'expérience subjective est similaire entre plusieurs participants se remémorant les mêmes images. Un autre objectif de cette étude était d'évaluer si l'importance de cette similarité diffère entre participants jeunes et âgés. Afin d'examiner ces questions, les données de la première étude ont été ré-analysées. Concrètement, les valeurs des jugements de vivacité pour les mêmes images ont été corrélées entre les participants et ont été mises en lien avec le nombre de détails épisodiques rappelés correspondant. Il s'est avéré qu'il existait une similarité significative entre les jugements de vivacité des différents participants puisque les corrélations entre les jugements de vivacité de l'ensemble des participants étaient différentes de zéro. Autrement dit, l'intensité des jugements de vivacité d'un participant lorsqu'il se rappelait de certaines images pouvait être prédite par l'intensité des jugements de vivacité des autres participants pour ces mêmes images. Cependant, cette similarité de la vivacité entre les participants était réduite chez les participants âgés. De façon intéressante, l'intensité de la vivacité des souvenirs d'un participant pouvait également être prédite par la richesse du rappel libre d'autres participants pour les mêmes images. A nouveau, cette relation était plus importante chez les participants jeunes que chez les participants âgés. Enfin, nous avons observé que le niveau de richesse du rappel libre des participants âgés prédisait de façon plus importante la vivacité d'autres participants jeunes que la vivacité d'autres participants de leur propre groupe d'âge.

Ces quatre premières études ont donc permis d'établir qu'avec l'âge, l'évaluation de la vivacité des souvenirs repose moins directement sur la quantité de détails épisodiques rapportés à propos de ces événements. Sur base de ces résultats, l'objectif des études 5 et 6 était d'explorer certaines hypothèses permettant

d'expliquer pourquoi l'expérience subjective de vivacité des personnes âgées est moins connectée à la richesse objective de leurs souvenirs.

La **cinquième étude** avait pour objectif d'examiner la possibilité que les participants âgés se basent davantage que les participants jeunes sur le gist d'une trace mnésique pour en juger la qualité subjective. Des participants jeunes ont dès lors pris part à une tâche de mémoire au cours de laquelle ils mémorisaient des images de scènes. Par après, il leur était demandé d'évaluer la vivacité de leurs souvenirs et de rappeler un maximum de détails des images. Entre l'encodage et la récupération, les participants étaient soumis à deux phases distinctes d'induction d'un mode de récupération. Une induction visait à orienter les participants vers le traitement du sens général (gist) d'une trace mnésique tandis qu'une induction contrôle n'orientait pas le traitement des participants vers une information en particulier. Les résultats ont révélé que les participants jeunes rappelaient moins de détails épisodiques après l'induction orientée vers le gist par rapport à l'induction contrôle tandis que l'intensité des jugements de vivacité ne différait pas entre les deux conditions. De plus, le score de rappel libre prédisait l'intensité des jugements de vivacité de façon comparable après l'induction orientée vers le gist et l'induction contrôle, ce qui suggère que les participants jeunes, même après que leur attention ait été orientée vers le sens général des traces mnésiques récupérées, continuaient à se baser sur les détails épisodiques pour juger subjectivement la vivacité de leurs souvenirs.

Enfin, nous avons mené une **dernière étude** afin d'examiner dans quelle mesure la capacité des participants à adapter le critère qu'ils utilisent pour déterminer l'intensité de leurs jugements de vivacité selon le contexte est diminuée dans le vieillissement. Nous avons manipulé le niveau de mémorabilité des images encodées par les participants. Plus spécifiquement, des images de mémorabilité faible, modérée ou élevée étaient présentées et les participants devaient ensuite juger la vivacité de leurs souvenirs pour ces images. L'ordre de présentation des

images lors de la phase de récupération était manipulé de sorte que des lots d'images de mémorabilité modérée étaient systématiquement présentés après des lots d'images de mémorabilité faible ou élevée. Le but de cette manipulation était de créer des attentes chez les participants lorsque ceux-ci se remémorent les images de mémorabilité faible ou élevée et d'évaluer dans quelle mesure ces attentes influencent le critère de décision utilisé pour juger de la vivacité des images de mémorabilité modérée. Les résultats de cette étude ont montré que les images de mémorabilité modérée recevaient des jugements de vivacité plus élevés lorsqu'elles étaient remémorées après des images de mémorabilité faible plutôt qu'élevée, ce qui suggère que les participants ont adapté leur critère pour juger de la vivacité de leurs souvenirs en fonction du contexte de récupération. Cet effet n'a toutefois été observé que chez les participants jeunes, ce qui suggère que les participants âgés n'ajustent pas leur critère subjectif de vivacité d'un essai à l'autre en fonction du contexte de la tâche.

Dans l'ensemble, les études menées dans ce travail de thèse permettent de mieux comprendre l'étendue de la relation entre l'expérience subjective de recollection et la richesse objective des souvenirs épisodiques. Dans les prochaines sections, nous évaluerons la contribution de ces études dans la compréhension de la dissociation entre recollection objective et subjective dans le vieillissement normal. Ensuite, les causes probables de cette dissociation seront discutées et certaines pistes d'explication seront proposées. Le modèle intégratif décrit dans l'introduction de ce travail sera adapté aux paradigmes de rappel indicé, et les implications des résultats des différentes études menées dans le cadre de ce travail pour la conceptualisation théorique de l'expérience subjective en mémoire épisodique seront discutées. Enfin, des perspectives de recherches futures seront proposées.

3.2 Dissociation entre recollection objective et subjective dans le vieillissement normal

Nos études ont permis de quantifier la relation directe entre recollection objective et subjective chez les personnes jeunes et âgées grâce à des analyses par modèles mixtes (Baayen et al., 2008). Nous avons observé que la quantité de détails remémorés pour des images prédisait l'intensité des jugements subjectifs de vivacité pour les mêmes images chez les participants jeunes (études 1, 2²⁰, 5). De façon comparable, l'expérience subjective de vivacité pour des souvenirs de la vie réelle des participants jeunes était prédite par la quantité d'unités d'expérience remémorées (étude 3). Ainsi, il semble que l'intensité d'un jugement subjectif de vivacité, qu'il concerne un stimulus de laboratoire ou un souvenir épisodique de la vie réelle, soit étroitement liée à la quantité de détails épisodiques remémorés.

Le nombre de détails épisodiques relatifs aux images remémorées prédisait également l'intensité de l'expérience subjective de vivacité des participants âgés mais l'intensité de cette relation était moindre par rapport aux participants jeunes (études 1, 2). Autrement dit, les jugements de vivacité des participants âgés variaient, d'un essai de la tâche à un autre, de façon moins importante avec la quantité de détails récupérés. De façon intéressante, nous avons mis en évidence que l'intensité de l'expérience de vivacité des participants âgés pour des souvenirs de la vie réelle n'était prédite ni par la quantité d'unités d'expérience remémorées, ni par le niveau de détails de ces unités (étude 3). Il semble donc que, dans certains cas, les participants âgés se basent sur des informations autres que les détails épisodiques pour juger de la vivacité de leurs souvenirs.

Dans l'ensemble, les résultats des études 1, 2 et 3 permettent de conclure que les participants âgés se basent moins que les participants jeunes sur la quantité de

²⁰ La relation essai par essai entre l'intensité de la vivacité et le nombre de composants rappelés a également été examinée dans cette étude. Cette analyse a révélé le même pattern de résultats que dans l'étude 1 et n'a pas été rapportée dans le manuscrit relatif à l'étude en IRMf.

détails récupérés pour juger de l'intensité de leur expérience subjective en mémoire épisodique. L'observation que le degré de similarité de l'intensité des jugements de vivacité pour des images identiques entre les participants était plus important chez les sujets jeunes qu'âgés soutient aussi cette affirmation (étude 4). En effet, si l'on considère que les jugements de vivacité des participants âgés sont moins basés sur les détails remémorés que les jugements des participants jeunes, alors il semble logique d'observer que l'intensité des jugements de vivacité pour des mêmes images soit moins similaire entre des participants âgés différents. De façon comparable, nous avons observé que le nombre de détails épisodiques remémorés par les participants âgés prédisait de façon plus importante l'intensité des jugements de vivacité d'autres participants jeunes que l'intensité des jugements de vivacité de participants de leur propre groupe (étude 4). A nouveau, ce résultat prend du sens si on considère que les participants jeunes se basent davantage que les participants âgés sur les détails des images pour élaborer leurs jugements de vivacité. Si les participants âgés se basaient autant que les participants jeunes sur les détails remémorés provenant des images, nous aurions observé que les détails rappelés par un participant âgé prédisaient l'intensité des jugements de vivacité d'autres participants jeunes et âgés de façon comparable.

Il est intéressant de noter que lorsque les participants jeunes se remémoraient des événements réels, le nombre d'unités d'expérience rappelées prédisait l'intensité des jugements subjectifs de reviviscence, de la remémoration des détails visuels, de la remémoration de la disposition spatiale des éléments, et des pensées et sensations ressenties (étude 3). A l'exception du jugement subjectif de vivacité, la relation entre l'intensité des jugements subjectifs et le nombre d'unités d'expérience était similaire chez les participants jeunes et âgés. Ainsi, bien qu'ils émettent des jugements subjectifs plus élevés que les participants jeunes, il semble que les participants âgés se basent en grande partie sur le même type d'information que les participants jeunes pour juger subjectivement de la qualité

de dimensions phénoménologiques telles que la reviviscence, les détails visuels, la disposition spatiale et les pensées relatives à leurs souvenirs. Ces résultats sont importants pour deux raisons. Premièrement, ils montrent que malgré le fait qu'en moyenne, les participants âgés aient émis des jugements subjectifs de plus haute intensité que les participants jeunes et ce, pour l'ensemble des échelles subjectives, l'ampleur de la relation entre le nombre de moments d'expériences remémorés et l'intensité des jugements subjectifs est comparable entre les groupes d'âges pour certaines échelles mais pas pour d'autres. L'approche essai par essai utilisée dans le présent travail permet donc de mettre en évidence des profils de résultats imperceptibles lorsque les jugements subjectifs sont moyennés à travers les essais. Deuxièmement, ces données suggèrent que les participants âgés peuvent calibrer leurs jugements subjectifs par rapport à la richesse de leurs souvenirs aussi bien que des participants jeunes lorsque ces échelles évaluent des dimensions plus spécifiques, et peut-être plus concrètes, de leurs souvenirs. Le jugement de vivacité aurait donc un statut à part, comme nous le discuterons par la suite.

Pour expliquer la supériorité des jugements de vivacité des participants âgés par rapport aux participants jeunes malgré leurs plus faibles performances en recollection objective, certains auteurs ont utilisé le terme de « dissociation » (Bloise, 2008; McDonough et al., 2014). En considérant que dans la plupart des études menées dans le cadre de ce travail, les jugements de vivacité des participants âgés restent significativement prédits par la quantité de détails épisodiques récupérés, affirmer que les aspects objectifs et subjectifs de la recollection sont *dissociés* dans le vieillissement paraît démesuré. Dès lors, nous proposons plutôt de considérer que les jugements de vivacité des personnes âgées sont légèrement *déconnectés* de la richesse objective de leurs souvenirs. Dans la prochaine section, les causes probables de cette déconnexion entre recollection

objective et subjective dans le vieillissement seront décrites et certaines pistes de recherches seront mentionnées.

3.3 Causes probables de la déconnexion entre recollection objective et subjective dans le vieillissement

Afin de rendre compte du fait que les participants âgés émettent systématiquement des jugements d'intensité supérieure par rapport aux participants jeunes (Johnson et al., 2015 ; Mitchell & Hill, 2019), malgré le fait qu'ils récupèrent moins de détails épisodiques que les participants jeunes (Korkki et al., 2020 ; Hashtroudi et al., 2017), deux hypothèses ont été initialement proposées (McDonough et al., 2014). L'hypothèse quantitative suggère que les participants âgés récupèrent des souvenirs appauvris par rapport aux participants jeunes, ce qui expliquerait pourquoi ils obtiennent de moins bonnes performances que les participants jeunes dans les tâches de recollection objective. Les participants âgés ajusteraient toutefois leur critère subjectif à cette quantité réduite d'information, si bien qu'ils émettraient des jugements d'intensité équivalente ou supérieure à celle des sujets jeunes (McDonough et al., 2014). L'hypothèse qualitative propose quant à elle que les participants âgés pourraient récupérer des souvenirs aussi détaillés que les participants jeunes, ceci expliquant pourquoi l'intensité de leurs jugements subjectifs est comparable à celle des jugements des participants jeunes. Les détails épisodiques qu'ils récupèrent seraient cependant erronés ou qualitativement différents de ceux récupérés par les participants jeunes, si bien qu'ils ne parviendraient pas à avoir des performances équivalentes à celles des participants jeunes aux tâches de recollection objective.

Dans l'ensemble, nos données appuient l'hypothèse quantitative de McDonough et al. (2014) selon laquelle les participants âgés récupèrent moins de détails épisodiques que les participants jeunes et qu'en conséquence ils ajustent leur

critère de décision pour déterminer subjectivement la richesse de leurs souvenirs. En effet, à l'instar de ce qui a été observé dans de nombreuses autres études (Gallo et al., 2011; Hashtroudi et al., 1990; Robin & Moscovitch, 2017), les participants âgés émettent des jugements subjectifs de vivacité d'intensité équivalente ou supérieure par rapport aux jeunes alors qu'ils rappellent, objectivement, moins de détails épisodiques (études 1 et 2).

Nos études vont toutefois plus loin que ces recherches en montrant, grâce à l'examen de la relation entre l'intensité des jugements de vivacité et le nombre de détails épisodiques remémorés essai par essai, que les jugements de vivacité des participants âgés ne sont pas seulement plus élevés que ceux des participants jeunes mais sont également moins liés à la quantité de détails épisodiques récupérés (études 1, 2, 3).

Dans le cadre du présent travail, nous proposons que ces deux dimensions puissent être considérées de façon indépendante, de sorte que des jugements de vivacité en moyenne élevés ne soient pas forcément synonymes d'une mauvaise calibration de ces jugements subjectifs par rapport aux détails épisodiques récupérés. Cette indépendance du niveau moyen des jugements subjectifs et de la précision de la calibration de ces jugements peut être illustrée grâce aux données de l'étude 3. Dans cette étude, les analyses ont révélé que les participants âgés émettaient des jugements subjectifs plus élevés que les participants jeunes et ce, quelle que soit l'échelle subjective considérée. Ceci suggère donc que les participants âgés ont ancré leurs jugements plus haut sur l'ensemble des échelles subjectives que les participants jeunes. Lorsque nous avons examiné la relation essai par essai entre l'intensité de ces jugements et les détails épisodiques remémorés, il est apparu que le profil de résultat différait selon la dimension phénoménologique considérée. Ainsi, le nombre d'unités d'expérience remémorées prédisait l'intensité des jugements de vivacité associés chez les participants jeunes mais pas chez les âgés. Le nombre d'unité d'expériences

remémorées prédisait par contre l'intensité des jugements pour les autres échelles subjectives et ce, de façon comparable dans les deux groupes. En d'autres termes, il semble que les participants âgés se soient basés sur les moments d'expériences remémorés pour élaborer leurs jugements subjectifs pour certaines échelles seulement.

Cependant, les hypothèses quantitatives et qualitatives telles que formulées par McDonough et al. (2014) ont une visée descriptive plutôt qu'explicative. Elles cherchent en effet principalement à rendre compte du pattern de performance régulièrement observé dans la littérature à travers différents types d'échelles subjectives (jugements Remember, de vivacité ou du MCQ) et différentes mesures de recollection objective (mémoire de source ou rappel libre). Le but de ce travail de thèse étant de mieux comprendre les causes de la déconnexion entre l'expérience subjective en mémoire et la richesse objective des souvenirs dans le vieillissement normal, il nous semble opportun de nous détacher de ces hypothèses afin de centrer notre discussion sur l'examen des mécanismes cognitifs susceptibles d'être affectés par le vieillissement et d'impacter l'élaboration des jugements subjectifs des personnes âgées. De plus, les hypothèses quantitatives et qualitatives ne sont pas nécessairement mutuellement exclusives et contribuent chacune à expliquer les raisons pour lesquelles les participants âgés émettent des jugements subjectifs élevés (Johnson et al., 2015; McDonough et al., 2014; Wang et al., 2016). Ainsi, les résultats de nos études, bien qu'ils puissent être interprétés à la lumière de ces deux hypothèses, ne permettent pas de les départager de manière définitive.

En conséquence, nous proposons d'aborder une explication plus « mécanistique » de la déconnexion entre recollection objective et subjective, permettant d'aller plus loin que les hypothèses formulées par McDonough et ses collaborateurs (2014). Dans les prochaines sections, nous discuterons d'abord comment les résultats de ce travail de thèse nous permettent de mieux comprendre pourquoi

les personnes âgées émettent des jugements d'intensité plus élevée que les participants jeunes sur les échelles subjectives. Nous aborderons ensuite les raisons permettant d'expliquer pourquoi l'intensité des jugements subjectifs des participants âgés est moins basée que celle des participants jeunes sur les détails épisodiques récupérés.

3.3.1 Pourquoi les personnes âgées émettent-elles des

jugements subjectifs plus élevés que les personnes jeunes ? Une première interprétation proposée par Gallo et ses collaborateurs (2011) est que les participants âgés ne réalisent pas que leur capacité à récupérer les détails d'événements passés est diminuée, peut-être en raison de connaissances métacognitives qui n'ont pas été mises à jour, si bien qu'ils continueraient à estimer que leurs souvenirs sont vifs et détaillés. Toutefois, cette interprétation nous semble peu plausible pour deux raisons. Premièrement, des études passées montrent que les personnes âgées tendent à voir leurs propres capacités (Hultsch, Hertzog, Dixon, & Davidson, 1988; Ryan & See, 1993) ainsi que celles d'autres personnes âgées (Ryan & See, 1993) en mémoire épisodique comme étant déclinantes, ce qui n'est pas cohérent avec l'idée que leurs connaissances métacognitives sur leurs propres capacités mnésiques n'ont pas été mises à jour. Deuxièmement, même si les participants âgés ne réalisaient pas que leur capacité à récupérer des représentations mnésiques riches et détaillées est diminuée, ceci n'explique pas pourquoi leurs jugements subjectifs sont souvent supérieurs à ceux des participants jeunes (étude 1, 2, 3, 6). En effet, ils devraient alors plutôt rester comparables à ceux des sujets jeunes.

Une deuxième hypothèse explicative (proposée par un évaluateur anonyme de l'article relatif à l'étude 1 de cette thèse) est que la surestimation de l'intensité de l'expérience subjective par les participants âgés soit la conséquence de leurs plus faibles performances en mémoire épisodique. Il a en effet été démontré

précédemment que les personnes qui ont des performances ou des capacités plus faibles dans un domaine particulier ont des difficultés à reconnaître cette faiblesse comme telle (Effet Dunning-Kruger: Dunning, 2011; Dunning, Johnson, Ehrlinger, & Kruger, 2003). Selon Dunning, la capacité d'une personne à réaliser des jugements métacognitifs dans un domaine particulier serait liée au niveau de ses capacités dans ce domaine car elles lui permettraient d'acquérir des connaissances sur ce qu'est une bonne ou une mauvaise performance (Dunning et al., 2003). Ainsi, les capacités restreintes des personnes qui ont peu de compétences dans un domaine les empêcheraient d'acquérir des connaissances métacognitives relatives à ce domaine. Une interprétation des résultats des études de ce travail basée sur cet effet suggérerait donc que les participants âgés auraient tendance à surestimer leur capacité réelle dans ce domaine et donc émettraient des jugements de vivacité qui ne correspondent pas à la richesse réelle de leurs souvenirs en raison du fait qu'elles ont des capacités plus faibles en mémoire épisodique que les participants jeunes. Un moyen de tester cette hypothèse serait d'examiner si, dans nos études, l'intensité des jugements de vivacité des participants âgés ainsi que le degré d'adéquation de ces jugements aux nombres de détails épisodiques rappelés, varie selon leurs capacités en mémoire épisodique.

Afin de tester cette possibilité, nous avons réalisé une analyse supplémentaire en utilisant les données de l'étude 1 (cette analyse n'est pas reportée dans le manuscrit et va donc être décrite en détail). Dans cette analyse par modèles mixtes, la vivacité était la variable dépendante, tandis que le nombre de composants rappelés essai par essai et la performance globale du participant à la tâche de rappel (le nombre moyen de composants qu'il a rappelé, un indicateur de sa capacité en mémoire épisodique) étaient entrés respectivement en tant que prédicteurs de premier et de second niveau. Une interaction nombre de composants rappelés x performance globale était également modélisée afin d'examiner si la relation entre l'intensité de la vivacité et les composants rappelés

changeait en fonction de la performance en rappel global du participant. Cette analyse n'a été conduite que chez les participants âgés. Les résultats ont révélé que ni l'effet de la performance globale en rappel, ni l'interaction entre le nombre de composants rappelés et la performance globale n'étaient significatifs. Ainsi, l'intensité des jugements de vivacité et leur degré d'adéquation avec le rappel libre n'étaient pas influencés par le niveau global de rappel reflétant les capacités en mémoire épisodique du participant. Autrement dit, il semble que les jugements de vivacité élevés des participants âgés ne soient pas explicables par un effet Dunning-Kruger.

Bien que les données de nos études apportent des éléments de réponse permettant d'évaluer la validité des deux interprétations proposées ci-dessus pour expliquer les hauts jugements subjectifs chez les participants âgés, d'autres hypothèses, dont la validité devra être testée dans des études futures, peuvent être proposées. Ainsi, une autre interprétation suggérée par McDonough et ses collaborateurs (2014) est que les participants âgés baissent le critère de décision qu'ils utilisent pour juger subjectivement de la qualité de leurs souvenirs (probablement suite à des changements métacognitifs liés à l'âge), si bien qu'ils se « contentent » d'une moins grande quantité de détails épisodiques pour émettre un jugement élevé sur l'échelle de Likert. Comme nous le proposons dans la discussion de l'étude 5, il est probable que chaque participant fixe un seuil de vivacité afin de déterminer combien de détails épisodiques seraient nécessaires pour émettre un jugement « peu vivace » ou « très vivace ». Si nous appliquons ce raisonnement aux études sur le vieillissement, il se pourrait que les participants jeunes et âgés aient respectivement besoin de se remémorer, par exemple, 5 et 3 détails, pour affirmer qu'un souvenir est « très vivace ». Ainsi, il serait possible d'observer des jugements subjectifs d'intensité comparable entre les deux groupes malgré le fait que les participants âgés récupèrent des souvenirs contenant moins de détails épisodiques (McDonough et al., 2014; voir aussi St-laurent et al., 2011).

Au-delà des mécanismes métacognitifs, les hauts jugements subjectifs des participants âgés pourraient aussi s'expliquer par des facteurs psycho-sociaux. Dans notre société, les personnes âgées sont souvent perçues comme étant incompetentes et ralenties dans certains domaines notamment dans la mémoire (Cuddy, Norton, & Fiske, 2005). En conséquence, les personnes âgées essayent parfois de se présenter sous une apparence plus favorable pour contrer ce stéréotype négatif. Par exemple, les personnes âgées obtiennent des scores plus élevés sur des échelles de désirabilité sociale que les personnes jeunes (Dijkstra, Smit, & Comijs, 2001) et les personnes âgées qui manifestent une désirabilité sociale élevée sont également moins susceptibles de percevoir correctement leur efficacité métacognitive (Fastame & Penna, 2012). Il se pourrait donc que les personnes âgées émettent des jugements de vivacité d'intensité supérieure par rapport aux participants jeunes simplement afin de se présenter sous une apparence favorable et d'éviter de rencontrer les stéréotypes liés au vieillissement. Autrement dit, l'affirmation de se souvenir avec beaucoup de vivacité du matériel étudié permettrait aux participants âgés de démontrer à l'expérimentateur qu'ils ont toujours une bonne mémoire.

Une autre hypothèse, liée à la précédente, serait que les participants âgés réagissent différemment par rapport aux participants jeunes aux essais de la tâche pour lesquels ils ne parviennent pas à récupérer l'image cible en mémoire. Afin de compenser ces échecs occasionnels de récupération, les participants âgés pourraient émettre des jugements élevés lorsqu'ils se souviennent de l'élément cible. Emettre des jugements subjectifs plus élevés pour certains essais pourrait les conforter dans leurs propres capacités de mémoire (« je ne me souviens pas de tout mais ce dont je me souviens, je m'en souviens très bien car ma mémoire est encore relativement bonne »). De même, il est possible que les participants âgés émettent des jugements plus élevés aux essais pour lesquels ils se souviennent de l'élément cible afin de se présenter sous une apparence favorable à

l'expérimentateur (« j'ai beau ne pas me souvenir de tout, je me souviens quand même très bien de certaines choses et c'est important de le montrer »).

Dans les études présentées dans ce travail, nous n'avons pas contrôlé l'influence potentielle de ces variables psycho-sociales. En conséquence, il serait intéressant que les futures recherches examinent l'influence que peuvent exercer ces facteurs psycho-sociaux sur l'élaboration des jugements subjectifs en mémoire épisodique chez les personnes âgées. Une manière de tester directement l'hypothèse selon laquelle les participants âgés seraient plus sensibles que les participants jeunes aux essais de la tâche pour lesquels ils ne parviennent pas à récupérer l'information en mémoire, consisterait à manipuler expérimentalement le taux de réussite des participants. Concrètement, nous pourrions créer une tâche de mémoire similaire à celle utilisée dans les études de ce travail de thèse. Des participants jeunes et âgés mémoriseraient des images associées à des titres. A la récupération, sur base des titres, les participants devraient indiquer s'ils se souviennent avoir vu l'image associée et si oui, devraient juger la vivacité de leurs souvenir. Avant la phase de récupération, il serait indiqué aux participants que l'ensemble des titres a été présenté précédemment. Le taux de réussite des participants pourrait être manipulé en insérant des titres non-vus lors de l'encodage dans une condition mais pas dans une autre, de sorte que les participants indiquent ne pas se souvenir des images associées aux titres nouveaux et que ces essais soient traités comme des échecs de récupération par les participants. Si notre hypothèse selon laquelle les participants âgés augmentent l'intensité de leurs jugements subjectifs en raison des échecs de récupération à la tâche de mémoire est exacte, le groupe de participants âgés auquel des titres nouveaux ont été présentés devrait émettre des jugements subjectifs plus élevés que les participants âgés auxquels aucun titre nouveau n'a été présenté.

D'un point de vue méthodologique, la surestimation des jugements de vivacité par les participants âgés pourrait également résulter d'une utilisation modifiée de

l'échelle de Likert. En effet, si les participants âgés utilisent et interprètent les différents points de l'échelle de Likert différemment par rapport aux participants jeunes, il se pourrait qu'ils ancrent involontairement leurs jugements plus haut que les participants jeunes. Par exemple, les participants âgés pourraient considérer que des représentations faiblement et hautement vivaces correspondent respectivement à des jugements de 2 et 5 sur l'échelle de Likert s'échelonnant de 1 à 5 alors que les mêmes représentations recevraient des jugements de 1 et 4 chez les participants jeunes. Bloise (2008) a mené une étude visant à examiner dans quelle mesure la disparité entre recollection objective et subjective dans le vieillissement normal pouvait résulter du fait que les participants âgés utilisent les échelles de Likert différemment que les personnes jeunes pour juger de la qualité de leurs souvenirs. Dans cette étude, des participants jeunes et âgés mémorisaient des images associées à des titres descriptifs. A la récupération, sur base des titres, les participants devaient évaluer plusieurs caractéristiques phénoménologiques de leurs souvenirs (aspects perceptuels et émotionnels des stimuli et les pensées générées lors de l'encodage des images) en utilisant soit une échelle de Likert (0 à 5) soit une échelle de type General Labelled Magnitude Scale (gLMS) (Bartoshuk, Fast, & Snyder, 2005). Les échelles gLMs consistent en une ligne continue à l'extrémité de laquelle sont indiqués deux labels : « pas de sensation » et « sensation la plus forte possible ». Typiquement, les participants de deux groupes d'intérêt (p. ex : des personnes jeunes avec de très bonnes capacités gustatives vs. des personnes jeunes contrôles) étaient invités à utiliser ce type d'échelle pour évaluer subjectivement une dimension (p. ex : le goût d'un produit) en utilisant plusieurs sensations comme points de référence (p. ex : regarder le soleil, imaginer le bruit d'un restaurant). Selon Bartoshuk et ses collaborateurs, les sensations de référence sont censées être perçues de façon comparable par les participants des deux groupes si bien que les jugements pour le goût du produit sur la même échelle devraient être réalisés selon les mêmes points de référence par les participants des deux groupes. Garantir ainsi des points de référence communs

permettrait de minimiser les différences dans l'utilisation de l'échelle entre les deux groupes (Bartoshuk et al., 2005). Les résultats de l'étude de Bloise ont mis en évidence que les participants âgés émettaient des jugements équivalents ou supérieurs par rapport aux participants jeunes que l'échelle soit de type Likert ou gLM (Bloise 2008, voir aussi Mitchell & Hill, 2019).

D'après ces résultats, une différence de groupe dans l'utilisation de l'échelle de Likert ne serait pas un facteur explicatif suffisant de la surestimation de la vivacité du souvenir par les personnes âgées (Mitchell & Hill, 2019). Toutefois, la validité de l'utilisation de sensations physiques imaginées comme points de référence pour des échelles de type gLM dans le cadre du vieillissement normal pourrait être questionnée. En effet, le postulat sous-jacent à cette méthode est que tous les participants imaginent et interprètent les sensations de référence (p. ex : la lumière du soleil) de la même façon (Bartoshuk et al., 2005), si bien qu'ils se basent sur les mêmes points de référence pour juger du goût du produit à tester. Or, rien ne garantit que des participants jeunes et âgés imaginent et interprètent les sensations de référence de la même manière. En effet, les capacités sensorielles changent avec l'âge, affectant par exemple l'acuité visuelle et auditive (Roberts & Allen, 2016). De plus, les capacités d'imagerie mentale semblent se dégrader avec l'avancée en âge, si bien que les personnes âgées peuvent éprouver des difficultés à créer et à maintenir des images mentales riches et complexes (De Beni, Pazzaglia, & Gardini, 2007). Ainsi, si les participants âgés ne jugent pas les sensations de référence de la même manière que les participants jeunes, il est probable qu'ils n'ancrent pas leurs jugements de vivacité par rapport aux mêmes points de référence ce qui, à terme, ne rendrait pas les jugements de vivacité des participants des deux groupes d'âges comparables. Une possibilité pour pallier à cette faiblesse méthodologique potentielle serait de présenter un standard de référence visuel concret, évitant le recours à l'imagination sensorielle par les participants. Dans la mesure où la vivacité désigne la clarté d'une image mentale

par rapport à une expérience de perception consciente (D'Angiulli & Reeves, 2007), la clarté d'une représentation mentale peut varier d'une représentation floue et obscure à une image mentale claire et proche de la réalité telle qu'elle est perçue. Compte tenu de ceci, nous proposons une nouvelle échelle de vivacité sur laquelle sont représentés différents niveaux de clarté d'une image (voir Figure 15).



Figure 15. A. Echelle continue classique utilisée pour évaluer la vivacité (voir Korkki et al., 2020 pour un exemple). B. Nouvelle échelle proposée. En dessous de l'échelle sont représentés 4 niveaux de clarté d'une même image que le participant peut utiliser comme référence pour réaliser son jugement.

Lorsqu'ils se souviennent d'une image précédemment mémorisée, les participants pourraient se référer à cette échelle visuelle pour ancrer leurs jugements de vivacité. Si la cause de l'ancrage des jugements subjectifs des participants âgés plus haut que ceux des jeunes est une utilisation différentielle de l'échelle de Likert par les deux groupes d'âge, nous pourrions émettre l'hypothèse suivante : en utilisant une échelle gLM avec référence visuelle, les participants âgés, dont les représentations mentales sont moins riches et détaillées (étude 1 et 2) devraient émettre des jugements de vivacité d'intensité plus basse que les participants jeunes.

Outre le fait que les jugements de vivacité des participants âgés soient supérieurs à ceux des participants jeunes, il semble que l'intensité de ces jugements varie dans une moindre mesure avec la quantité de détails épisodiques récupérés (études 1, 2, 3 et 4). Ainsi, il se pourrait que les participants âgés ne se basent pas autant que les participants jeunes sur les détails épisodiques pour juger, subjectivement, de la vivacité de leurs souvenirs. Dans la prochaine section, nous discuterons des hypothèses formulées pour expliquer cette différence dans le type d'information utilisé pour juger de la qualité d'une trace mnésique entre participants jeunes et âgés.

3.3.2 Participants jeunes et âgés utilisent-ils le même type d'information pour réaliser un jugement subjectif en mémoire?

D'après McDonough et ses collaborateurs (2014), les participants âgés se baseraient davantage que les participants jeunes sur des détails erronés/distordus pour juger de la vivacité de leurs souvenirs. Les données de l'étude 1 ont révélé que les participants âgés rappelaient plus de détails erronés que les participants jeunes, un résultat potentiellement attribuable au fait que les personnes âgées se basent plus sur leurs connaissances sémantiques relatives au monde environnant que les personnes jeunes lorsqu'ils se remémorent des stimuli encodés en mémoire épisodique (Umanath & Marsh, 2014). Toutefois, l'ajout de ces détails erronés aux détails des images correctement rappelés ne changeait pas le profil de résultat initialement observé, à savoir que le nombre de détails prédisait l'intensité des jugements de vivacité de façon plus importante chez les participants jeunes que chez les participants âgés (étude 1). Autrement dit, il semble que les participants âgés ne se basent pas plus sur des détails erronés que les participants jeunes pour juger subjectivement de la qualité de leurs souvenirs.

Le vieillissement normal est associé à une diminution de la capacité à récupérer les détails précis (information verbatim) d'événements passés en mémoire alors que

la mémoire pour la signification générale (information gist) de ces événements semble préservée (Flores et al., 2017). Sur base de ces observations, nous avons émis l'hypothèse que les participants âgés se baseraient davantage sur le gist de leur souvenir des images que les participants jeunes pour en juger la vivacité (étude 5). Cette hypothèse expliquerait pourquoi la quantité de détails remémorés prédisait l'intensité des jugements de vivacité dans une moindre mesure chez les participants âgés par rapport aux jeunes dans l'étude 1. Grâce à l'utilisation d'une induction orientant l'attention des participants vers le gist, nous espérons observer que les participants jeunes se baseraient moins sur les détails épisodiques de la trace pour juger de la vivacité de leurs souvenirs. Nos données n'ont cependant pas mis en évidence ce pattern de résultat et n'ont donc pas permis de soutenir l'hypothèse selon laquelle le fait de se baser plus sur le gist des souvenirs modifie le lien entre vivacité et détails épisodiques (étude 5). Une possibilité pour expliquer le fait que l'induction orientée vers le gist n'ait pas permis d'influencer le type d'information utilisée par les participants jeunes pour émettre un jugement de vivacité, serait que les participants jeunes ont l'habitude de traiter les détails épisodiques spécifiques et de les utiliser pour juger subjectivement de la qualité de leurs souvenirs. Une induction orientée vers le gist de quelques minutes ne suffirait donc pas à changer le mode de traitement des participants jeunes lorsqu'ils élaborent des jugements subjectifs de recollection. L'hypothèse selon laquelle les participants âgés se basent plus sur le gist que les personnes jeunes pour élaborer leurs jugements de vivacité devra donc être évaluée dans des études utilisant d'autres paradigmes.

Bien que la moins bonne calibration des jugements de vivacité des participants âgés s'explique plus que probablement par le fait qu'ils se basent dans une moindre mesure sur les détails épisodiques remémorés que les participants jeunes, il est également probable qu'elle soit due à une difficulté pour les participants âgés à ajuster leur critère sous-tendant la réalisation d'un jugement de

vivacité d'un essai à l'autre de la tâche (étude 6). Plus spécifiquement, les données de l'étude 6 suggèrent que les participants âgés n'ajustent pas le critère de vivacité qu'ils utilisent pour élaborer leurs jugements subjectifs selon le contexte dans lequel ils se trouvent. Cette observation est renforcée par la visualisation des jugements de vivacité moyens des participants jeunes et âgés à travers les différents blocks de la tâche (voir Figure 15). Comme le montre la Figure 15, les jugements de vivacité moyens des participants jeunes pour les images de mémorabilité moyenne évoluent avec un profil en dent de scie à travers les blocks de haute et basse mémorabilité alors que les jugements moyens des participants âgés pour ces mêmes images ne semblent pas varier au cours de la tâche.

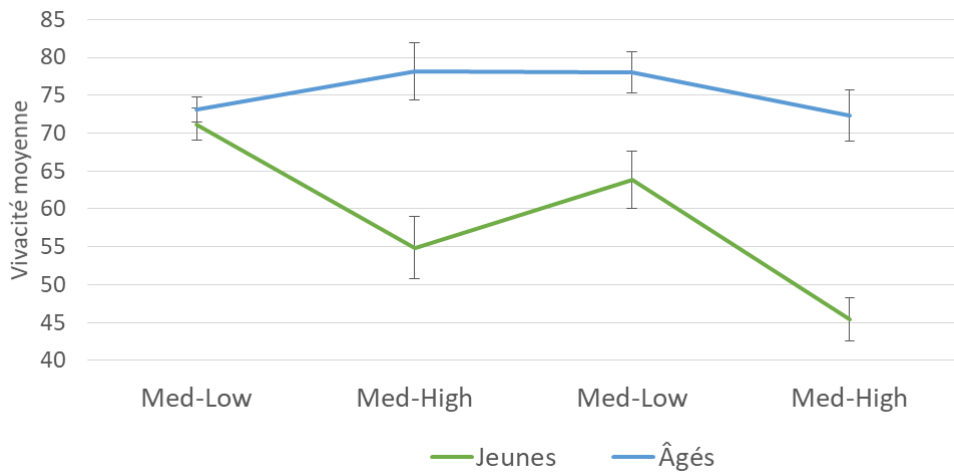


Figure 15. Illustration des jugements de vivacité moyens sur une échelle de 0 à 100 des participants jeunes et âgés pour les images de mémorabilité moyenne à travers les différents blocks de la tâche de l'étude 6.

Le critère utilisé pour déterminer la vivacité d'un souvenir semble donc moins susceptible de varier d'un essai à un autre de la tâche chez les participants âgés par rapport aux jeunes, ce qui pourrait, à terme, impacter négativement la calibration de leurs jugements subjectifs par rapport à la quantité objective de détails qu'ils récupèrent en mémoire.

Enfin, il est intéressant de constater que la plus faible relation entre la quantité de détails récupérés et l'intensité des jugements subjectifs chez les participants âgés par rapport aux jeunes n'a été observée que pour les jugements de vivacité (études 1, 2 et 3). Dans l'étude 3, le nombre d'unités d'expérience prédisait l'intensité des autres jugements subjectifs (reviviscence, détails visuels, disposition spatiale et pensées) relatifs à la remémoration du parcours de façon comparable chez les participants jeunes et âgés. Ces résultats suggèrent que le degré de calibration des jugements subjectifs des participants âgés par rapport à la richesse objective de leurs souvenirs dépend de la nature de la dimension phénoménologique évaluée. Il se pourrait que les échelles de reviviscence, des détails visuels, de la disposition spatiale ou des pensées se réfèrent à des dimensions concrètes et plus facilement identifiables que la vivacité, d'autant plus quand elles font référence à des événements multimodaux réellement vécus. Dans les études futures, il serait intéressant d'examiner dans quelle mesure les consignes relatives aux jugements de vivacité données aux participants peuvent influencer leur compréhension du concept, et à terme, la calibration de leurs jugements subjectifs.

Prises ensemble, les études réalisées dans le cadre de ce travail de thèse montrent que les personnes âgées se basent moins que les personnes jeunes sur les détails épisodiques d'une trace récupérée en mémoire pour en juger, subjectivement la vivacité. Nos données ne nous permettent cependant pas d'affirmer que les personnes âgées se basent également sur d'autres types d'informations que les personnes jeunes comme cela a déjà été proposé précédemment (Johnson et al., 2015). Cette proposition nous semble pertinente et nous présenterons différentes pistes de recherches permettant de l'évaluer dans la suite de la présente section.

Comme nous venons de le mentionner, il a été proposé que les participants âgés se basent sur d'autres types d'informations que les personnes jeunes pour juger de la vivacité de leurs souvenirs en partie parce que les deux groupes d'âge se

focalisent sur des informations différentes déjà lors de la phase d'encodage (Mitchell & Hill, 2019). Cette hypothèse a été spécifiquement examinée dans une étude en IRMf menée par Bloise et ses collaborateurs (2008). Dans cette étude, des participants jeunes et âgés visionnaient des images associées à des titres dans le scanner. Quelques semaines après, les participants étaient soumis à un test de mémoire surprise au cours duquel ils devaient se souvenir des images sur base des titres et devaient évaluer différentes dimensions de leur expérience subjective (vivacité, détails visuels et réaction personnelle). Les auteurs ont mis en lien l'intensité des jugements subjectifs lors de la remémoration des images avec l'activité cérébrale des participants lors de l'encodage de ces mêmes images. Les résultats ont révélé que les jugements subjectifs concernant les détails visuels des participants jeunes étaient corrélés à l'activité du cuneus (une région impliquée dans le traitement visuel de stimuli (Makino, Yokosawa, Takeda, & Kumada, 2004)) lors de l'encodage, ceci suggérant que les participants jeunes se sont basés sur les détails visuels de leurs souvenirs pour émettre leurs jugements subjectifs (Mitchell & Johnson, 2009). De façon intéressante, les jugements des participants âgés concernant les détails visuels étaient corrélés à l'activité du cortex cingulaire postérieur lors de l'encodage, une région que les auteurs associent au traitement autoréférentiel des stimuli (Mitchell & Johnson, 2009). De plus, l'intensité des jugements pour les détails visuels était négativement corrélée avec l'activité lors de l'encodage du gyrus frontal inférieur, une région impliquée dans la remémoration autobiographique (Greenberg et al., 2005). Ces données suggèrent que les participants âgés, lors de certains essais, engagent des processus de récupération d'informations à caractère personnel (Mitchell & Johnson, 2009). Lors de la présentation d'une image (p. ex : une cuisine), il se pourrait que les participants âgés récupèrent des souvenirs (p. ex : « le moment où je me suis blessé en coupant des tomates, quelques jours auparavant ») ou des informations sémantiques (p. ex : « cette cuisine ressemble à celle de mes parents ») personnelles. Plutôt que les détails visuels, le rappel de ces informations

personnelles pourrait déterminer, au moins en partie, les jugements subjectifs en mémoire des participants âgés, de sorte qu'une évocation personnelle importante amènerait à une expérience vivace de recollection (Mitchell & Hill, 2019; Mitchell & Johnson, 2009).

Lorsque nous évaluons subjectivement la qualité de nos souvenirs, nous nous basons sur des détails épisodiques spécifiques (études 1, 2, 3, 4 et 5), mais il est probable que nous nous basions également sur des sentiments ou des sensations propres à l'expérience de récupération en mémoire. Ainsi, nos jugements relatifs à la qualité de nos traces mnésiques ne seraient pas déterminés uniquement par le « quoi » de nos souvenirs mais également par le « comment » ils sont récupérés (Echterhoff & Hirst, 2006). Il a par exemple été montré qu'une plus grande facilité de récupération d'une connaissance sémantique était associée à un jugement subjectif de confiance plus élevé (Kelley & Lindsay, 1993). De façon comparable, les souvenirs épisodiques associés à un sentiment de facilité de récupération important sont généralement jugés comme étant plus vivaces que les souvenirs difficilement récupérés en mémoire (Echterhoff & Hirst, 2006; Winkielman, Schwarz, & Belli, 1998). Ainsi, la facilité de récupération perçue par les participants serait susceptible d'influencer l'intensité de leurs jugements de vivacité. Dans les tâches de reconnaissance en mémoire épisodique, certains items peuvent être associés à une impression de fluence lors de leur traitement (Yonelinas, 2002). Cette impression de fluence ou de facilité de traitement de l'item peut être attribuée par le participant au fait qu'il l'a déjà vu auparavant, si bien que cet item sera reconnu sur base de la familiarité. L'impression de traiter facilement un item peut donc être la base d'un sentiment d'exposition préalable dans une tâche de mémoire épisodique. Le vieillissement normal est caractérisé par une préservation du processus de familiarité dans les tâches de reconnaissance (Koen & Yonelinas, 2014 ; 2016) et les participants âgés sont aussi susceptibles que les participants jeunes d'être influencés par la fluence perçue lors du traitement d'un item (Parks

& Totii, 2006; Thapar & Westerman, 2009). Dans ce contexte, il se pourrait que les participants âgés, dont la capacité à traiter la fluence et à l'attribuer à une exposition passée demeure préservée, se basent davantage sur la facilité de récupération d'un souvenir que les personnes jeunes pour en juger la vivacité.

Une expérimentation est actuellement en cours afin d'évaluer cette dernière hypothèse. Dans cette étude, des participants jeunes et âgés mémorisent des images associées à des titres. Lors de la récupération, sur base des titres, les participants doivent juger la vivacité de leurs souvenirs pour les images. Avant la présentation de chaque titre, une amorce « similaire » (le même mot que le titre) ou « dissimilaire » (un mot différent que le titre mais de même longueur) est présentée durant 34 ms (voir Jacoby & Whitehouse, 1989). Dans ce paradigme classique où les amorces précèdent les items dans une tâche de reconnaissance, les amorces « similaires » induisent une facilité de traitement que le participant attribue au fait qu'il a déjà vu l'item, générant ainsi un sentiment de familiarité (même si l'item n'a jamais été présenté). Dans notre étude, nous émettons l'hypothèse que la présentation de l'amorce « similaire » devrait amener les participants à émettre des jugements de vivacité plus élevés que lorsque l'amorce « dissimilaire » est présentée. Ceci s'expliquerait par le fait que l'amorce « similaire » déclenche un sentiment de facilité de traitement à l'égard du titre, facilité qui serait attribuée (de manière illusoire) au sentiment d'avoir un souvenir plus vif et détaillé de l'image. Si les participants âgés se basent plus sur la facilité de récupération pour juger de la qualité subjective de leurs souvenirs que les participants jeunes, alors nous devrions observer que cet effet de l'amorce sur l'intensité des jugements de vivacité est plus fort chez les participants âgés que chez les participants jeunes.

En résumé, il semble que les personnes âgées, par rapport à des personnes jeunes, surestiment l'intensité de leurs jugements subjectifs en mémoire épisodique. Cette surestimation pourrait s'expliquer par différents facteurs, soit isolés, soit

intervenant simultanément : un changement dans le seuil de vivacité fixé par les participants âgés (ceux-ci se contenteraient de moins de détails pour affirmer qu'un souvenir est « très vivace ») probablement en raison de changements métacognitifs ; un effet de désirabilité sociale par lequel les participants âgés surestiment (volontairement ou non) l'intensité de leurs jugements afin de se présenter sous une apparence positive d'un point de vue cognitif ; un besoin pour les participants âgés de se rassurer vis-à-vis de leurs capacités mnésiques qui se traduit par des jugements de vivacités élevés ; une utilisation différente des échelles pour ancrer leurs réponses. Nos données montrent également que les jugements subjectifs des participants âgés sont moins liés, d'un essai à un autre, à la quantité de détails qu'ils récupèrent objectivement en mémoire. Cette moins bonne calibration des jugements subjectifs des participants âgés pourrait résulter de plusieurs phénomènes : le fait que les participants âgés se basent spontanément sur d'autres types d'informations (pensées évoquées ou souvenirs personnels remémorés lors de l'encodage ; gist de la représentation mnésique ; facilité de récupération) que les participants jeunes ; les difficultés pour les participants âgés d'adapter leur critère de vivacité d'un essai à l'autre selon le contexte et les demandes liées à la tâche. Ces possibilités ne sont pas mutuellement exclusives et il est probable que chacun de ces différents facteurs influence, du moins dans une certaine mesure, l'expérience subjective en mémoire des personnes âgées. Dans la prochaine section, nous incorporerons les résultats des différentes études menées dans le cadre de ce travail de thèse, et plus particulièrement l'étude en IRMf (étude 2), dans une adaptation du modèle intégratif proposé par Bastin et al. (2019). Nous discuterons également de l'implication de nos résultats pour la conceptualisation théorique de l'expérience subjective en mémoire épisodique.

3.4 Proposition d'adaptation du modèle intégratif : Le cas de la recollection et des jugements de vivacité

Initialement, le modèle intégratif rassemblait les différentes conceptions et modélisations des processus de recollection et de familiarité dans les tâches de reconnaissance en mémoire épisodique (Bastin et al., 2019). Cette proposition d'adaptation du modèle intégratif, bien qu'étant une esquisse simplifiée du modèle de base, vise à adapter les différents composants du modèle à des tâches de rappel similaires à celles utilisées dans ce travail de thèse. De plus, nous prenons ici en compte certains des nombreux commentaires proposés par les chercheurs du domaine (voir les commentaires et les réponses correspondantes dans la version finale de Bastin et al., 2019). Enfin, une élaboration du modèle intégratif permettrait d'enrichir les propositions théoriques formulées pour rendre compte de l'expérience subjective en mémoire dans le modèle initial.

Le modèle intégratif proposé dans ce travail se base également sur l'existence de systèmes des représentations sous-tendant les traces mnésiques (dont l'altération entraîne une incapacité à récupérer des détails d'événements passés), et d'un système d'attribution qui traite les traces réactivées et les transforme en une expérience subjective selon le contexte ou les demandes de la tâche (Figure 16 adapté de Bastin et al., 2019).

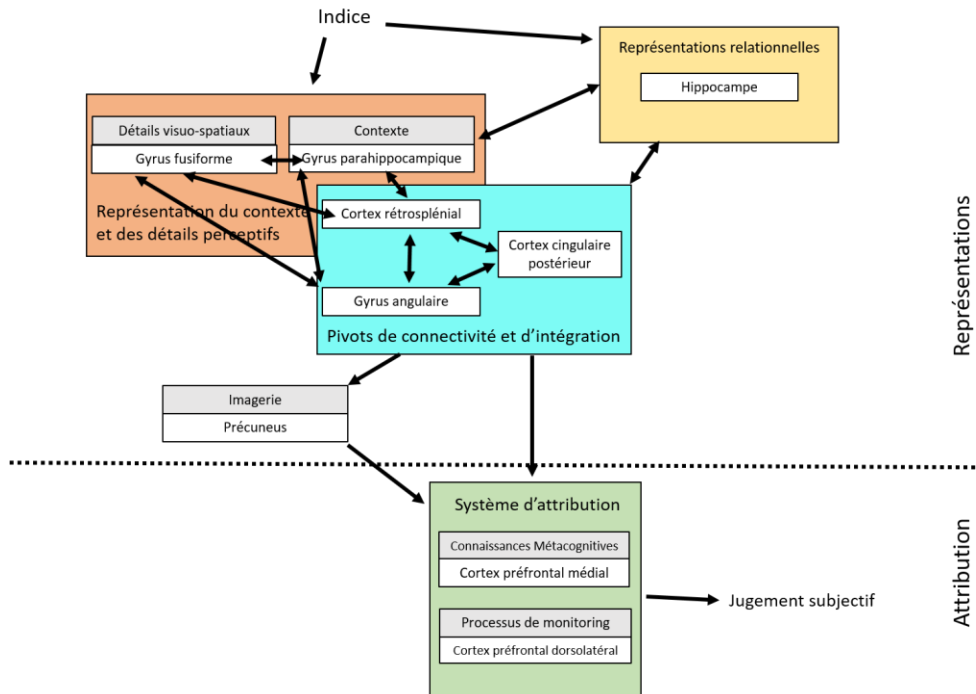


Figure 16. Proposition d'adaptation du modèle intégratif proposé par Bastin et al., (2019).

Prenons pour exemple une tâche de rappel indicé dans laquelle les participants mémorisent des images de scènes associées à des titres (études 1, 2, 5 et 6), puis, à la récupération, se souviennent de l'image associée sur base des titres (voir Figure 16) et évaluent, subjectivement, la vivacité de la représentation mentale récupérée.

Le rôle de l'hippocampe qui agit comme un index (Teyler & Rudy, 2007) serait de stocker les représentations corticales associées à l'encodage des images en mémoire, incluant les détails visuelles de la scène, le lien avec le titre, ainsi que toutes autres associations générées par le participant (Bastin et al., 2019; Norman & Reilly, 2003; Rissman & Wagner, 2012; Xue, 2018). Lors de la recollection, l'hippocampe, sur base de l'indice externe (le titre) déclenchant la complétion du pattern (Yassa & Stark, 2012), recréerait la trace initiale, ce qui permettrait de récupérer une représentation riche et détaillée de l'image et de son contexte

d'encodage en réactivant les différentes représentations du souvenir stockées dans différentes régions du cerveau (Rissman & Wagner, 2012; Xue, 2018). Ces différentes représentations de l'image seraient stockées dans le système des représentations du contexte et des détails perceptifs (Figure 16). Dans celui-ci, la représentation du contexte serait soutenue par le gyrus parahippocampique recevant des afférences directes en provenance de l'hippocampe (Diana et al., 2007; Rugg & Vilberg, 2013; Staresina et al., 2013). Cette représentation contextuelle serait réactivée lors de la recollection (Bastin et al., 2019), si bien que le phénomène de réinstallation corticale peut être observé dans le gyrus parahippocampique (étude 2; Staresina et al., 2012). La restauration des détails spécifiques à l'image associée au titre serait sous-tendue par les régions occipito-temporales incluant le gyrus fusiforme (Bastin et al., 2019). Le gyrus fusiforme est impliqué dans le traitement des détails perceptifs (St-Laurent, Moscovitch, & McAndrews, 2016), des couleurs (Simmons et al., 2007), des visages (McCarthy, Puce, Gore, & Truett, 1996) et des objets (Bar et al., 2001). Ces différents détails représentés dans le gyrus fusiforme seraient réactivés lors de la réinstallation corticale associée aux images (étude 2; McDonough et al., 2014; St-Laurent et al., 2014; Wing et al., 2015), et le degré de réinstallation dans cette région serait corrélé à l'activité hippocampique à l'encodage (Danker, Tomparry, & Davachi, 2017; Wing et al., 2015). Le cortex rétrosplénial stockerait des représentations liées au traitement des aspects contextuels des scènes remémorées, ce qui expliquerait pourquoi nous l'avons inclus dans le système des représentations du contexte et des détails perceptifs. Plus spécifiquement, le cortex rétrosplénial serait impliqué dans le traitement du contexte (Aminoff & Bar, 2003) et du point de vue (Epstein, 2008) relatifs à l'image de scène remémorée. Ainsi, lors de la recollection, ceci expliquerait pourquoi cette région est mise en évidence dans les analyses de réinstallation corticale contrastant le niveau item et le niveau set (étude 2; Bird et al., 2015; Chen et al., 2017; Oedekoven et al., 2017; Wing et al., 2015). Le cortex rétrosplénial jouerait également un rôle de relais de

connectivité entre l'hippocampe, le gyrus parahippocampique et les régions sensorielles, justifiant ainsi sa position dans le système des pivots de connectivité et d'intégration (Figure 16; Bastin et al., 2019).

Le cortex cingulaire postérieur est considéré comme un pivot de connectivité ne stockant pas de représentations mnésiques en soit (Bastin et al., 2019). Cette région assurerait ainsi un rôle de support dans la recollection en permettant de connecter de nombreuses régions frontales, préfrontales et pariétales entre elles, ceci permettant de réintégrer les différents aspects (p. ex : autoréférentiels) d'une trace mnésique réactivée (Bastin et al., 2019). Ainsi, ce rôle de réintégration des détails épisodiques expliquerait pourquoi une augmentation de l'activité cérébrale dans le cortex cingulaire postérieur est observée lors de la recollection d'items (Rugg & Vilberg, 2013) ou d'images de scènes (étude 2). Un cluster incluant en partie le cortex cingulaire postérieur a également été observé dans de nombreuses études examinant le phénomène de réinstallation corticale et comparant les niveaux item et set (étude 2; Bird et al., 2015; Chen et al., 2017; Oedekoven et al., 2017; Wing et al., 2015). Comment expliquer l'observation d'une similarité entre les patterns de l'encodage et de la récupération dans cette région ? Le cortex cingulaire postérieur fait partie intégrante du réseau du mode par défaut, un réseau cérébral impliqué dans différentes tâches cognitives telles que la recollection d'événements passés, la création de scénarios fictifs ou la projection de soi dans le futur (Buckner et al., 2008; Schacter & Addis, 2007; Schacter et al., 2008, 2012, 2017). Ainsi, il a été proposé que le réseau du mode par défaut soutendrait la création/la récupération de modèles mentaux utilisables dans divers tâches et contextes (Buckner et al., 2008). Il est également impliqué dans le traitement de récits narratifs, ce qui suggère qu'il pourrait avoir pour fonction le traitement des aspects « haut-niveaux » (aspects narratifs ou situationnels) de l'expérience (Honey, Thompson, Lerner, & Hasson, 2012; Simony et al., 2016). L'observation d'un effet de réinstallation corticale dans le cortex cingulaire

postérieur (étude 2; Bird et al., 2015; Oedekoven et al., 2017; Wing et al., 2015) pourrait dès lors s'expliquer par le fait que cette région fait partie intégrante du réseau du mode par défaut, un système impliqué dans le traitement, la construction et la récupération de modèles narratifs et mentaux. Ainsi, bien que le cortex cingulaire postérieur ne stocke pas de représentations mnésiques à proprement parlé, nous proposons qu'il interviendrait dans le traitement des aspects narratifs et situationnels des stimuli lors de l'encodage et de la récupération en mémoire. En outre, cette interprétation permettrait d'expliquer pourquoi une similarité des représentations neuronales entre plusieurs participants se remémorant les mêmes vidéos/portions de films peut être observée dans le cortex cingulaire postérieur (Chen et al., 2017; Oedekoven et al., 2017). En effet, l'observation de cette similarité inter-sujets s'expliquerait par le fait que les participants partagent une représentation commune des éléments situationnels et de la trame narrative de l'événement remémoré (Chen et al., 2017).

Dans le modèle intégratif initial, les régions pariétales inférieures telles que le gyrus angulaire sous-tendent les mécanismes d'attention bottom-up (Bastin et al., 2019), une vision cohérente avec les théories selon lesquelles l'activité dans le gyrus angulaire lors de la recollection serait le reflet d'une capture attentionnelle par les détails réactivés (Cabeza et al., 2012, 2008; Rugg & King, 2018). Ce rôle attentionnel des régions pariétales a été critiqué par plusieurs chercheurs (voir commentaires de Tibon et Axmacher dans Bastin et al., 2019). En effet, selon eux, le gyrus angulaire, et plus globalement, les régions pariétales inférieures, devraient se situer dans le système des représentations. Cette proposition serait soutenue par l'observation que des représentations spécifiques aux items sont décodables dans le gyrus angulaire lors de la recollection (Kuhl & Chun, 2014; Thakral et al., 2017). Ainsi, le gyrus angulaire ne représenterait pas seulement le succès de la recollection mais également la nature de l'information remémorée (Kuhl & Chun,

2014). Il est intéressant de noter que le phénomène de réinstallation corticale, tel que mesuré avec des analyses de similarité des représentations, a été observé dans le gyrus angulaire dans les tâches utilisant des vidéos/films (Bird et al., 2015; Chen et al., 2017; Oedekoven et al., 2017) mais pas dans les études utilisant des stimuli statiques tels que des images de scènes (étude 2; Wing et al., 2015; voir aussi Staresina et al., 2012).

Une façon d'expliquer ce pattern de résultat serait que les vidéos sont des stimuli constitués de plusieurs modalités sensorielles (visuelles et auditives) tandis que les images de scènes sont foncièrement visuelles. Le gyrus angulaire soutiendrait l'intégration multisensorielle des traces réactivées lors de la récupération en mémoire (Bonnici et al., 2018; Yazar, Bergström, & Simons, 2017), bien que l'engagement du gyrus angulaire dans la réactivation d'une trace multisensorielle soit dépendant des demandes de la tâche et du type de trace réactivée (Tibon et al., 2019). Cette fonction d'intégration du gyrus angulaire justifie son incorporation dans le système des pivots de connectivité et d'intégration dans la proposition d'adaptation du modèle intégratif. Cette fonction d'intégration du gyrus angulaire expliquerait aussi son implication dans l'évaluation subjective d'une trace mnésique (Tibon et al., 2019; Yazar et al., 2012, 2014) puisqu'il serait nécessaire de considérer l'ensemble des éléments sensoriels réactivés en mémoire pour juger de la qualité subjective d'un souvenir. Afin de rendre compte de l'activation du gyrus angulaire dans la récupération de représentations multi-sensorielles en mémoire épisodique, une proposition alternative à celle de Tibon (2019) suggère que la réactivation des éléments mnésiques contextuels (qui, quoi, où, quand ?) serait sous-tendue par les régions du lobe temporal interne et que le gyrus angulaire intégrerait ces différents éléments en y ajoutant des détails perceptifs riches et des informations émotionnelles, permettant ainsi de générer une trace mnésique riche et vivace (Ramanan & Bellana, 2019; Ramanan, Piguet, & Irish, 2018). Cette proposition théorique pourrait par ailleurs expliquer pourquoi les patients

souffrant de lésions pariétales ou les sujets sains subissant une stimulation inhibitrice du gyrus angulaire émettent des jugements subjectifs inférieurs par rapport aux participants contrôles alors que leurs performances en mémoire de source sont comparables (Simons et al., 2010; Yazar et al., 2014). Si on se réfère à cette proposition théorique, la récupération du contexte de l'évènement serait sous-tendue par les régions du lobe temporal médial, ce qui permettrait aux participants, peu importe le groupe, de répondre à la question de mémoire de source, tandis que le jugement subjectif nécessiterait de considérer l'évènement récupéré dans sa globalité et de façon intégrée, un processus qui reposerait sur le gyrus angulaire et qui serait détérioré chez les patients ou interrompu chez les sujets sains stimulés.

Le précuneus n'était initialement pas représenté dans le modèle intégratif, principalement en raison du fait que cette région sous-tend plutôt l'imagerie des aspects visuo-spatiaux du souvenir (étude 2; Richter et al., 2016; St-Laurent et al., 2015), une composante absente des tâches de reconnaissance. Le précuneus serait par contre impliqué dans les tâches de recollection ou rappel indicé (McDonough et al., 2014; Wheeler et al., 2000). Il est donc nécessaire de l'inclure dans notre proposition d'adaptation du modèle intégratif. Cette région intervient dans les processus d'imagerie mentale (Dijkstra et al., 2017; Fulford et al., 2018) et sous-tendrait la récupération d'une représentation riche et détaillée de l'image remémorée, dont les différents éléments ont été réactivés dans le gyrus parahippocampique, le gyrus fusiforme et le cortex rétrosplénial. Alors que le gyrus angulaire aurait un rôle intégratif des différents éléments composant un souvenir (Richter et al., 2016; Yazar et al., 2012, 2017), le précuneus jouerait un rôle dans le traitement des aspects visuo-spatiaux de la trace réactivée (Cavanna & Trimble, 2006). Cette capacité à explorer mentalement les aspects visuo-spatiaux d'une représentation mnésique permettrait d'en évaluer, subjectivement, la richesse et donc d'émettre un jugement sur la qualité de la trace réactivée.

L'intensité d'un jugement de vivacité correspond à la clarté d'une image mentale par rapport à une expérience de perception consciente et elle est le reflet de la quantité d'informations épisodiques qui peuvent être récupérées en mémoire (D'Angiulli & Reeves, 2007; D'Angiulli et al., 2013). Ainsi, lorsque les participants se remémorent des images de scène, l'intensité des jugements de vivacité est prédite, essai par essai, par la capacité à se souvenir des propriétés physiques (luminosité/saillance visuelle : Cooper et al., 2019), des détails épisodiques dans leur ensemble (études 1, 2, 4, 5) et des détails perceptifs (couleurs, texture, forme et taille des éléments représentés, étude 1) des images.

En outre, l'intensité d'un jugement de vivacité est dépendante des mécanismes de monitoring et des connaissances métacognitives supportés respectivement par le cortex préfrontal médial et le cortex préfrontal dorsolatéral (Bastin et al., 2019). Par exemple, les processus de monitoring permettent d'évaluer la qualité de l'information récupérée afin de lui donner un poids dans le jugement subjectif (Bastin et al., 2019; Johnson, 1988; Johnson et al., 1993; Mitchell & Johnson, 2009). Ce poids donné à chaque type de détail peut varier selon la nature de l'événement. Ainsi, lorsque des participants se remémorent des souvenirs à forte teneur émotionnelle (p. ex : un accident de voiture), il est probable qu'ils donnent plus de poids à certains détails saillants et qualitativement importants (p. ex : une blessure apparente ou la sirène des véhicules de secours) qu'à d'autres (p. ex : la couleur de la voiture accidentée) pour émettre un jugement subjectif en mémoire (Kensinger et al., 2011), si bien que l'intensité du jugement subjectif pour des événements émotionnellement forts n'est pas forcément le reflet de la quantité d'informations récupérées en mémoire (Phelps & Sharot, 2008). Par ailleurs, la réalisation d'un jugement de vivacité est liée aux connaissances métacognitives qui permettent au participant de fixer un critère de décision afin de déterminer si un souvenir est « peu vivace » ou « très vivace » (St-laurent et al., 2011a). Par exemple, un participant donné va peut-être considérer qu'il faut récupérer entre 7

et 10 détails pour considérer qu'un souvenir est vivace et mérite de recevoir un jugement de 5 sur l'échelle de Likert. Ceci implique que deux souvenirs comportant respectivement 7 et 9 détails, bien que, quantitativement d'une richesse différente, vont recevoir le même jugement (étude 5).

Le critère utilisé par le participant pour élaborer un jugement subjectif en mémoire peut varier selon le contexte dans lequel l'expérience mnésique a lieu (Bastin, et al., 2019). Par exemple, les taux de réponses de recollection subjective pour des questions moyennement difficiles lors d'un interview concernant un témoignage oculaire diffèrent selon que ces questions sont précédées de questions faciles ou difficiles (Bodner & Richardson-Champion, 2007). Ceci pourrait s'expliquer par le fait que la définition/le critère que les participants utilisent pour déterminer qu'une expérience mnésique est sous-tendue par de la recollection change selon le contexte (Bodner & Richardson-Champion, 2007; voir aussi Bodner & Lindsay, 2003). Il a également été suggéré que les questions faciles et difficiles créeraient des attentes chez les participants. Les questions moyennement difficiles seraient traitées en regard de ces attentes si bien que cela influencerait le critère utilisé par les participants pour émettre des jugements subjectifs de recollection (McCabe & Balota, 2007). Ainsi, comme nous l'avons montré dans l'étude 6, l'élaboration d'un jugement de vivacité est dépendante des processus d'attribution qui permettent au participant d'adapter son critère de décision selon ses attentes, elles-mêmes modulées par le contexte et les demandes liées à la tâche (étude 6; Bastin et al., 2019).

Comment le vieillissement normal impacte-t-il les différents composants du modèle que nous venons de décrire ? Sur base de l'ensemble des travaux de recherches menés dans le cadre de ce travail de thèse, nous suggérons que l'hippocampe, sur base d'un indice, réactive des traces neuronales moins spécifiques et différenciées dans le système de représentation du contexte et des détails perceptifs chez les personnes âgées. Ainsi, le vieillissement est associé à

une réduction du phénomène de réinstallation corticale dans le gyrus fusiforme et parahippocampique (étude 2; McDonough et al., 2014; St-Laurent et al., 2014) ainsi que dans le cortex cingulaire postérieur/rétrosplénial (étude 2). Cette réactivation de traces moins spécifiques au niveau cérébral se traduit par la récupération et le rappel verbal d'un nombre réduit de détails épisodiques (études 1, 2), notamment perceptifs (étude 1). Les représentations unimodales des images remémorées par les participants jeunes et âgés ne sont pas associées à la réactivation de traces neuronales spécifiques dans le gyrus angulaire mais elles sont associées à une plus grande activité dans le précuneus chez les participants jeunes par rapport aux participants âgés (étude 2 ; McDonough et al., 2014). Cette différence d'activation observée dans le précuneus reflète probablement le fait que les représentations mentales récupérées par les participants âgés sont moins détaillées que celles des participants jeunes (études 1, 2), bien qu'il soit également possible que les capacités d'imagerie mentale des participants âgés soient moins efficaces que celles des jeunes (De Beni et al., 2007; Palladino & De Beni, 2003).

Cette trace appauvrie est traitée grâce aux processus d'attribution afin d'en juger, subjectivement la vivacité (Bastin et al., 2019). Lorsque les participants âgés élaborent des jugements de vivacité, les processus de monitoring ne considèrent pas seulement les détails visuels de l'image mais également d'autres types d'informations, ce qui explique pourquoi l'intensité des jugements de vivacité est moins prédite par les détails épisodiques récupérés chez les participants âgés par rapport aux jeunes (études 1, 2, 3). Les participants âgés ancrent leurs jugements plus hauts sur l'échelle de Likert (étude 1, 2, 3, 6), peut-être parce qu'ils fixent différemment leur critère de décision que les participants jeunes afin de déterminer si un souvenir est « peu vivace » ou « très vivace » (St-laurent et al., 2011a), si bien qu'ils se contenteraient de moins de détails que les participants jeunes pour affirmer, subjectivement, que la trace récupérée en mémoire épisodique est riche et vivace (McDonough et al., 2014). Les participants âgés,

contrairement aux participants jeunes, n'ajustent pas ce critère de vivacité selon le contexte et les demandes de la tâche (étude 6), si bien que cela impacte négativement la calibration de leurs jugements subjectifs au cours d'une tâche.

Enfin, il convient de mentionner que nous avons observé, à travers les différentes études menées dans le cadre de cette thèse, que l'élaboration des jugements de vivacité par les participants jeunes et âgés est remarquablement rapide (environ 2 secondes : études 1, 2, 3, 6 ; McDonough et al., 2014). Il est probable que la réalisation si rapide de ces jugements subjectifs soit due au fait que le processus d'élaboration sous-jacent est automatique et se base sur des heuristiques mentales. Ces heuristiques nous permettraient de revivre certaines portions du passé de façon rapide et globale (Renoult & Rugg, 2020; Tulving, 2002), ce qui serait important d'un point de vue adaptatif. Être capable de se remémorer un événement passé rapidement et de façon vive et claire pourrait, par exemple, déterminer la confiance que nous avons en nos propres capacités mnésiques mais également la crédibilité et la confiance que les autres nous accordent lorsque nous interagissons avec eux (Mahr & Csibra, 2018). Ainsi, d'après l'hypothèse psychosociale mentionnée précédemment, les personnes âgées pourraient émettre des jugements de vivacité élevés pour se rassurer vis-à-vis de leurs propres capacités mnésiques et de leur fonctionnement cognitif en général ou simplement afin de paraître plus convaincants et crédibles auprès d'autrui. Pour accroître notre compréhension de la mémoire épisodique dans son ensemble, il serait pertinent d'examiner les fonctions fondamentales et adaptatives de l'expérience subjective en mémoire (Simons, Mitrenga, & Fernyhough, sous presse), mais également ses changements à travers l'âge.

3.5 Perspectives futures

Au-delà des pistes évoquées précédemment afin d'évaluer davantage les causes de la déconnexion entre recollection objective et subjective dans le vieillissement, deux autres grandes pistes de recherches mériteraient d'être examinées.

Premièrement, il serait intéressant d'évaluer dans quelle mesure les résultats observés dans les différentes études constituant ce travail de thèse peuvent être généralisés à d'autres domaines de la cognition. Dans la mesure où la remémoration d'événements passés et l'imagination d'événements pouvant potentiellement avoir lieu dans le futur, partagent des bases cognitives et neuronales communes (Schacter & Addis, 2007; Schacter et al., 2008, 2012, 2017; Thakral et al., 2019), l'expérience phénoménologique associée à la remémoration d'événements passés ou à l'imagination d'événements futurs est influencée de la même façon par des facteurs tels que les émotions ou la distance temporelle (D'Argembeau & Van der Linden, 2004). De plus, une étude récente suggère que la remémoration d'événements passés et l'imagination d'événements futurs associés aux mêmes personnes et à des contextes identiques partagent une similarité dans la phénoménologie associée à ces expériences (Thakral, Madore, & Schacter, 2019a). A l'instar de ce qui a été observé pour la remémoration d'événements épisodiques passés, les participants âgés émettent des jugements subjectifs équivalents ou supérieurs (De Brigard et al., 2016) mais rapportent moins de détails que les participants jeunes lorsqu'ils imaginent des événements pouvant se produire dans le futur (Addis et al., 2016; Gaesser et al., 2011; Madore et al., 2014; Madore & Schacter, 2016). Compte tenu de ces différentes observations, il serait intéressant d'examiner dans quelle mesure l'intensité de ces jugements subjectifs correspond à la richesse objective des représentations mentales des événements futurs chez les participants jeunes et âgés.

De façon similaire, l'imagination de scènes atemporelles (n'ayant lieu ni dans le passé ni dans le futur) est supportée, au moins partiellement, par les mêmes mécanismes que la mémoire épisodique pour des événements passés et l'imagination d'événements futurs (Hassabis, Kumaran, Vann, & Maguire, 2007). Lorsqu'ils jugent subjectivement la richesse d'images mentales de scènes imaginées, les participants âgés émettent des jugements d'intensité équivalente

ou supérieure que les participants jeunes. C'est par exemple le cas dans le questionnaire d'imagerie mentale VVIQ (voir étude 2), dans lequel les participants doivent imaginer divers aspects relatifs à une scène (p. ex : imaginer la devanture d'un magasin, l'étalage, la disposition des articles, le caissier, etc.). Certains auteurs suggèrent que les jugements subjectifs des participants âgés dans ces questionnaires ne refléteraient pas la richesse de leurs scènes imaginées (Pierce & Storandt, 1987), bien que cette possibilité n'ait, à notre connaissance, jamais été examinée. Il serait intéressant d'examiner cette question pour deux raisons. Premièrement, cela permettrait de comprendre si la surestimation/moindre calibration des jugements subjectifs chez les participants âgés est spécifique aux mécanismes de monitoring de mémoire épisodique ou si cela relève d'un changement dans des processus d'attribution plus généraux impliqués dans de nombreux processus cognitifs dont l'imagerie mentale. Deuxièmement, montrer que les jugements subjectifs des participants âgés ne correspondent pas à la richesse de leurs images mentales remettrait en question la pertinence de l'utilisation de questionnaires utilisant des échelles de Likert pour évaluer les capacités d'imagerie mentale des personnes âgées.

Un second axe de recherche méritant d'avantage d'attention concerne la généralisation du phénomène à d'autres populations que les personnes âgées saines. En particulier, la maladie d'Alzheimer est caractérisée par un déficit en mémoire épisodique et autobiographique (voir El Haj, Antoine, Nandrino, & Kapogiannis, 2015 pour une revue). De façon intéressante, les jugements subjectifs émis par les patients, lorsqu'ils se remémorent des événements passés, sont inférieurs à ceux des participants contrôles (Irish, Lawlor, O'Mara, & Coen, 2011). A notre connaissance, une seule étude a directement mis en lien les détails épisodiques récupérés et les jugements subjectifs associés (El Haj & Antoine, 2017). Dans cette étude, des patients souffrant d'une maladie d'Alzheimer et des participants âgés sains rappelaient des souvenirs épisodiques et évaluaient

différentes dimensions phénoménologiques associées à leurs expériences de remémoration (El Haj & Antoine, 2017). Les résultats de cette investigation ont mis en évidence une relation moins importante entre les jugements subjectifs et le rappel de détails épisodiques chez les patients par rapport aux sujets contrôles (El Haj & Antoine, 2017). Toutefois, dans cette étude, la relation était estimée en calculant un ratio entre les scores moyens des échelles subjectives et les scores moyens de la spécificité du rappel, si bien que la relation entre jugements subjectifs et quantité de détails épisodiques récupérés n'a pas été examinée avec une approche statistique essai par essai. Pour aller plus loin dans notre compréhension des symptômes comportementaux associés à la maladie d'Alzheimer, il serait pertinent d'examiner si la déconnexion entre recollection objective et subjective s'accroît avec l'apparition de la maladie.

De façon plus générale, nos connaissances sur le fonctionnement de la mémoire épisodique dans de nombreuses pathologies telles que l'autisme (Lind & Bowler, 2010) ou la dépression (Lemogne et al., 2006) pourrait bénéficier d'une comparaison entre les aspects objectifs et subjectifs de la recollection menée essai par essai. À terme, ces investigations pourraient également nous éclairer sur le fonctionnement des mécanismes cognitifs sous-jacents à l'expérience subjective en mémoire épisodique et sur les conséquences de leurs altérations.

3.6 Conclusion

La réalisation d'un jugement subjectif tel que « je m'en souviens comme si c'était hier » dépend de la mise en action d'innombrables mécanismes cognitifs et neuronaux. De nombreuses études ont montré que les personnes âgées émettent des jugements subjectifs d'intensité équivalente, et souvent même supérieure, à celle des participants jeunes. À première vue, on pourrait en conclure que le mécanisme impliqué dans la génération d'une expérience subjective de mémoire reste identique avec l'avancée en âge. Or, les études menées dans ce travail nous permettent d'affirmer que ce n'est pas le cas. Au contraire, il s'avère que les

personnes âgées élaborent, calibrent et ancrent leurs jugements subjectifs de vivacité des souvenirs différemment que des participants jeunes, bien que les raisons de ces changements soient encore mal comprises. D'une manière générale, l'expérience subjective associée à la récupération en mémoire épisodique pourrait résulter de la qualité objective de la trace récupérée (c'est-à-dire le nombre de détails rappelés), et potentiellement aussi de l'accès à divers types d'informations pondérés différemment selon l'âge de la personne (p. ex., information gist, pensées personnelles, émotions, etc.) et reposer sur des mécanismes complexes d'attribution liés à l'établissement d'un critère de décision. À terme, mieux comprendre les fonctions fondamentales et les mécanismes sous-jacents à l'expérience subjective en mémoire pourraient accroître nos connaissances plus générales sur la mémoire épisodique et sur ses potentielles altérations.

Références bibliographiques

- Abdulrahman, H., Fletcher, P. C., Bullmore, E., & Morcom, A. M. (2017). Dopamine and memory dedifferentiation in aging. *NeuroImage*, *153*, 211–220.
<https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2015.03.031>
- Abram, M., Picard, L., Navarro, B., & Piolino, P. (2014). Mechanisms of remembering the past and imagining the future - New data from autobiographical memory tasks in a lifespan approach. *Consciousness and Cognition*, *29*(1), 76–89. <https://doi.org/10.1016/j.concog.2014.07.011>
- Addis, D. R., Musicaro, R., Pan, L., & Schacter, D. (2010). Episodic simulation of past and future events in older adults: Evidence from an experimental recombination task. *Psychology and Aging*, *25*(2), 369–376.
<https://doi.org/10.1037/a0017280>.Episodic
- Addis, D. R., Pan, L., Musicaro, R., & Schacter, D. L. (2016). Divergent thinking and constructing episodic simulations. *Memory*, *24*(1), 89–97.
<https://doi.org/10.1080/09658211.2014.985591>
- Ahmed S., Irish M., Loane C., Baker I., Husain M., Thompson S., ... & Hodges J.R. (2018). Association between precuneus volume and autobiographical memory impairment in posterior cortical atrophy: Beyond the visual syndrome. *NeuroImage Clinical*, *18*: 822-834.
- Aggleton, J. P. (2012). Multiple anatomical systems embedded within the primate medial temporal lobe: Implications for hippocampal function. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*, *36*(7), 1579–1596.
<https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2011.09.005>
- Aizpurua, A., & Koutstaal, W. (2015). A matter of focus: Detailed memory in the intentional autobiographical recall of older and younger adults. *Consciousness and Cognition*, *33*, 145–155.

<https://doi.org/10.1016/j.concog.2014.12.006>

- Allain, P., Roy, A., Kefi, Z., Pinon, K., Etcharry-Bouyx, F., & Le Gall, D. (2004). Fonctions exécutives et traumatisme crânien sévère: évaluation à l'aide de la "Behavioural Assessment of the Dysexecutive Syndrome". *Revue de Neuropsychologie*, *14*(3), 285–323.
- Allé, M. C., Manning, L., Potheegadoo, J., Coutelle, R., Danion, J. M., & Berna, F. (2017). Wearable Cameras Are Useful Tools to Investigate and Remediate Autobiographical Memory Impairment: A Systematic PRISMA Review. *Neuropsychology Review*, *27*(1), 81–99. <https://doi.org/10.1007/s11065-016-9337-x>
- Alvarez, J. A., & Emory, E. (2006). Executive Function and the Frontal Lobes : A Meta-Analytic Review. *Neuropsychology Review*, *16*(1), 17–42. <https://doi.org/10.1007/s11065-006-9002-x>
- Aminoff, E., & Bar, M. (2003). Cortical analysis of visual context. *Neuron*, *38*(2), 347—358.
- Anderson J.L., Hutton C., Ashburner J., Turner R., & Friston K. (2001). Modeling geometric deformations in EPI time series. *Neuroimage*, *13*, 903-919.
- Anderson, N. D., Ebert, P. L., Jennings, J. M., Grady, C. L., Cabeza, R., & Graham, S. J. (2008). Recollection- and familiarity-based memory in healthy aging and amnesic mild cognitive impairment. *Neuropsychology*, *22*(2), 177–187. <https://doi.org/10.1037/0894-4105.22.2.177>
- Andrews-Hanna, J. R., Reidler, J. S., Sepulcre, J., Poulin, R., & Buckner, R. L. (2010). Functional-Anatomic Fractionation of the Brain's Default Network. *Neuron*, *65*(4), 550–562. <https://doi.org/10.1016/j.neuron.2010.02.005>
- Angel, L., Bastin, C., Genon, S., Balteau, E., Phillips, C., Luxen, A., ... Collette, F. (2013). Differential effects of aging on the neural correlates of recollection

and familiarity. *Cortex*, 49(6), 1585–1597.

<https://doi.org/10.1016/j.cortex.2012.10.002>

Angel, L., Bastin, C., Genon, S., Salmon, E., Fay, S., Balteau, E., ... Collette, F. (2016).

Neural correlates of successful memory retrieval in aging: Do executive functioning and task difficulty matter? *Brain Research*, 1631, 1–20.

<https://doi.org/10.1016/j.brainres.2015.10.009>

Arnold, A. E. G. F., Iaria, G., & Ekstrom, A. D. (2016). Mental simulation of routes

during navigation involves adaptive temporal compression. *Cognition*, 157,

14–23. <https://doi.org/10.1016/j.cognition.2016.08.009>. Mental

Ashburner, J., & Friston, K. J. (2005). Unified segmentation. *Neuroimage*, 26(3),

839-851.

Baayen, R. H., Davidson, D. J., & Bates, D. M. (2008). Mixed-effects modeling with

crossed random effects for subjects and items. *Journal of Memory and*

Language, 59(4), 390–412. <https://doi.org/10.1016/j.jml.2007.12.005>

Baird, B., Smallwood, J., Gorgolewski, K. J., & Margulies, D. S. (2013). Medial and

lateral networks in anterior prefrontal cortex support metacognitive ability for memory and perception. *Journal of Neuroscience*, 33(42), 16657–16665.

<https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.0786-13.2013>

Baldassano, C., Chen, J., Zadbood, A., Pillow, J. W., Hasson, U., & Norman, K. A.

(2017). Discovering Event Structure in Continuous Narrative Perception and Memory. *Neuron*, 95(3), 709-721.e5.

<https://doi.org/10.1016/j.neuron.2017.06.041>

Baltes, P. B., & Lindenberger, U. (1997). Emergence of a powerful connection

between sensory and cognitive functions across the adult life span: A new window to the study of cognitive aging? *Psychology and Aging*, 12(1), 12–21.

<https://doi.org/10.1037/0882-7974.12.1.12>

- Bar, M. (2004). Visual objects in context. *Nature Review Neurosciences*, 5(8), 617.
- Bar, M., & Aminoff, E. (2003). Cortical analysis of visual context. *Neuron*, 38(2), 347-358.
- Bar, M., Tootell, R. B. H., Schacter, D. L., Greve, D. N., Fischl, B., Mendola, J. D., ... Dale, A. M. (2001). Cortical mechanisms specific to explicit visual object recognition. *Neuron*, 29(2), 529–535. [https://doi.org/10.1016/S0896-6273\(01\)00224-0](https://doi.org/10.1016/S0896-6273(01)00224-0)
- Bartoshuk, L M, Duffy, V. B., Fast, K., Green, B. G., Prutkin, J., & Snyder, D. J. (2002). Labeled scales (e . g . , category , Likert , VAS) and invalid across-group comparisons : what we have learned from genetic variation in taste. *Food Quality and Preference*, 14, 125–138.
- Bartoshuk, Linda M., Fast, K., & Snyder, D. J. (2005). Differences in our sensory worlds: Invalid comparisons with labeled scales. *Current Directions in Psychological Science*, 14(3), 122–125. <https://doi.org/10.1111/j.0963-7214.2005.00346.x>
- Bastin, C., Besson, G., Simon, J., Delhay, E., Geurten, M., Willems, S., & Salmon, E. (2019). An Integrative Memory model of recollection and familiarity to understand memory deficits. *Behavioral and Brain Sciences*, 42, 1–66.
- Bastin, C., Diana, R. a, Simon, J., Collette, F., Yonelinas, A. P., & Salmon, E. (2014). Associative memory in aging: The effect of unitization on source memory. *Psychol Aging*, 28(1), 275–283. <https://doi.org/10.1037/a0031566>.Associative
- Bastin, C., & Van der Linden, M. (2003). The contribution of recollection and familiarity to recognition memory: a study of the effects of test format and aging. *Neuropsychology*, 17(1), 14–24. <https://doi.org/10.1037/0894-4105.17.1.14>
- Bayen, U. J., & Murnane, K. (1996). Aging and the use of perceptual and temporal

information in source memory tasks. *Psychology and Aging*, *11*(2), 293–303.
<https://doi.org/10.1037/0882-7974.11.2.293>

Bayer, Z. C., Hernandez, R. J., Morris, A. M., Salomonczyk, D., Pirogovsky, E., & Gilbert, P. E. (2011). Age-related source memory deficits persist despite superior item memory. *Experimental Aging Research*, *37*(4), 473–480.
<https://doi.org/10.1080/0361073X.2011.590760>

Beck, A. T., Ward, C. H., Mendelson, M., Mock, J., & Erbaugh, J. (1961). An inventory for measuring depression. *Archives of General Psychiatry*, *4*, 561–577. <https://doi.org/10.1093/ndt/gfr086>

Besken, M., & Gülgöz, S. (2008). Reliance on schemas in source memory: Age differences and similarity of schemas. *Aging, Neuropsychology, and Cognition*, *16*(1), 1–21. <https://doi.org/10.1080/13825580802175650>

Besson, G., Ceccaldi, M., & Barbeau, E. J. (2012). L'évaluation des processus de la mémoire de reconnaissance. *Revue de Neuropsychologie*, *4*(4), 242–254.
<https://doi.org/10.1684/nrp.2012.0238>

Bird, C. M., & Burgess, N. (2008). The hippocampus and memory: Insights from spatial processing. *Nature Reviews Neuroscience*, *9*(3), 182–194.
<https://doi.org/10.1038/nrn2335>

Bird, C. M., Keidel, J. L., Ing, X. L. P., Horner, X. A. J., & Burgess, N. (2015). Consolidation of Complex Events via Reinstatement in Posterior Cingulate Cortex. *Journal of Neuroscience*, *35*(43), 14426–14434.
<https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.1774-15.2015>

Block, N. (2007). Consciousness, accessibility, and the mesh between psychology and neuroscience. *Behavioral and Brain Sciences*, *30*(5–6), 481–548.
<https://doi.org/10.1017/S0140525X07002786>

Block, N. (2011). Perceptual consciousness overflows cognitive access. *Trends in*

Cognitive Sciences, 15(12), 567–575.

<https://doi.org/10.1016/j.tics.2011.11.001>

Bodner, G. E., & Lindsay, D. S. (2003). Remembering and knowing in context.

Journal of Memory and Language, 48, 563–580.

[https://doi.org/10.1016/S0749-596X\(02\)00502-8](https://doi.org/10.1016/S0749-596X(02)00502-8)

Bodner, G. E., & Richardson-Champion, D. D. L. (2007). Remembering is in the

details: Effects of test-list context on memory for an event. *Memory*, 15(7),

718–729. <https://doi.org/10.1080/09658210701674682>

Bonasia, K., Blommestejn, J., & Moscovitch, M. (2016). Memory and navigation:

Compression of space varies with route length and turns. *Hippocampus*,

26(1), 9–12. <https://doi.org/10.1002/hipo.22539>

Bonni S., Veniero D., Mastropasqua C., Ponzio V., Caltagirone C., Bozzali M., & Koch

G. (2015). TMS evidence for a selective role of the precuneus in source
memory retrieval. *Behavioural Brain Research*, 282:70-75.

Bonnici, H. M., Cheke, L. G., Green, D. A. E., FitzGerald, T. H. M. B., & Simons, J. S.

(2018). Specifying a causal role for angular gyrus in autobiographical memory.

Journal of Neuroscience, 38(49), 10438–10443.

<https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.1239-18.2018>

Brady, T. F., Konkle, T., Alvarez, G. A., & Oliva, A. (2008). Visual long-term memory

has a massive storage capacity for object details. *Proceedings of the National
Academy of Sciences*, 105(38), 14325–14329.

Brainerd, C. J., & Reyna, V. F. (2001). *Fuzzy-Trace Theory: Dual Processes in*

*Memory, Reasoning, and Cognitive Neuroscience. Advances in Child
Development and Behavior* (Vol. 28). Elsevier Masson SAS.

[https://doi.org/10.1016/S0065-2407\(02\)80062-3](https://doi.org/10.1016/S0065-2407(02)80062-3)

Brainerd, C. J., & Reyna, V. F. (2002). Fuzzy-trace theory and false memory. *Current*

Directions in Psychological Science, 11(5), 164–169.

<https://doi.org/10.1111/1467-8721.00192>

Brainerd, C. J., Reyna, V. F., & Brandse, E. (1995). Are children's false memories more persistent than their true memories? *Psychological Science*, 6(6), 359–364.

Brand, M., & Markowitsch, H. J. (2008). Chapter 3.5 The role of the prefrontal cortex in episodic memory. *Handbook of Behavioral Neuroscience*, 18(08).

[https://doi.org/10.1016/S1569-7339\(08\)00218-X](https://doi.org/10.1016/S1569-7339(08)00218-X)

Brewer, W. F. (1992). Phenomenal experience in laboratory and autobiographical memory tasks. In *Theoretical perspectives on autobiographical memory* (pp. 31-51). Springer, Dordrecht.

Brewer, W. F. (1999). *What is recollective memory? Remembering our past*.

<https://doi.org/10.1017/cbo9780511527913.002>

Brickman, a. M., & Stern, Y. (2010). Aging and memory in humans. *Encyclopedia of Neuroscience*, 1, 175–180. <https://doi.org/10.1016/B978-008045046-9.00745-2>

Buckner, R. L., Andrews-hanna, J. R., & Schacter, D. L. (2008). The Brain's Default Network: Anatomy, Function, and Relevance to Disease. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1124(1), 1–38.

<https://doi.org/10.1196/annals.1440.011>

Bugaiska, A., Clarys, D., Jarry, C., Tacconat, L., Tapia, G., Vanneste, S., & Isingrini, M. (2007). The effect of aging in recollective experience: The processing speed and executive functioning hypothesis. *Consciousness and Cognition*, 16(4), 797–808. <https://doi.org/10.1016/j.concog.2006.11.007>

Cabeza, R. (2002). Hemispheric asymmetry reduction in older adults: The HAROLD model. *Psychology and Aging*, 17(1), 85–100. <https://doi.org/10.1037/0882->

7974.17.1.85

- Cabeza, R., Anderson, N. D., Locantore, J. K., & McIntosh, A. R. (2002). Aging gracefully: Compensatory brain activity in high-performing older adults. *NeuroImage*, *17*(3), 1394–1402. <https://doi.org/10.1006/nimg.2002.1280>
- Cabeza, R., Ciaramelli, E., & Moscovitch, M. (2012). Cognitive Contributions of the Ventral Parietal Cortex: An Integrative Theoretical Account. *Trends in Cognitive Sciences*, *16*(6), 338–352. <https://doi.org/10.1038/jid.2014.371>
- Cabeza, R., Ciaramelli, E., Olson, I. R., & Moscovitch, M. (2008). Parietal Cortex and Episodic Memory: An Attentional Account. *Nature Reviews Neuroscience*, *9*(8), 613–625. <https://doi.org/10.1038/nrn2459>.Parietal
- Cabeza, R., Daselaar, S. M., Dolcos, F., Prince, S. E., Budde, M., & Nyberg, L. (2004). Task-independent and Task-specific Age Effects on Brain Activity during Working Memory, Visual Attention and Episodic Retrieval. *Cerebral Cortex*, *14*(4), 364–375. <https://doi.org/10.1093/cercor/bhg133>
- Cabeza, R., Nyberg, L., & Park, D. C. (2016a). *Cognitive neuroscience of aging: Linking cognitive and cerebral aging*. (Oxford Uni).
- Calso, C., Besnard, J., & Allain, P. (2016). Le vieillissement normal des fonctions cognitives frontales. *Geriatric et Psychologie Neuropsychiatrie Du Vieillessement*, *14*(1), 77–85. <https://doi.org/10.1684/pnv.2016.0586>
- Cansino, S. (2009). Episodic memory decay along the adult lifespan: A review of behavioral and neurophysiological evidence. *International Journal of Psychophysiology*, *71*(1), 64–69. <https://doi.org/10.1016/j.ijpsycho.2008.07.005>
- Cansino, S., Maquet, P., Dolan, R. J., & Rugg, M. D. (2002). Prefrontal and medial temporal lobe interactions in long-term memory. *Cerebral Cortex*, *12*, 1048–1056. <https://doi.org/10.1101/gr.3.3.205>

- Cansino, S., Trejo-Morales, P., Estrada-Manilla, C., Pasaye-Alcaraz, E. H., Aguilar-Castañeda, E., Salgado-Lujambio, P., & Sosa-Ortiz, A. L. (2015). Brain activity during source memory retrieval in young, middle-aged and old adults. *Brain Research, 1618*, 168–180. <https://doi.org/10.1016/j.brainres.2015.05.032>
- Carstensen, L. L., & Turk-Charles, S. (1994). The salience of emotion across the adult life span. *Psychology and Aging, 9*(2), 259–264. <https://doi.org/10.1037/0882-7974.9.2.259>
- Carstensen, L. L. (2006). The Influence of a Sense of Time on Human Development. *Science, 312*(5782), 1913–1915. <https://doi.org/10.1126/science.1127488>.The
- Castel, A. D., & Craik, F. I. M. (2003). The Effects of Aging and Divided Attention on Memory for Item and Associative Information. *Psychology and Aging, 18*(4), 873–885. <https://doi.org/10.1037/0882-7974.18.4.873>
- Cavanna, A. E., & Trimble, M. R. (2006). The precuneus: A review of its functional anatomy and behavioural correlates. *Brain, 129*(3), 564–583. <https://doi.org/10.1093/brain/awl004>
- Chadwick, M. J., Bonnici, H. M., & Maguire, E. A. (2012). Decoding information in the human hippocampus: A user's guide. *Neuropsychologia, 50*(13), 3107–3121. <https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2012.07.007>
- Chalfonte, B. L., & Johnson, M. K. (1996). Feature memory and binding in young and older adults. *Memory & Cognition, 24*(4), 403–416. <https://doi.org/10.3758/BF03200930>
- Chen, J., Leong, Y. C., Honey, C. J., Yong, C. H., Norman, K. A., & Hasson, U. (2017). Shared memories reveal shared structure in neural activity across individuals. *Nature Neuroscience, 20*(1), 115–125. <https://doi.org/10.1038/nn.4450>
- Chow, T. E., & Rissman, J. (2017). Neurocognitive mechanisms of real-world

autobiographical memory retrieval: Insights from studies using wearable camera technology. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1396(1), 202–221. <https://doi.org/10.1111/nyas.13353>

Chua E.F., Schacter D.L., & Sperling R.A. (2009). Neural correlates of metamemory: a comparison of feeling-of-knowing and retrospective confidence judgments. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 21, 1751-1765.

Cipolotti, L., Bird, C., Good, T., Macmanus, D., Rudge, P., & Shallice, T. (2006). Recollection and familiarity in dense hippocampal amnesia: A case study. *Neuropsychologia*, 44(3), 489–506.
<https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2005.05.014>

Clewett, D., & Davachi, L. (2017). The Ebb and Flow of Experience Determines the Temporal Structure of Memory. *Current Opinion in Behavioural Science*, 17, 186–193. <https://doi.org/10.1037/h0076782>

Cohen, G., & Faulkner, D. (1989). Age differences in source forgetting: effects on reality monitoring and on eyewitness testimony. *Psychology and Aging*, 4(1), 10–17. <https://doi.org/10.1037/0882-7974.4.1.10>

Comblain, C., D'Argembeau, A., & Van Der Linden, M. (2005). Phenomenal characteristics of autobiographical memories for emotional and neutral events in older and younger adults. *Experimental Aging Research*, 31, 173–189.

Comblain, C., D'Argembeau, A., Van der Linden, M., & Aldenhoff, L. (2004). The effect of ageing on the recollection of emotional and neutral pictures. *Memory*, 12(6), 673–684. <https://doi.org/10.1080/09658210344000477>

Conway, M. A. (2001). Sensory-perceptual episodic memory and its context : autobiographical memory. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series B: Biological Sciences*, 356(1413), 1375–1384.

<https://doi.org/10.1098/rstb.2001.0940>

Conway, M. A. (2009). Episodic memories. *Neuropsychologia*, *47*, 2305–2313.

<https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2009.02.003>

Conway, M. A., & Pleydell-Pearce, C. W. (2000). The Construction of Autobiographical Memories in the Self-Memory System. *Psychological Review*, *107*(2), 261–288. <https://doi.org/10.1037/0033-295X>

Cooper, R. A., Kensinger, E. A., & Ritchey, M. (2019). Memories Fade: The Relationship Between Memory Vividness and Remembered Visual Salience. *Psychological Science*, *30*(5), 657–668.

<https://doi.org/10.1177/0956797619836093>

Cornoldil, C., De Beni, R., Giusbertiz, F., Marucci, F., Massironi, M., & Mazzoni, G. (1991). The study of vividness of images. *Mental Images in Human Cognition*, *80*, 305–312.

Craik, F. I. m. (1994). Memory Changes in Normal Aging. *Current Directions in Psychological Science*, *3*(5), 155–158. <https://doi.org/10.1111/1467-8721.ep10770653>

Craik, F. I., Morris, L. W., Morris, R. G., & Loewen, E. R. (1990). Relations between source amnesia and frontal lobe functioning in older adults. *Psychology and Aging*, *5*(1), 148–151. <https://doi.org/10.1037/0882-7974.5.1.148>

Craik, Fergus I., & Rose, N. S. (2012). Memory encoding and aging: A neurocognitive perspective. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*, *36*(7), 1729–1739. <https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2011.11.007>

Cuddy, A. J. C., Norton, M. I., & Fiske, S. T. (2005). Corrigendum to: This Old Stereotype: The Pervasiveness and Persistence of the Elderly Stereotype (10.1111/j.1540-4560.2005.00405.x). *Journal of Social Issues*, *61*(2), 267–285. <https://doi.org/10.1111/josi.12185>

- Curran, T., & Cleary, A. M. (2003). Using ERPs to dissociate recollection from familiarity in picture recognition. *Cognitive Brain Research, 15*(2), 191–205. [https://doi.org/10.1016/S0926-6410\(02\)00192-1](https://doi.org/10.1016/S0926-6410(02)00192-1)
- Cycowicz, Y. M., Friedman, D., Gay, J., & Duff, M. (2001). Recognition and source memory for pictures in children and adults. *Neuropsychologia, 39*, 255–267.
- D'Angiulli, A., & Reeves, A. (2007). The relationship between self-reported vividness and latency during mental size scaling of everyday items: Phenomenological evidence of different types of imagery. *American Journal of Psychology, 120*(4), 521–551. <https://doi.org/10.2307/20445424>
- D'Angiulli, A., Runge, M., Faulkner, A., Zakizadeh, J., Chan, A., & Morcos, S. (2013). Vividness of Visual Imagery and Incidental Recall of Verbal Cues, When Phenomenological Availability Reflects Long-Term Memory Accessibility. *Frontiers in Psychology, 4*(February), 1–18. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2013.00001>
- D'Argembeau, A., Comblain, C., & van der Linden, M. (2003). Phenomenal characteristics of autobiographical memories for positive, negative, and neutral events. *Applied Cognitive Psychology, 17*(3), 281–294. <https://doi.org/10.1002/acp.856>
- D'Argembeau, A., & Van Der Linden, M. (2004). Phenomenal characteristics associated with projecting oneself back into the past and forward into the future: Influence of valence and temporal distance. *Consciousness and Cognition, 13*(4), 844–858. <https://doi.org/10.1016/j.concog.2004.07.007>
- Danker, J. F., & Anderson, J. R. (2010). The ghosts of brain states past: Remembering reactivates the brain regions engaged during encoding. *Psychological Bulletin, 136*(1), 87–102. <https://doi.org/10.1038/jid.2014.371>
- Danker, J. F., Tompary, A., & Davachi, L. (2017). Trial-by-Trial Hippocampal

Encoding Activation Predicts the Fidelity of Cortical Reinstatement during Subsequent Retrieval. *Cerebral Cortex*, 27(7), 3515–3524.

<https://doi.org/10.1093/cercor/bhw146>

Daselaar, S. M., Veltman, D. J., Rombouts, S. A. R. B., Raaijmakers, J. G. W., & Jonker, C. (2003). Neuroanatomical correlates of episodic encoding and retrieval in young and elderly subjects. *Brain*, 126(1), 43–56.

<https://doi.org/10.1093/brain/awg005>

Davidson, P. S. R., & Glisky, E. L. (2002). Neuropsychological correlates of recollection and familiarity in normal aging. *Cognitive, Affective and Behavioral Neuroscience*, 2(2), 174–186.

<https://doi.org/10.3758/CABN.2.2.174>

Davis, S. W., Dennis, N. A., Daselaar, S. M., Fleck, M. S., & Cabeza, R. (2008). Qué PASA? The Posterior-Anterior Shift in Aging. *Cerebral Cortex*, 18(5), 1201–1209. <https://doi.org/10.1161/CIRCULATIONAHA.110.956839>

De Beni, R., Pazzaglia, F., & Gardini, S. (2007). The generation and maintenance of visual mental images: Evidence from image type and aging. *Brain and Cognition*, 63(3), 271–278. <https://doi.org/10.1016/j.bandc.2006.09.004>

De Brigard, F., Giovanello, K. S., Stewart, G. W., Amber, W., Brien, M. M. O., Spreng, R. N., ... Stewart, G. W. (2016). Characterizing the subjective experience of episodic past, future, and counterfactual thinking in healthy younger and older adults. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 69, 2358–2375. <https://doi.org/10.1080/17470218.2015.1115529>

Dede, A. J. O., Frascino, J. C., Wixted, J. T., & Squire, L. R. (2016). Learning and remembering real-world events after medial temporal lobe damage. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 113(47), 13480–13485.

<https://doi.org/10.1073/pnas.1617025113>

- Della Sala, S., Laiacona, M., Spinnler, H., & Trivelli, C. (1993). Autobiographical recollection and frontal damage. *Neuropsychologia*, *31*(8), 823–839.
<https://doi.org/10.1080/09658211.2012.704049>. Differential
- Deltour, J. J. (1993). Echelle de vocabulaire de Mill Hill de J. C. Raven. Adaptation française et normes comparées du Mill Hill et du Standard Progressive Matrice (PM 38): Manuel.
- Dennis, N. A., & Cabeza, R. (2015). Neuroimaging of Healthy Cognitive Aging. *The Handbook of Aging and Cognition*.
<https://doi.org/10.4324/9780203837665.ch1>
- Destun, L. M., & Kuiper, N. A. (1999). Phenomenal characteristics associated with real and imagined events: the effects of event valence and absorption. *Applied Cognitive Psychology*, *13*(2), 175–186.
[https://doi.org/10.1002/\(sici\)1099-0720\(199904\)13:2<175::aid-acp552>3.3.co;2-n](https://doi.org/10.1002/(sici)1099-0720(199904)13:2<175::aid-acp552>3.3.co;2-n)
- Devitt, A. L., Addis, D. R., & Schacter, D. L. (2017). Episodic and semantic content of memory and imagination: A multilevel analysis. *Memory & Cognition*, *45*(7), 1078–1094. <https://doi.org/10.3758/s13421-017-0716-1>
- Devitt, A. L., & Schacter, D. L. (2016). False memories with age: neural and cognitive underpinnings. *Neuropsychologia*, *91*, 346–359.
<https://doi.org/10.1016/j.physbeh.2017.03.040>
- Diamond, N. B., Romero, K., Jeyakumar, N., & Levine, B. (2018). Age-related decline in item but not spatiotemporal associative memory for a real-world event. *Psychology and Aging*, *33*(7), 1079–1092.
<https://doi.org/10.1037/pag0000303>
- Diana, R. A., Boom, W. Van Den, Yonelinas, A. P., & Ranganath, C. (2010). ERP correlates of source memory : Unitized source information increases

familiarity-based retrieval. *Brain Research*, 1367, 278–286.

<https://doi.org/10.1016/j.brainres.2010.10.030>

Diana, R. A., Yonelinas, A. P., & Ranganath, C. (2007). Imaging recollection and familiarity in the medial temporal lobe: a three-component model. *Trends in Cognitive Sciences*, 11(9), 379–386.

<https://doi.org/10.1016/j.tics.2007.08.001>

Dijkstra, N., Bosch, S. E., & van Gerven, M. A. J. (2017). Vividness of visual imagery depends on the neural overlap with perception in visual areas. *Journal of Neuroscience*, 37(5), 1367–1373. <https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.3022-16.2016>

Dijkstra, W., Smit, J. H., & Comijs, H. C. (2001). Using social desirability scales in research among the elderly. *Quality and Quantity*, 35(1), 107–115.

<https://doi.org/10.1023/A:1004816210439>

Dimsdale-Zucker, H.R., & Ranganath, C. (2019). Representational Similarity Analyses: A Practical Guide for Functional MRI Applications. *Handbook of Behavioral Neuroscience*, 28, 509–525.

Dobbins, I. G., Foley, H., Schacter, D. L., & Wagner, A. D. (2002). Executive Control during Episodic Retrieval. *Neuron*, 35(5), 989–996.

[https://doi.org/10.1016/s0896-6273\(02\)00858-9](https://doi.org/10.1016/s0896-6273(02)00858-9)

Dobbins, I. G., & Kroll, N. E. A. (2005). Distinctiveness and the recognition mirror effect: Evidence for an item-based criterion placement heuristic. *Journal of Experimental Psychology: Learning Memory and Cognition*, 31(6), 1186–1198.

<https://doi.org/10.1037/0278-7393.31.6.1186>

Dodson, C. S., Bawa, S., & Krueger, L. E. (2007). Aging, metamemory, and high-confidence errors: a misrecollection account. *Psychology and Aging*, 22(1), 122–133. <https://doi.org/10.1037/0882-7974.22.1.122>

- Dodson, C. S., Bawa, S., & Slotnick, S. D. (2007). Aging, source memory, and misrecollections. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, *33*(1), 169–181. <https://doi.org/10.1037/0278-7393.33.1.169>
- Dodson, C. S., & Krueger, L. E. (2006). I misremember it well: why older adults are unreliable eyewitnesses. *Psychonomic Bulletin & Review*, *13*(5), 770–775. <https://doi.org/10.3758/BF03193995>
- Dodson, C. S., & Schacter, D. L. (2001). “If I had said it I would have remembered it”: Reducing false memories with a distinctiveness heuristic. *Psychonomic Bulletin and Review*, *8*(1), 155–161. <https://doi.org/10.3758/BF03196152>
- Dodson, C. S., & Schacter, D. L. (2002). When false recognition meets metacognition: The distinctiveness heuristic. *Journal of Memory and Language*, *46*(4), 782–803. <https://doi.org/10.1006/jmla.2001.2822>
- Drag, L. L., & Bieliauskas, L. a. (2010). Contemporary review 2009: cognitive aging. *Journal of Geriatric Psychiatry and Neurology*, *23*(2), 75–93. <https://doi.org/10.1177/0891988709358590>
- Dror, I. E., & Kosslyn, S. M. (1994). Mental Imagery and Aging. *Psychology and Aging*, *(1)*, 90–102.
- Duarte, A., Graham, K. S., & Henson, R. N. (2010). Age-related changes in neural activity associated with familiarity, recollection and false recognition. *Neurobiology of Aging*, *31*(10), 1814–1830. <https://doi.org/10.1016/j.neurobiolaging.2008.09.014>
- Duarte, A., Henson, R. N., & Graham, K. S. (2008). The effects of aging on the neural correlates of subjective and objective recollection. *Cerebral Cortex*, *18*(9), 2169–2180. <https://doi.org/10.1093/cercor/bhm243>
- Duarte, A., Henson, R. N., & Graham, K. S. (2011). Stimulus content and the neural correlates of source memory. *Brain Research*, *1373*, 110–123.

<https://doi.org/10.1016/j.brainres.2010.11.086>

Duarte, A., Ranganath, C., Trujillo, C., & Knight, R. T. (2006). Intact recollection memory in high-performing older adults: ERP and behavioral evidence.

Journal of Cognitive Neuroscience, *18*, 33–47.

<https://doi.org/10.1162/089892906775249988>

Dulas, M. R., & Duarte, A. (2012). The effects of aging on material-independent and material-dependent neural correlates of source memory retrieval. *Cerebral Cortex*, *22*(1), 37–50.

<https://doi.org/10.1093/cercor/bhr056>

Dunning, D. (2011). *The dunning-kruger effect. On being ignorant of one's own ignorance. Advances in Experimental Social Psychology* (1st ed., Vol. 44).

Elsevier Inc. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-385522-0.00005-6>

Dunning, D., Johnson, K., Ehrlinger, J., & Kruger, J. (2003). Why people fail to recognize their own incompetence. *Current Directions in Psychological Science*, *12*(3), 83–87.

<https://doi.org/10.1111/1467-8721.01235>

Echterhoff, G., & Hirst, W. (2006). Thinking about memories for everyday and shocking events: Do people use ease-of-retrieval cues in memory judgments?

Memory and Cognition, *34*(4), 763–775. <https://doi.org/10.3758/BF03193424>

Ekstrom, A. D., Copara, M. S., Isham, E. A., Wang, W. chun, & Yonelinas, A. P.

(2011). Dissociable networks involved in spatial and temporal order source retrieval. *NeuroImage*, *56*(3), 1803–1813.

<https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2011.02.033>

El Haj, M., & Allain, P. (2012). Relations entre contrôle de la source en mémoire épisodique et fonctionnement exécutif dans le vieillissement normal.

Geriatric et Psychologie Neuropsychiatrie Du Vieillissement, *10*(2), 197–205.

<https://doi.org/10.1684/pnv.2012.0342>

El Haj, M., & Antoine, P. (2017). Discrepancy between subjective autobiographical

reliving and objective recall: The past as seen by Alzheimer's disease patients. *Consciousness and Cognition*, 49, 110–116.

<https://doi.org/10.1016/j.concog.2017.01.009>

El Haj, M., Antoine, P., Nandrino, J. L., & Kapogiannis, D. (2015). Autobiographical memory decline in Alzheimer's disease, a theoretical and clinical overview. *Ageing Research Reviews*, 23, 183–192.

<https://doi.org/10.1016/j.arr.2015.07.001>

Epstein, R. A. (2008). Parahippocampal and retrosplenial contributions to human spatial navigation. *Trends in Cognitive Sciences*, 12(10), 388–396.

<https://doi.org/10.1016/j.tics.2008.07.004>

Epstein, R., Graham, K. S., & Downing, P. E. (2003). Viewpoint-specific scene representations in human parahippocampal cortex. *Neuron*, 37(5), 865–876.

[https://doi.org/10.1016/S0896-6273\(03\)00117-X](https://doi.org/10.1016/S0896-6273(03)00117-X)

Eustache, M.-L. (2010). Mémoire et identité dans la phénoménologie d'Edmund Husserl : liens avec les conceptions des neurosciences cognitives. *Revue de Neuropsychologie*, 2(2), 157–170.

Faber, M., & Gennari, S. P. (2015). In search of lost time: Reconstructing the unfolding of events from memory. *Cognition*, 143, 193–202.

<https://doi.org/10.1016/j.cognition.2015.06.014>

Fandakova, Y., Sander, M. C., Grandy, T. H., Cabeza, R., Werkle-Bergner, M., & Shing, Y. L. (2018). Age differences in false memory: The importance of retrieval monitoring processes and their modulation by memory quality. *Psychology and Aging*, 33(1), 119–133. <https://doi.org/10.1037/pag0000212>

Fandakova, Y., Shing, Y. L., & Lindenberger, U. (2013). High-confidence memory errors in old age: The roles of monitoring and binding processes. *Memory*, 21(6), 732–750. <https://doi.org/10.1080/09658211.2012.756038>

- Fastame, M. C., & Penna, M. P. (2012). Does Social Desirability Confound the Assessment of Self-Reported Measures of Well-Being and Metacognitive Efficiency in Young and Older Adults? *Clinical Gerontologist*, *35*(3), 239–256. <https://doi.org/10.1080/07317115.2012.660411>
- Faul, F., Erdfelder, E., Lang, A.-G., & Buchner, A. (2007). G*Power: A flexible statistical power analysis program for the social, behavioral, and biomedical sciences. *Behavior Research Methods*, *39*(2), 175–191. <https://doi.org/10.3758/BF03193146>
- Ferguson, S. A., Hashtroudi, S., & Johnson, M. K. (1992). Age differences in using source-relevant cues. *Psychology and Aging*, *7*(3), 442.
- Field, A. P., & Wilcox, R. R. (2017). Robust statistical methods: A primer for clinical psychology and experimental psychopathology researchers. *Behaviour Research and Therapy*, *98*, 19–38. <https://doi.org/10.1016/j.brat.2017.05.013>
- Fisk, J. E., & Sharp, C. A. (2004). Age-related impairment in executive functioning: Updating, inhibition, shifting, and access. *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology*, *26*(7), 874–890. <https://doi.org/10.1080/13803390490510680>
- Flavell, J. h. (1979). Metacognition and cognitive monitoring: A new area of cognitive-developmental inquiry. *American Psychologist*, *34*(10), 906–911. <https://doi.org/10.1002/bit.23191>
- Fletcher P.C., Frith C.D., Baker S.C., Shallice T., Frackowiak R.S., & Dolan R.J. (1995). The mind's eye—precuneus activation in memory-related imagery. *Neuroimage*, *23*, 195-200.
- Flores, C. C., Hargis, M. B., McGillivray, S., Friedman, M. C., & Castel, A. D. (2017). Gist-based memory for prices and “better buys” in younger and older adults. *Memory*, *25*(4), 565–573. <https://doi.org/10.1080/09658211.2016.1197944>

- Folville, A., Bahri, M. A., Delhaye, E., Salmon, E., D'Argembeau, A., & Bastin, C. (2019). Age-related differences in the neural correlates of vivid remembering. *Neuroimage*.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2019.116336>
- Folville, A., D'Argembeau, A., & Bastin, C. (2020a). A gist orientation before retrieval impacts the objective content but not the subjective experience of episodic memory. *Consciousness and Cognition*.
- Folville, A., D'Argembeau, A., & Bastin, C. (2020b). Deciphering the Relationship between Objective and Subjective Aspects of Recollection in Healthy Aging. *Memory*. <https://doi.org/https://doi.org/10.1080/09658211.2020.1720741>
- Ford, J. H., Rubin, D. C., & Giovanello, K. S. (2014). Effects of task instruction on autobiographical memory specificity in young and older adults. *Memory*, 22(6), 722–736. <https://doi.org/10.1080/09658211.2013.820325>
- Ford J.H., & Kensinger E.A. (2016). Effects of internal and external vividness on hippocampal connectivity during memory retrieval. *Neurobiology of Learning and Memory*, 13, 78-90.
- Fredrickson, B. L., & Carstensen, L. L. (1990). Choosing Social Partners How Old Age and Anticipated Endings Make People More Selective. *Psychol Aging*, 5(3), 335–347.
- Freton M., Lemogne C., Bergouignan L., Delaveau P., Lehericy S., & Fossati P. (2014). The eye of the self: precuneus volume and visual perspective during autobiographical memory retrieval. *Brain Structure and Function*, 21, 959-968.
- Fritz, K., Howie, P., & Kleitman, S. (2010). “How do I remember when I got my dog?” The structure and development of children’s metamemory. *Metacognition and Learning*, 5(2), 207–228. <https://doi.org/10.1007/s11409->

010-9058-0

Fulford, J., Milton, F., Salas, D., Smith, A., Simler, A., Winlove, C., & Zeman, A. (2018). The neural correlates of visual imagery vividness – An fMRI study and literature review. *Cortex*, *105*, 26–40.
<https://doi.org/10.1016/j.cortex.2017.09.014>

Furlong, E. J. (1951). *A study in memory; a Philosophical Essay*. London.

Gaesser, B., Dodds, H., & Schacter, D. L. (2017). Effects of aging on the relation between episodic simulation and prosocial intentions. *Memory*, *25*(9), 1272–1278. <https://doi.org/10.1016/j.physbeh.2017.03.040>

Gaesser, B., Sacchetti, D. D., Addis, D. R., & Schacter, D. L. (2011). Characterizing age-related changes in remembering the past and imagining the future. *Psychology and Aging*, *19*(1), 80–84.
<https://doi.org/10.1037/a0021054>.Characterizing

Gallo, D. A., Cotel, S. C., Moore, C. D., & Schacter, D. L. (2007). Aging can spare recollection-based retrieval monitoring: The importance of event distinctiveness. *Psychology and Aging*, *22*(1), 209–213.
<https://doi.org/10.1037/0882-7974.22.1.209>

Gallo, D. A., Korthauer, L. E., McDonough, I. M., Teshale, S., & Johnson, Elizabeth, L. (2011). Age-related positivity effects and autobiographical memory detail: evidence from a past/future source memory task. *Memory*, *19*(6), 641–652.
<https://doi.org/10.1080/09658211.2011.595723>.Age-Related

Gallo, H. B., Hargis, M. B., & Castel, A. D. (2019). Memory for Weather Information in Younger and Older Adults: Tests of Verbatim and Gist Memory. *Experimental Aging Research*, *45*(3), 252–265.
<https://doi.org/10.1080/0361073X.2019.1609163>

Gardiner, J. M., & Java, R. I. (1990). Recollective experience in word and nonword

recognition. *Memory and Cognition*, 18(1), 23–30. Retrieved from <http://www.springerlink.com/index/B473V9637H875K6V.pdf%5Cnpapers2://publication/uuid/520EF1A6-0CFF-4848-8DA0-EE5D92426E4B>

Gardiner, J. M., & Parkin, A. J. (1990). Attention And Recollective Experience In Recognition Memory. *Memory & Cognition*, 18(6), 579–583. <https://doi.org/10.3758/bf03197100>

Gardiner, J. M., Ramponi, C., & Richardson-Klavehn, a. (1998). Experiences of remembering, knowing, and guessing. *Consciousness and Cognition*, 7(7), 1–26. <https://doi.org/10.1006/ccog.1997.0321>

Gardiner, J. M. (1988). Functional aspects of recollective experience. *Memory & Cognition*, 16(4), 309–313. <https://doi.org/10.3758/BF03197041>

Gardiner, J. M., Ramponi, C., & Richardson-Klavehn, A. (2002). Recognition memory and decision processes: A meta-analysis of remember, know, and guess responses. *Memory*, 10(2), 83–98. <https://doi.org/10.1080/09658210143000281>

Gardiner, J. M., & Ramponi, C. (1976). Experiences of Remembering, Knowing, and Guessing. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, 15, 227–233.

Gardini S., Cornoldi C., De Beni, R., & Venneri A. (2006). Left mediotemporal structures mediate the retrieval of episodic autobiographical mental images. *Neuroimage*, 30, 645-655.

Gershberg, F. B., & Shimamura, A. P. (1995). Impaired use of organizational strategies in free recall following frontal lobe damage. *Neuropsychologia*, 13(10), 1305–1333.

Geurten, M., Meulemans, T., & Willems, S. (2015). Memorability in context: A heuristic story. *Experimental Psychology*, 62(5), 306–319. <https://doi.org/10.1027/1618-3169/a000300>

- Ghetti, S. (2003). Memory for nonoccurrences: The role of metacognition. *Journal of Memory and Language*, 48(4), 722–739. [https://doi.org/10.1016/S0749-596X\(03\)00005-6](https://doi.org/10.1016/S0749-596X(03)00005-6)
- Ghetti, S., & Alexander, K. W. (2004). “If it happened, i would remember it”: Strategic use of event memorability in the rejection of false autobiographical events. *Child Development*, 75(2), 542–561. <https://doi.org/10.1111/j.1467-8624.2004.00692.x>
- Glisky, E. L., Polster, M. R., & Routhieaux, B. C. (1995). Double dissociation between item and source memory. *Neuropsychology*, 9(2), 229–235. <https://doi.org/10.1037/0894-4105.9.2.229>
- Glisky, E. L., Rubin, S. R., & Davidson, P. S. R. (2001). Source memory in older adults: An encoding or retrieval problem? *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 27(5), 1131–1146. <https://doi.org/10.1037//0278-7393.27.5.1131>
- Grady, C. L., Bernstein, L. J., Beig, S., & Siegenthaler, A. L. (2002). The effects of encoding task on age-related differences in the functional neuroanatomy of face memory. *Psychology and Aging*, 17(1), 7–23. <https://doi.org/10.1037/0882-7974.17.1.7>
- Grady, C. L., McIntosh, A. R., Horwitz, B., Maisog, J. M., Ungerleider, L. G., Mentis, M. J., ... Haxby, J. V. (1995). Age-related reductions in human recognition memory due to impaired encoding. *Science*, 269(5221), 218–221. <https://doi.org/10.1126/science.7618082>
- Greenberg, D. L., Rice, H. J., Cooper, J. J., Cabeza, R., Rubin, D. C., & LaBar, K. S. (2005). Co-activation of the amygdala, hippocampus and inferior frontal gyrus during autobiographical memory retrieval. *Neuropsychologia*, 43(5), 659–674. <https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2004.09.002>

- Gregg, V. (1976). Word frequency, recognition and recall. In J. Brown (Ed.), *Recall and recognition*. (Oxford, En).
- Greicius, M. D., Supekar, K., Menon, V., & Dougherty, R. F. (2009). Resting-state functional connectivity reflects structural connectivity in the default mode network. *Cerebral Cortex*, *19*(1), 72–78.
<https://doi.org/10.1093/cercor/bhn059>
- Grilli, M. D., Coste, S., Landry, J. E., Mangen, K., Grilli, M. D., Coste, S., ... Mangen, K. (2019). Evidence that an episodic mode of thinking facilitates encoding of perceptually rich memories for naturalistic events relative to a gist-based mode of thinking. *Memory*, *0*(0), 1–7.
<https://doi.org/10.1080/09658211.2019.1657461>
- Gruppuso, V., Lindsay, D. S., & Kelley, C. M. (1997). The process-dissociation procedure and similarity: Defining and estimating recollection and familiarity in recognition memory. *Journal of Experimental Psychology: Learning Memory and Cognition*, *23*(2), 259–278. <https://doi.org/10.1037/0278-7393.23.2.259>
- Grysmann, A., Merrill, N., & Fivush, R. (2017). Emotion , gender , and gender typical identity in autobiographical memory, *Memory*, *25*(3), 289-297.
<https://doi.org/10.1080/09658211.2016.1168847>
- Guler, O. E., & Mackovichova, S. (2019). The role of executive function in autobiographical memory retrieval : does the type of cue word matter ? *Memory*, *8211*, 423–430. <https://doi.org/10.1080/09658211.2018.1513040>
- Gutchess, A. H., Welsh, R. C., Hedden, T., Bangert, A., Minear, M., Liu, L. L., & Park, D. C. (2005). Aging and the neural correlates of successful picture encoding: Frontal activations compensate for decreased medial-temporal activity. *Journal of Cognitive Neuroscience*, *17*(1), 84–96.

<https://doi.org/10.1162/0898929052880048>

- Habermas, T., & Diel, V. (2013). The episodicity of verbal reports of personally significant autobiographical memories: Vividness correlates with narrative text quality more than with detailedness or memory specificity. *Frontiers in Behavioral Neuroscience*, *7*, 1–13. <https://doi.org/10.3389/fnbeh.2013.00110>
- Hard, B. M., Recchia, G., & Tversky, B. (2011). The shape of action. *Journal of Experimental Psychology: General*, *140*(4), 586–604. <https://doi.org/10.1037/a0024310>
- Harlow, I. M., & Yonelinas, A. P. (2016). Distinguishing Between the Success and Precision of Recollection. *Memory*, *24*(1), 114–127. <https://doi.org/10.1016/j.physbeh.2017.03.040>
- Hasher, L., & Zacks, R. T. (1988). Working memory, comprehension, and aging: A review and a new view. In *Psychology of learning and motivation* (Vol. 22, pp. 193–225). <https://doi.org/10.1421/73141>
- Hashtroudi, S., Johnson, M. K., & Chro. (1989). Aging and source monitoring. *Psychology and Aging*, *4*(1), 106.
- Hashtroudi, S., Johnson, M. K., & Chrosniak, L. D. (1990). Aging and Qualitative Characteristics of Memories for Perceived and Imagined Complex Events. *Psychology and Aging*, *5*, 119–126.
- Hassabis, D., Kumaran, D., Vann, S. D., & Maguire, E. A. (2007). Patients with hippocampal amnesia cannot imagine new experiences. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, *104*(5), 1726–1731. <https://doi.org/10.1073/pnas.0610561104>
- Hayes, S. M., Nadel, L., & Ryan, L. (2007). The Effect of Scene Context on Episodic Object Recognition: Parahippocampal Cortex Mediates Memory Encoding and Retrieval Success. *Hippocampus*, *17*, 873–889.

<https://doi.org/10.1002/hipo>

Henkel, L. A., Johnson, M. K., & De Leonardis, D. M. (1998). Aging and Source Monitoring: Cognitive Processes and Neuropsychological Correlates. *Journal of Experimental Psychology: General*, *127*(3), 251–268.

<https://doi.org/10.1037/0096-3445.127.3.251>

Henson, R. N., & Gagnepain, P. (2010). Predictive, interactive multiple memory systems. *Hippocampus*, *20*(11), 1315–1326.

<https://doi.org/10.1002/hipo.20857>

Hertzog, C., Dunlosky, J., & Sinclair, S. M. (2010). Episodic Feeling-of-Knowing Resolution Derives from the Quality of Original Encoding. *Memory & Cognition*, *38*(6), 771–784. <https://doi.org/10.3758/MC.38.6.771>.

Hertzog, C., & Touron, D. R. (2011). Age Differences in Memory Retrieval Shift: Governed by Feeling-of-Knowing? *Psychology and Aging*, *26*(3), 647–660.

<https://doi.org/10.1038/jid.2014.371>

Hockley, W. E., & Consoli, a. (1999). Familiarity and recollection in item and associative recognition. *Memory & Cognition*, *27*(4), 657–664.

<https://doi.org/10.3758/BF03211559>

Hofer, B. K., & Sinatra, G. M. (2010). Epistemology, metacognition, and self-regulation: Musings on an emerging field. *Metacognition and Learning*, *5*(1), 113–120. <https://doi.org/10.1007/s11409-009-9051-7>

Holland, C. A., & Rabbitt, P. M. A. (1990). Autobiographical and Text Recall in the Elderly: An Investigation of a Processing Resource Deficit. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology Section A*, *42*(3), 441–470.

<https://doi.org/10.1080/14640749008401232>

Honey, C. J., Thompson, C. R., Lerner, Y., & Hasson, U. (2012). Not lost in translation: Neural responses shared across languages. *Journal of*

Neuroscience, 32(44), 15277–15283.

<https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.1800-12.2012>

Hongkeun, K. (2010). Dissociating the roles of the default-mode, dorsal, and ventral networks in episodic memory retrieval. *NeuroImage*, 50(4), 1648–1657. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2010.01.051>

Hultsch, D. F. (1969). Adult age differences in the organization of free recall. *Developmental Psychology*, 1, 673–678. <https://doi.org/10.1037/h0028271>

Hultsch, D. F., Hertzog, C., Dixon, R. A., & Davidson, H. (1988). Memory Self-Knowledge and Self-Efficacy in the Aged. In *Cognitive development in adulthood* (Springer, pp. 65–92). New-York, NY.

Hunsaker, M. R., & Kesner, R. P. (2013). The operation of pattern separation and pattern completion processes associated with different attributes or domains of memory. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*, 37(1), 36–58. <https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2012.09.014>

Hutton, C., Bork, A., Josephs, O., Deichmann, R., Ashburner, J., & Turner, R. (2002). Image distortion correction in fMRI: a quantitative evaluation. *Neuroimage*, 16(1), 217-240.

Irish, M., Lawlor, B. A., O'Mara, S. M., & Coen, R. F. (2011). Impaired capacity for autooetic reliving during autobiographical event recall in mild Alzheimer's disease. *Cortex*, 47(2), 236–249. <https://doi.org/10.1016/j.cortex.2010.01.002>

Isingrini, M., & Tacconat, L. (2008). Mémoire épisodique, fonctionnement frontal et vieillissement. *Revue Neurologique*, 164, 91–95. [https://doi.org/10.1016/S0035-3787\(08\)73297-1](https://doi.org/10.1016/S0035-3787(08)73297-1)

Isola, P., Xiao, J., Torralba, A., & Oliva, A. (2011). What makes an image memorable? In *IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition*

(CVPR) (pp. 145–152). Retrieved from
<http://web.mit.edu/phillipi/www/publications/WhatMakesAnImageMemorable.pdf>

- Jacoby, L. L., & Whitehouse, K. (1989). An illusion of memory: False recognition influenced by unconscious perception. *Journal of Experimental Psychology: General*, *118*(2), 126–135. <https://doi.org/10.1037//0096-3445.118.2.126>
- Janowsky, J., Shimamura A P, & Squire, L. R. (1989). Source memory impairment in patients with frontal lobe lesions. *Neuropsychologia*, *27*(8), 1043–1056.
- Jetter, W., Poser, U., Freeman, R. B., & Markowitsch, H. J. (1986). A verbal long term memory deficit in frontal lobe damaged patients. *Cortex*, *22*(2), 229–242. [https://doi.org/10.1016/S0010-9452\(86\)80047-8](https://doi.org/10.1016/S0010-9452(86)80047-8)
- Jeunehomme, O., & D’Argembeau, A. (in press). Event segmentation and the temporal compression of experience in episodic memory. *Psychological Research*, *0*(0), 1–10. <https://doi.org/10.1007/s00426-018-1047-y>
- Jeunehomme, O., & D’Argembeau, A. (2019). The time to remember: temporal compression and duration judgments in memory for real-life events. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, *72*(4), 930–942. <https://doi.org/10.1177/1747021818773082>
- Jeunehomme, O., Folville, A., Stawarczyk, D., Van der Linden, M., & D’Argembeau, A. (2018). Temporal compression in episodic memory for real-life events. *Memory*, *26*(6), 759–770. <https://doi.org/10.1080/09658211.2017.1406120>
- Johnson, J. D., McDuff, S. G. R., Rugg, M. D., & Norman, K. A. (2009). Recollection, familiarity, and cortical reinstatement: A multi-voxelpattern analysis. *Neuron*, *63*(5), 697–708. <https://doi.org/10.1111/j.2044-8317.1960.tb00051.x>
- Johnson, M. K., Suengas, A. G., Foley, M. A., & Raye, C. L. (1988). Phenomenal Characteristics of Memories for Perceived and Imagined Autobiographical

Ecents. *Journal of Experimental Psychology: General*.

- Johnson, M. K. (1988). Reality monitoring: An experimental phenomenological approach. *Journal of Experimental Psychology: General*, *117*(4), 390–394.
- Johnson, M. K., Hashtroudi, S., & Lindsay, D. S. (1993). Source monitoring. *Psychological Bulletin*, *114*(1), 3–28. <https://doi.org/10.1037/0033-2909.114.1.3>
- Johnson, M. K., Kuhl, B. A., Mitchell, K. J., Ankudowich, E., & Durbin, K. A. (2015). Age-related differences in the neural basis of the subjective vividness of memories: evidence from multivoxel pattern classification. *Cognitive, Affective, & Behavioral Neuroscience*, *15*(3), 644–661. <https://doi.org/10.3758/s13415-015-0352-9>
- Johnson, M. K., & Raye, C. L. (1981). Reality Monitoring, *88*(1), 67–85.
- Karpel, M. E., Hoyer, W. J., & Toglia, M. P. (2001). Accuracy and qualities of real and suggested memories: Nonspecific age differences. *Journals of Gerontology - Series B Psychological Sciences and Social Sciences*, *56*(2), 103–110. <https://doi.org/10.1093/geronb/56.2.P103>
- Kastler, B., & Vetter, D. (2018). *Comprendre l'IRM: manuel d'auto-apprentissage*. Elsevier Health Sciences.
- Kelley, C. M., Jacoby, L. L., & Hollingshead, A. (1989). Direct Versus Indirect Tests of Memory for Source : Judgments of Modality. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, *15*(6), 1101–1108.
- Kelley, C. M., & Lindsay, D. S. (1993). Remembering mistaken for knowing: Ease of retrieval as a basis for confidence in answers to general knowledge questions. *Journal of Memory and Language*, *32*(1), 1–24.
- Kelley, C. M., & Sahakyan, L. (2003). Memory, monitoring, and control in the

attainment of memory accuracy. *Journal of Memory and Language*, 48(4), 704–721. [https://doi.org/10.1016/S0749-596X\(02\)00504-1](https://doi.org/10.1016/S0749-596X(02)00504-1)

Kemps, E., & Newson, R. (2005). Patterns and predictors of adult age differences in mental imagery. *Aging, Neuropsychology, and Cognition*, 12(1), 99–128. <https://doi.org/10.1080/13825580590925152>

Kensinger, E. A., Addis, D. R., & Atapattu, R. K. (2011). Amygdala activity at encoding corresponds with memory vividness and with memory for select episodic details. *Neuropsychologia*, 49(4), 663–673. <https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2011.01.017>

Keogh, L., & Markham, R. (1998). Judgements of Other People's Memory Reports: Differences in Reports as a Function of Imagery Vividness. *Applied Cognitive Psychology*, 12(2), 159–171. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1099-0720\(199804\)12:2<159::AID-ACP506>3.0.CO;2-J](https://doi.org/10.1002/(SICI)1099-0720(199804)12:2<159::AID-ACP506>3.0.CO;2-J)

King, D. R., de Chastelaine, M., Elward, R. L., Wang, T. H., & Rugg, M. D. (2015). Recollection-Related Increases in Functional Connectivity Predict Individual Differences in Memory Accuracy. *Journal of Neuroscience*, 35(4), 1763–1772. <https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.3219-14.2015>

Klencklen, G., Després, O., & Dufour, A. (2012). What do we know about aging and spatial cognition? Reviews and perspectives. *Ageing Research Review*, 11(1), 123-135.

Koehler, K. L., Guo, F., Zhang, S., & Eckstein, M. P. (2014). What do saliency models predict? *Journal of Vision*, 14(3), 1–27. <https://doi.org/10.1167/14.3.14>

Koen, J. D., Hauck, N., & Rugg, M. D. (2019). The relationship between age, neural differentiation, and memory performance. *Journal of Neuroscience*, 39(1), 149–162. <https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.1498-18.2018>

Koen, J. D., & Rugg, M. D. (2019). Neural Dedifferentiation in the Aging Brain.

Trends in Cognitive Sciences, 23(7), 547–559.

<https://doi.org/10.1016/j.tics.2019.04.012>

Koen, J. D., & Yonelinas, A. P. (2016). Recollection, not familiarity, decreases in healthy ageing: Converging evidence from four estimation methods. *Memory*, 24(1), 1–14. <https://doi.org/10.1080/09658211.2014.985590>

Koen, J. D., & Yonelinas, A. P. (2014). The effects of healthy aging, amnesic mild cognitive impairment, and Alzheimer’s disease on recollection and familiarity: a meta-analytic review. *Neuropsychology Review*, 24, 332–354.

<https://doi.org/10.1007/s11065-014-9266-5>

Koller, M. (2016a). **robustlmm** : An R Package for Robust Estimation of Linear Mixed-Effects Models. *Journal of Statistical Software*, 75(6).

<https://doi.org/10.18637/jss.v075.i06>

Koller, M. (2016b). Robustlmm: An R package for Robust estimation of linear Mixed-Effects models. *Journal of Statistical Software*, 75(1).

<https://doi.org/10.18637/jss.v075.i06>

Konkle, T., Brady, T. F., Alvarez, G. a, & Oliva, A. (2010). Scene memory is more detailed than you think: The role of categories in visual long-term memory. *Psychological Science*, 21(11), 1551–1556.

<https://doi.org/10.1177/0956797610385359.Scene>

Koo, T. K., & Li, M. Y. (2016a). A Guideline of Selecting and Reporting Intraclass Correlation Coefficients for Reliability Research. *Journal of Chiropractic Medicine*, 15(2), 155–163. <https://doi.org/10.1016/j.jcm.2016.02.012>

Kopelman, M. D. (1994). The autobiographical memory interview (AMI) in organic and psychogenic amnesia. *Memory*, 2(2), 211–235.

<https://doi.org/10.1080/09658219408258945>

Koriat, A., & Goldsmith, M. (1996). Monitoring and Control Processes in the

Strategic Regulation of Memory Accuracy. *Psychological Review*, 103(3), 490–517. Retrieved from papers://cb927fd8-36d7-4ba1-9b8c-3b24ab092f3b/Paper/p599

Korkki, S., Richter, F. R., Jeyarathnarajah, P., & Simons, J. S. (2020). Healthy ageing reduces the precision of episodic memory retrieval. *Psychology and Aging*. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>

Kosslyn, S. M. (1995). Mental imagery. In M. Press (Ed.), *An invitation to cognitive science: Visual cognition (Vol. 2)*.

Kriegeskorte, N., Mur, M., & Bandettini, P. (2008). Representational similarity analysis - connecting the branches of systems neuroscience. *Frontiers in Systems Neuroscience*, 2, 1–28. <https://doi.org/10.3389/neuro.06.004.2008>

Kuhl, B. A., & Chun, M. M. (2014). Successful remembering elicits event-specific activity patterns in lateral parietal cortex. *Journal of Neuroscience*, 34(23), 8051–8060. <https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.4328-13.2014>

Kuhl, B. A., Rissman, J., Chun, M. M., & Wagner, A. D. (2011). Fidelity of neural reactivation reveals competition between memories. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 108(14), 5903–5908. <https://doi.org/10.1073/pnas.1016939108>

Kurby, C. A., & Zacks, J. M. (2008). Segmentation in the perception and memory of events. *Trends in Cognitive Sciences*, 12(2), 72–79. <https://doi.org/10.1016/j.tics.2007.11.004>

Kurby, C. A., & Zacks, J. M. (2011). Age differences in the perception of hierarchical structure in events. *Memory and Cognition*, 39(1), 75–91. <https://doi.org/10.3758/s13421-010-0027-2>

Kurby, C. A., & Zacks, J. M. (2018a). Age Differences in the Perception of Goal Structure in Everyday Activity. *Psychology and Aging*, 34(2), 187–201.

<https://doi.org/10.1037/pag0000321>

- Kurby, C. A., & Zacks, J. M. (2018b). Preserved Neural Event Segmentation in Healthy Older Adults. *Psychol Aging, 154*(11), 2262–2265.
<https://doi.org/10.1016/j.pain.2013.06.005>. Re-Thinking
- Labouvie-vief, G., & Blanchard-fields, F. (1982). Cognitive Ageing and Psychological Growth. *Ageing and Society, 2*(2), 183–209.
- Lang, P., & Bradley, M, M. (2007). The International Affective Picture System (IAPS) in the study of emotion and attention. In *Handbook of emotion elicitation and assessment*.
- Larsen, S. F. (1998). What is it like to remember? On phenomenal qualities of memory. In *Autobiographical and Eyewitness Memory: Theoretical and Applied Perspectives* (pp. 160–193). New-York.
- Leal, S. L., & Yassa, M. A. (2018). Integrating new findings and examining clinical applications of pattern separation. *Nature Neuroscience, 21*(2), 163–173.
<https://doi.org/10.1038/s41593-017-0065-1>
- Lemogne, C., Piolino, P., Friszer, S., Claret, A., Girault, N., Jouvent, R., ... Fossati, P. (2006). Episodic autobiographical memory in depression: Specificity, auto-noetic consciousness, and self-perspective. *Consciousness and Cognition, 15*(2), 258–268. <https://doi.org/10.1016/j.concog.2005.07.005>
- Levine, B., Svoboda, E., Hay, J. F., Winocur, G., & Moscovitch, M. (2002). Aging and autobiographical memory: Dissociating episodic from semantic retrieval. *Psychology and Aging, 17*(4), 677–689. <https://doi.org/10.1037//0882-7974.17.4.677>
- Likert, R. (1932). A technique for the measurement of attitudes. *Archives of Psychology*.

- Lind, S. E., & Bowler, D. M. (2010). Episodic memory and episodic future thinking in adults with autism. *Journal of Abnormal Psychology, 119*(4), 896–905.
<https://doi.org/10.1037/a0020631>
- Lundstrom B.N., Ingvar M., & Petersson K.M. (2005). The role of precuneus and left inferior frontal cortex during source memory episodic retrieval. *Neuroimage, 27*, 824-834.
- Macmillan, N, A. (2002). Signal Detection Theory. In *Stevens' handbook of experimental psychology*.
- Macmillan, N, A., & Creelman, C. (1991). *Detection Theory: A User's guide*. Psychology press.
- Madore, K. P., Gaesser, B., & Schacter, D. L. (2014). Constructive episodic simulation: dissociable effects of a specificity induction on remembering, imagining, and describing in young and older adults. *Journal of Experimental Psychology. Learning, Memory, and Cognition, 40*(3), 609–622.
<https://doi.org/10.1037/a0034885>
- Madore, K. P., Jing, H. G., & Schacter, D. L. (2019a). Episodic specificity induction and scene construction: Evidence for an event construction account. *Consciousness and Cognition, 68*(December 2018), 1–11.
<https://doi.org/10.1016/j.concog.2018.12.001>
- Madore, K. P., Jing, H. G., & Schacter, D. L. (2019b). Selective effects of specificity inductions on episodic details: evidence for an event construction account. *Memory, 27*(2), 250–260. <https://doi.org/10.1080/09658211.2018.1502322>
- Madore K.P., Thakral P.P., Beaty R.E., Addis D.R., & Schacter D.L. (2017). Neural Mechanisms of Episodic Retrieval Support Divergent Creative Thinking. *Cereb Cortex. 29*, 150-166.
- Madore, K. P., & Schacter, D. L. (2016). Remembering the past and imagining the

future: Selective effects of an episodic specificity induction on detail generation. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, *69*(2), 285–298. <https://doi.org/10.1080/17470218.2014.999097>

Magliano, J., Kopp, K., Mcnerney, M. W., Radvansky, G. A., & Zacks, J. M. (2012). Aging and perceived event structure as a function of modality. *Aging, Neuropsychology, and Cognition*, *5585*(February). <https://doi.org/10.1080/13825585.2011.633159>

Mahr, J. B., & Csibra, G. (2018). Why do we remember? the communicative function of episodic memory. *Behavioral and Brain Sciences*, *41*, 1–16. <https://doi.org/10.1017/S0140525X17000012>

Mair, A., Poirier, M., & Conway, M. A. (2017). Supporting older and younger adults' memory for recent everyday events: A prospective sampling study using SenseCam. *Consciousness and Cognition*, *49*, 190–202. <https://doi.org/10.1016/j.concog.2017.02.008>

Mair, P., & Wilcox, R. (2019). Robust statistical methods in R using the WRS2 package. *Behavior Research Methods*, (May). <https://doi.org/10.3758/s13428-019-01246-w>

Makino, Y., Yokosawa, K., Takeda, Y., & Kumada, T. (2004). Visual search and memory search engage extensive overlapping cerebral cortices: An fMRI study. *NeuroImage*, *23*(2), 525–533. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2004.06.026>

Mandler, G. (1980). Recognizing: The judgment of previous occurrence. *Psychological Review*, *87*(3), 252–271. <https://doi.org/10.1037/0033-295X.87.3.252>

Mangels, J. A., Gershberg, F. B., Shimamura, A. P., & Knight, R. T. (1996). Impaired Retrieval From Remote Memory in Patients With Frontal Lobe Damage.

Neuropsychology, 10(1), 32–41.

- Mantyla, T. (1993). Knowing but not remembering: Adult age differences in recollective experience. *Memory & Cognition*, (3), 379–388.
- Marchewka, A., Żurawski, Ł., Jednoróg, K., & Grabowska, A. (2014). The Nencki Affective Picture System (NAPS): Introduction to a novel, standardized, wide-range, high-quality, realistic picture database. *Behavior Research Methods*, 46(2), 596–610. <https://doi.org/10.3758/s13428-013-0379-1>
- Mark, R. E., & Rugg, M. D. (1998). Age effects on brain activity associated with episodic memory retrieval. An electrophysiological study. *Brain*, 121(5), 861–873. <https://doi.org/10.1093/brain/121.5.861>
- Marks, D. F. (1973). Visual Imagery Differences in the Recall of Pictures. *British Journal of Psychology*, 64(1), 17–24. <https://doi.org/10.1111/j.2044-8295.1973.tb01322.x>
- Mather, M. (2007). Emotional Arousal and Memory Binding: An Object-Based Framework. *Perspectives on Psychological Science*, 2(1), 33–52. <https://doi.org/10.1111/j.1745-6916.2007.00028.x>
- Mather, M., Henkel, U. A., & Johnson, M. K. (1997). Evaluating characteristics of false memories: Remember/know judgments and memory characteristics questionnaire compared. *Memory & Cognition*, 25(6), 826–837.
- Mattis, S. (1976). Mental Status Examination for Organic Mental Syndrome in the Elderly Patient. In *Geriatric Psychiatry*.
- May, C. P., Rahhal, T., Berry, E. M., & Leighton, E. A. (2005). Aging, source memory, and emotion. *Psychology and Aging*, 20(4), 571–578. <https://doi.org/10.1037/0882-7974.20.4.571>
- McCabe, D. P., & Balota, D. A. (2007). Context Effects on Remembering and

Knowing: The Expectancy Heuristic. *Journal of Experimental Psychology: Learning Memory and Cognition*, 33(3), 536–549.

<https://doi.org/10.1037/0278-7393.33.3.536>

McCabe, D. P., Roediger, H. L., McDaniel, M. a., & Balota, D. a. (2009). Aging reduces veridical remembering but increases false remembering: Neuropsychological test correlates of remember-know judgments. *Neuropsychologia*, 47(11), 2164–2173.

<https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2008.11.025>

Mccarthy, G., Puce, A., Gore, J. C., & Truett, A. (1996). Face-Specific Processing in the Human Fusiform Gyms. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 9(9), 605–610.

McCarthy, P., Benuskova, L., & Franz, E. A. (2014). The age-related posterior-anterior shift as revealed by voxelwise analysis of functional brain networks. *Frontiers in Aging Neuroscience*, 6, 1–14.

<https://doi.org/10.3389/fnagi.2014.00301>

McDonough, I. M., Cervantes, S. N., Gray, S. J., & Gallo, D. a. (2014). Memory's aging echo: Age-related decline in neural reactivation of perceptual details during recollection. *NeuroImage*, 98, 346–358.

<https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2014.05.012>

McDonough, I. M., & Gallo, D. A. (2013). Impaired Retrieval Monitoring for Past and Future Autobiographical Events in Older Adults. *Psychology and Aging*, 28(2), 457–466. <https://doi.org/10.1037/a0032732>. Impaired

McIntyre, J. S., & Craik, F. I. (1987). Age differences in memory for item and source information. *Canadian Journal of Psychology*, 41(2), 175–192.

<https://doi.org/10.1037/h0084154>

Meeks, J. T., Knight, J. B., Brewer, G. A., Cook, G. I., & Marsh, R. L. (2014). Investigating the subjective reports of rejection processes in the word

frequency mirror effect. *Consciousness and Cognition*, 24(1), 57–69.

<https://doi.org/10.1016/j.concog.2013.12.007>

Michałowski J.M., Drożdżiel D., Matuszewski J., Koziejowski W., Jednoróg K., Marchewka A. (2016). Set of Fear Inducing Pictures SFIP: The development and validation in fearful and non-fearful individuals. *Behavioural Research Methods*, 49: 1407-1419.

Michelmann, S., Staresina, B. P., Bowman, H., & Hanslmayr, S. (2019). Speed of time-compressed forward replay flexibly changes in human episodic memory. *Nature Human Behaviour*, 3(2), 143–154. <https://doi.org/10.1038/s41562-018-0491-4>

Mitchell, A. S., Czajkowski, R., Zhang, N., Jeffery, K., & Nelson, A. J. D. (2018). Retrosplenial cortex and its role in spatial cognition. *Brain and Neuroscience Advances*, 2, 1–13. <https://doi.org/10.1177/2398212818757098>

Mitchell, K. J. (2017). Definition: Source monitoring. *Cortex*, 96, 129. <https://doi.org/10.1016/j.cortex.2017.07.009>

Mitchell, K. J., & Hill, E. M. (2019). The Impact of Focusing on Different Features During Encoding on Young and Older Adults' Source Memory. *Open Psychology*, 1(1), 106–118. <https://doi.org/10.1515/psych-2018-0008>

Mitchell, K. J., & Johnson, M. K. (2009). Source monitoring 15 years later: What have we learned from fMRI about the neural mechanisms of source memory? *Psychological Bulletin*, 135(4), 638–677. <https://doi.org/10.1037/a0015849>.Source

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 and. *Cognitive Psychology*, 41, 49–100.

<https://doi.org/10.1006/cogp.1999.0734>

Moffat, S.D., Kennedy, K.M., Rodrigue, K.M., & Raz, N. (2007). Extrahippocampal contributions to age differences in human spatial navigation. *Cerebral Cortex*, 17(6), 1274–1282.

Moffat, S.D. (2009). Aging and spatial navigation: what do we know and where do we go?. *Neuropsychology review*, 19(4), 478.

Montaldi, D., & Mayes, A. R. (2010). The role of recollection and familiarity in the functional differentiation of the medial temporal lobes. *Hippocampus*, 20(11), 1291–1314. <https://doi.org/10.1002/hipo.20853>

Morcom, A. M., Good, C. D., Frackowiak, R. S. J., & Rugg, M. D. (2003). Age effects on the neural correlates of successful memory encoding. *Brain*, 126(1), 213–229. <https://doi.org/10.1093/brain/awg020>

Morris, D. C., Bransford, J. D., & Franks, J. J. (1977). Levels of processing versus transfer appropriate processing. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, 16(5), 519–533. Retrieved from <https://search.proquest.com/openview/1bf0ed70f1fee7339588af4e9228a143/1?pq-origsite=gscholar&cbl=1819609>

Murdoch, B. B., Lissner, E., & Marvin, C. (1962). The serial position effect of free recall. *Journal of Experimental Psychology*, 64(5), 1–4.

Naftali, R., Briggs, S. D., Marks, W., & Acker, J. D. (1999). Age-related deficits in generation and manipulation of mental images: II. The role of dorsolateral prefrontal cortex. *Psychology and Aging*. <https://doi.org/10.1037/0882-7974.14.3.436>

Naveh-Benjamin, M. (2000). Adult age differences in memory performance: tests of an associative deficit hypothesis. *Journal of Experimental Psychology. Learning, Memory, and Cognition*, 26(5), 1170–1187.

<https://doi.org/10.1037//0278-7393.26.5.1170>

- Naveh-Benjamin, Moshe, Brav, T. K., & Levy, O. (2007). The associative memory deficit of older adults: The role of strategy utilization. *Psychology and Aging, 22*(1), 202–208. <https://doi.org/10.1037/0882-7974.22.1.202>
- Naveh-Benjamin, Moshe, Hussain, Z., Guez, J., & Bar-On, M. (2003). Adult age differences in episodic memory: further support for an associative-deficit hypothesis. *Journal of Experimental Psychology. Learning, Memory, and Cognition, 29*(5), 826–837. <https://doi.org/10.1037/0278-7393.29.5.826>
- Newman, M. C., Allen, J. J. B., & Kaszniak, A. W. (2001). Tasks for assessing memory for temporal order versus memory for items in aging. *Aging, Neuropsychology, and Cognition, 8*(1), 72–78. <https://doi.org/10.1076/anec.8.1.72.849>
- Nilsson, L.-G. (2003). Memory function in normal aging. *Acta Neurologica Scandinavica, 107*(179), 7–13. <https://doi.org/10.1034/j.1600-0404.107.s179.5.x>
- Norman, K. A., & Reilly, R. C. O. (2003). Modeling Hippocampal and Neocortical Contributions to Recognition Memory: A Complementary Learning Systems Approach. *Psychological Review, 110*(4), 610.
- Norman, K. A., & Schacter, D. L. (1997). False recognition in younger and older adults : Exploring the characteristics of illusory memories. *Memory & Cognition, 25*, 838–848. <https://doi.org/10.3758/BF03211328>
- Nyberg, L. (2017). Functional brain imaging of episodic memory decline in ageing. *Journal of Internal Medicine, 281*(1), 65–74. <https://doi.org/10.1111/joim.12533>

- Nyberg L., Habib R., McIntosh A.R., & Tulving E. (2000). Reactivation of encoding-related brain activity during memory retrieval. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, *97*, 11120–11124.
- Oedekoven, C. S. H., Keidel, J. L., Berens, S. C., & Bird, C. M. (2017). Reinstatement of memory representations for lifelike events over the course of a week. *Scientific Reports*, *7*(1), 1–12. <https://doi.org/10.1038/s41598-017-13938-4>
- Old, S. R., & Naveh-Benjamin, M. (2008). Differential effects of age on item and associative measures of memory: a meta-analysis. *Psychology and Aging*, *23*(1), 104–118. <https://doi.org/10.1037/0882-7974.23.1.104>
- Overgaard, M. (2018). Phenomenal consciousness and cognitive access. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, *373*(1755). <https://doi.org/10.1098/rstb.2017.0353>
- Oosterhof N.N., Connolly A.C., & Haxby J.V. (2016). CoSMoMVPA: multi-modal multivariate pattern analysis of neuroimaging data in Matlab/GNU Octave. *Frontiers in Neuroinformatics*, *10*, 27.
- Paivio, A. (1969). Mental imagery in associative learning and memory. *Psychological Review*, *76*(3), 241–263. <https://doi.org/10.1037/h0027272>
- Paivio, A. (1970). On the functional significance of imagery. *Psychological Bulletin*, *73*(6), 385–392. <https://doi.org/10.1037/h0029180>
- Palladino, P., & De Beni, R. (2003). When mental images are very detailed: Image generation and memory performance as a function of age. *Acta Psychologica*, *113*(3), 297–314. [https://doi.org/10.1016/S0001-6918\(03\)00045-3](https://doi.org/10.1016/S0001-6918(03)00045-3)
- Pansky, A., & Goldsmith, M. (2014). Metacognitive effects of initial question difficulty on subsequent memory performance. *Psychonomic Bulletin and Review*, *21*(5), 1255–1262. <https://doi.org/10.3758/s13423-014-0597-2>

- Park, D. C., & Gutches, A. H. (2005). Long-term memory and aging: A cognitive neuroscience perspective.
- Park, D. C., Lautenschlager, G., Hedden, T., Davidson, N. S., Smith, A. D., & Smith, P. K. (2002). Models of visuospatial and verbal memory across the adult life span. *Psychology and Aging, 17*(2), 299–320. <https://doi.org/10.1037/0882-7974.17.2.299>
- Park, D. C., Lautenschlager, G., Smith, A. D., Earles, J. L., Frieske, D., Zwahr, M., & Gaines, C. L. (1996). Mediators of long-term memory performance across the life span. *Psychology and Aging, 11*(4), 621–637. <https://doi.org/10.1037/0882-7974.11.4.621>
- Parkin, A. J., & Walter, B. M. (1992). Recollective experience, normal aging, and frontal dysfunction. *Psychology and Aging, 7*(2), 290–298. <https://doi.org/10.1037/0882-7974.7.2.290>
- Parks, C. M., & Totii, J. P. (2006). Fluency, familiarity, aging, and the illusion of truth. *Aging, Neuropsychology, and Cognition, 13*(2), 225–253. <https://doi.org/10.1080/138255890968691>
- Pearson, J., Naselaris, T., Holmes, E. A., & Kosslyn, S. M. (2015). Mental Imagery: Functional Mechanisms and Clinical Applications. *Trends in Cognitive Sciences, 19*(10), 590–602. <https://doi.org/10.1016/j.tics.2015.08.003>
- Pedraza, O., Lucas, J. A., Smith, G. E., Petersen, R. C., Graff-Radford, N. R., & Ivnik, R. J. (2010). Robust and expanded norms for the dementia rating scale. *Archives of Clinical Neuropsychology, 25*(5), 347–358. <https://doi.org/10.1093/arclin/acq030>
- Perfect, T. J., & Dasgupta, Z. R. R. (1997). What underlies the deficit in reported recollective experience in old age? *Memory and Cognition, 25*(6), 849–858. <https://doi.org/10.3758/BF03211329>

- Peters, R. (2006). Ageing and the brain. *Postgraduate Medical Journal*, *82*(964), 84–88. <https://doi.org/10.1136/pgmj.2005.036665>
- Peters, S. L., Fan, C. L., & Sheldon, S. (2019). Episodic memory contributions to autobiographical memory and open-ended problem-solving specificity in younger and older adults. *Memory and Cognition*, *47*, 1592–1605. <https://doi.org/10.3758/s13421-019-00953-1>
- Petrides, M. (2005). Lateral prefrontal cortex: Architectonic and functional organization. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, *360*(1456), 781–795. <https://doi.org/10.1098/rstb.2005.1631>
- Phelps, E. A., & Sharot, T. (2008). How (and why) emotion enhances the subjective sense of recollection. *Current Directions in Psychological Science*, *17*(2), 147–152. <https://doi.org/10.1111/j.1467-8721.2008.00565.x>
- Piccardi, L., Nori, R., Palermo, L., Guariglia, C., & Giusberti, F. (2015). Age effect in generating mental images of buildings but not common objects. *Neuroscience Letters*, *602*, 79–83. <https://doi.org/10.1016/j.neulet.2015.06.058>
- Pierce, K., & Storandt, M. (1987). Similarities in visual imagery ability in young and old women. *Experimental Aging Research*, *13*(4), 209–211.
- Piolino, P., Coste, C., Martinelli, P., Macé, A., Quinette, P., Guillery-Girard, B., & Belleville, S. (2010). Reduced specificity of autobiographical memory and aging : Do the executive and feature binding functions of working memory have a role ? *Neuropsychologia*, *48*, 429–440. <https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2009.09.035>
- Piolino, P., Desgranges, B., Belliard, S., Matuszewski, V., Lalevée, C., De La Sayette, V. D., & Eustache, F. (2003). Autobiographical memory and autooetic consciousness: Triple dissociation in neurodegenerative diseases. *Brain*, *126*(10), 2203–2219. <https://doi.org/10.1093/brain/awg222>

- Piolino, P., Desgranges, B., Benali, K., & Eustache, F. (2002). Episodic and semantic remote autobiographical memory in ageing. *Memory, 10*(4), 239–257.
<https://doi.org/10.1080/09658210143000353>
- Piolino, P., Desgranges, B., Clarys, D., Guillery-Girard, B., Taconnat, L., Isingrini, M., & Eustache, F. (2006). Autobiographical memory, auto-noetic consciousness, and self-perspective in aging. *Psychology and Aging, 21*(3), 510–525.
<https://doi.org/10.1037/0882-7974.21.3.510>
- Portnoy, S., & Pansky, A. (2016). Metacognitive Effects of Initial Question Difficulty on Subsequent Eyewitness Memory Performance. *Journal of Applied Research in Memory and Cognition, 5*(2), 159–167.
<https://doi.org/10.1016/j.jarmac.2016.04.007>
- Prull, M. W., Dawes, L. L. C., Martin, A. M. L., Rosenberg, H. F., & Light, L. L. (2006). Recollection and familiarity in recognition memory: Adult age differences and neuropsychological test correlates. *Psychology and Aging, 21*(1), 107–118.
<https://doi.org/10.1037/0882-7974.21.1.107>
- R Core Team. (2013). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing.
- Radvansky, G. A., & Curiel, J. M. (1998). Narrative comprehension and aging: The fate of completed goal information. *Psychology and Aging, 13*(1), 69–79.
<https://doi.org/10.1037/0882-7974.13.1.69>
- Radvansky, G. A., & Dijkstra, K. (2007). Aging and situation model processing. *Psychonomic Bulletin and Review, 14*(6), 1027–1042.
<https://doi.org/10.3758/BF03193088>
- Radvansky, G. A., Krawietz, S. A., & Tamplin, A. K. (2011). Walking through doorways causes forgetting: Further explorations. *Quarterly Journal of Experimental Psychology, 64*(8), 1632–1645.

<https://doi.org/10.1080/17470218.2011.571267>

- Radvansky, G. A., Pettijohn, K. A., & Kim, J. (2015). Walking through doorways causes forgetting: Younger and older adults. *Psychology and Aging, 30*(2), 259–265. <https://doi.org/10.1037/a0039259>
- Radvansky, G. A., & Zacks, J. M. (2017). Event boundaries in memory and cognition. *Current Opinion in Behavioural Science, 17*, 133–140. <https://doi.org/10.1016/j.cobeha.2017.08.006>
- Radvansky, G. A., Zwaan, R. A., Curiel, J. M., & Copeland, D. E. (2001). Situation Models and Aging. *Psychology and Aging, 16*(1), 145–160.
- Rahhal, T. A., May, C. P., & Hasher, L. (2002). Truth and character: Sources that older adults can remember. *Psychological Science, 13*(2), 101–105. <https://doi.org/10.1111/1467-9280.00419>
- Raichle, M. E., MacLeod, A. M., Snyder, A. Z., Powers, W. J., Gusnard, D. A., & Shulman, G. L. (2001). A default mode of brain function. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, 98*(2), 676–682. <https://doi.org/10.1073/pnas.98.2.676>
- Rajah, M. N., & D’Esposito, M. (2005). Region-specific changes in prefrontal function with age: A review of PET and fMRI studies on working and episodic memory. *Brain, 128*(9), 1964–1983. <https://doi.org/10.1093/brain/awh608>
- Ramanan, S., & Bellana, B. (2019). A domain-general role for the angular gyrus in retrieving internal representations of the external world. *Journal of Neuroscience, 39*(16), 2978–2980. <https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.3231-18.2019>
- Ramanan, S., Piguet, O., & Irish, M. (2018). Rethinking the Role of the Angular Gyrus in Remembering the Past and Imagining the Future: The Contextual Integration Model. *Neuroscientist, 24*(4), 342–352.

<https://doi.org/10.1177/1073858417735514>

Ranganath, C., & Ritchey, M. (2012). Two cortical systems for memory-guided behaviour. *Nature Reviews Neuroscience*, *13*(10), 713–726.

<https://doi.org/10.1038/nrn3338>

Ranganath C., Yonelinas A.P., Cohen M.X., Tom S.M., & D’Esposito M. (2004). Dissociable correlates of recollection and familiarity within the medial temporal lobes. *Neuropsychologia*. *42*, 2-13.

Rathbone, C. J., Holmes, E. A., Murphy, S. E., & Ellis, J. A. (2015). Autobiographical memory and well-being in aging: The central role of semantic self-images. *Consciousness and Cognition*, *33*, 422–431.

<https://doi.org/10.1016/j.concog.2015.02.017>

Reder, L. M., Wible, C., & Martin, J. (1986). Differential memory changes with age: Exact retrieval versus plausible inference. *Journal of Experimental Psychology. Learning, Memory, and Cognition*, *12*(1), 72.

Reisberg, D., Heuer, F., Mclean, J., & O’shaughnessy, M. (1988). The quantity, not the quality, of affect predicts memory vividness. *Bulletin of the Psychonomic Society*, *26*(2), 100–103. <https://doi.org/10.3758/BF03334873>

Rendell, P. G., Bailey, P. E., Henry, J. D., Phillips, L. H., Gaskin, S., & Kliegel, M. (2012). Older adults have greater difficulty imagining future rather than atemporal experiences. *Psychology and Aging*, *27*(4), 1089–1098.

<https://doi.org/10.1037/a0029748>

Renoult, L., & Rugg, M. D. (2020). Neuropsychologia An historical perspective on Endel Tulving ’ s episodic-semantic distinction. *Neuropsychologia*, *139*, 107366. <https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2020.107366>

Reuter-Lorenz, P. A. (2002). New visions of the aging mind and brain. *Trends in Cognitive Sciences*, *6*(9), 394–400. <https://doi.org/10.1016/S1364->

6613(02)01957-5

- Reuter-Lorenz, P. A., & Cappell, K. A. (2008). Neurocognitive aging and the compensation hypothesis. *Current Directions in Psychological Science, 17*(3), 177–182. <https://doi.org/10.1111/j.1467-8721.2008.00570.x>
- Reyna, V. F. (2000). Fuzzy-trace theory and source monitoring. *Learning and Individual Differences, 12*(2), 163–175. [https://doi.org/10.1016/s1041-6080\(01\)00034-6](https://doi.org/10.1016/s1041-6080(01)00034-6)
- Rhodes, S., Greene, N. R., & Naveh-Benjamin, M. (2019). Age-related differences in recall and recognition: a meta-analysis. *Psychonomic Bulletin and Review, 26*(5), 1529–1547. <https://doi.org/10.3758/s13423-019-01649-y>
- Richter, F. R., Cooper, R. A., Bays, P. M., & Simons, J. S. (2016). Distinct neural mechanisms underlie the success, precision, and vividness of episodic memory. *eLife, 5*, 1–18. <https://doi.org/10.7554/eLife.18260>
- Rimmele, U., Davachi, L., Petrov, R., Dougal, S., & Phelps, E. A. (2011). Emotion Enhances the Subjective Feeling of Remembering, Despite Lower Accuracy for Contextual Details. *Emotion, 11*(3). <https://doi.org/10.1038/jid.2014.371>
- Rissman, J., Chow, T. E., Reggente, N., & Wagner, A. D. (2013). Decoding fMRI Signatures of Real-world Autobiographical Memory Retrieval. *Journal of Cognitive Neuroscience, 28*(4), 604–620. <https://doi.org/10.1162/jocn>
- Rissman, J., & Wagner, A. D. (2012). Distributed representations in memory: Insights from functional brain imaging. *Annual Review of Psychology, 63*(1), 101–128. <https://doi.org/10.1146/annurev-psych-120710-100344>. Distributed
- Ritchey, M., Wing, E. A., Labar, K. S., & Cabeza, R. (2013). Neural Similarity Between Encoding and Retrieval is Related to Memory Via Hippocampal Interactions. *Cerebral Cortex, 23*, 2818–2828. <https://doi.org/10.1093/cercor/bhs258>

- Roberts, K. L., & Allen, H. A. (2016). Perception and cognition in the ageing brain: A brief review of the short- and long-term links between perceptual and cognitive decline. *Frontiers in Aging Neuroscience, 8*, 1–7.
<https://doi.org/10.3389/fnagi.2016.00039>
- Robin, J., & Moscovitch, M. (2017). Familiar Real-World Spatial Cues Provide Memory Benefits in Older and Younger Adults. *Psychology and Aging, 32*, 210–219. <https://doi.org/10.1037/pag0000162>
- Roediger, H. L., & Marsh, E. J. (2003). Handbook of Psychology Vol 12. In *Handbook of psychology* (pp. 475–497). Retrieved from <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/0471264385.wei0403>
- Roldán-Tapia, L., García, J., Cánovas, R., & León, I. (2012). Cognitive reserve, age, and their relation to attentional and executive functions. *Applied Neuropsychology:Adult, 19*(1), 2–8.
<https://doi.org/10.1080/09084282.2011.595458>
- Rolls, E. T. (2016). Pattern completion and pattern separation mechanisms in the hippocampus. In *The Neurobiological Basis of Memory* (pp. 77–113).
<https://doi.org/10.1007/978-3-319-15759-7>
- Rubin, D. C., & Schulkind, M. D. (1997). Distribution of important and wordcued autobiographical memories. *Psychology and Aging, 20*(3), 35-.
- Rubin, D. C., Deffler, S. A., & Umanath, S. (2019). Scenes enable a sense of reliving: Implications for autobiographical memory. *Cognition, 183*, 44–56.
<https://doi.org/10.1016/j.cognition.2018.10.024>
- Rubin, D. C., Schrauf, R. W., & Greenberg, D. L. (2003). Belief and recollection of autobiographical memories. *Memory and Cognition, 31*(6), 887–901.
<https://doi.org/10.3758/BF03196443>
- Rubin, D. C., & Umanath, S. (2015). Event Memory: A Theory of Memory for

Laboratory, Autobiographical, and Fictional Events. *Psychological Review*, 122(1), 1–23. <https://doi.org/10.1016/j.immuni.2010.12.017>.Two-stage

Rudoy, J. D., Weintraub, S., & Paller, K. A. (2009). Recall of remote episodic memories can appear deficient because of a gist-based retrieval orientation. *Neuropsychologia*, 47(3), 938–941. <https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2008.12.006>

Rugg, M. D., Fletcher, P. C., Chua, P. M. L., & Dolan, R. J. (1999). The role of the prefrontal cortex in recognition memory and memory for source: An fMRI study. *NeuroImage*, 10(5), 520–529. <https://doi.org/10.1006/nimg.1999.0488>

Rugg, M. D., Johnson, J. D., & Uncapher, M. R. (2015). Encoding and Retrieval in Episodic Memory. In *The Wiley Handbook on the Cognitive Neuroscience of Memory* (pp. 84–107). <https://doi.org/10.1002/9781118332634.ch5>

Rugg, M. D., & King, D. R. (2018). Ventral lateral parietal cortex and episodic memory retrieval. *Cortex*, 107, 238–250. <https://doi.org/10.1016/j.cortex.2017.07.012>

Rugg, M. D., & Vilberg, K. L. (2013). Brain networks underlying episodic memory retrieval. *Current Opinion in Neurobiology*, 23(2), 255–260. <https://doi.org/10.1016/j.conb.2012.11.005>

Rugg, M. D., & Wilding, E. L. (2000). Retrieval processing and episodic memory. *Trends in Cognitive Sciences*, 4(3), 108–115. [https://doi.org/10.1016/S1364-6613\(00\)01445-5](https://doi.org/10.1016/S1364-6613(00)01445-5)

Ryan, E. B., & See, S. K. (1993). Age-Based Beliefs About Memory Changes for Self and Others Across Adulthood. *Journal of Gerontology*, 48(4), 199–201.

Salthouse, T. A. (1996). The processing speed theory of adult age differences in cognition. *Psychological Review*, 103(3), 403–428. <https://doi.org/10.1037/0033-295X.103.3.403>

- Sanders, R. E., Murphy, M. D., Schmitt, F. A., & Walsh, K. K. (1980). Age differences in free recall rehearsal strategies. *Journals of Gerontology, 35*(4), 550–558. <https://doi.org/10.1093/geronj/35.4.550>
- Schacter, D. L., Kaszniak, A. W., Kihlstrom, J. F., & Valdiserri, M. (1991). The relation between source memory and aging. *Psychology and Aging, 6*(4), 559–568. <https://doi.org/10.1037/0882-7974.6.4.559>
- Schacter, D. L., Osowiecki, D., Kaszniak, A. W., Kihlstrom, J. F., & Valdiserri, M. (1994). Source memory: Extending the boundaries of age-related deficits. *Psychology and Aging, 9*(1), 81–89. <https://doi.org/10.1037/0882-7974.9.1.81>
- Schacter, D. L., & Addis, D. R. (2007). The cognitive neuroscience of constructive memory: Remembering the past and imagining the future. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences, 362*(1481), 773–786. <https://doi.org/10.1098/rstb.2007.2087>
- 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*, 39–60. <https://doi.org/10.1196/annals.1440.001>
- Schacter, D. L., Addis, D. R., Hassabis, D., Martin, V. C., Spreng, N. R., & Szpunar, K. K. (2012). The Future of Memory: Remembering, Imagining, and the Brain. *Neuron, 76*(4), 677–694. <https://doi.org/10.1038/jid.2014.371>
- 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., Harbluk, J. L., & McLachlan, D. R. (1984). Retrieval without Recollection : An Experimental Analysis of Source Amnesia. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior, 23*, 593–611.

- Schacter, D. L., Koutstaal, W., Gross, M. S., Johnson, M. K., & Angell, K. E. (1997). False recollection induced by photographs: A comparison of older and younger adults. *Psychology and Aging, 12*(2), 203–215. <https://doi.org/10.1037/0882-7974.12.2.203>
- Schacter, D. L., Norman, K. A., & Koutstaal, W. (1998). THE COGNITIVE NEUROSCIENCE OF CONSTRUCTIVE MEMORY. *Annual Review of Psychology, 49*, 289–318. <https://doi.org/10.1007/s11229-015-0783-4>
- Schacter, D. L., Israel, L., & Racine, C. A. (1999). Suppressing false recognition in younger and older adults: The episodic, semantic, and procedural tasks. *Psychological Review, 96*, 208–233. Retrieved from <http://www.idealibrary.com>
- Schlagman, S., Kliegel, M., Schulz, J., & Kvavilashvili, L. (2009). Differential Effects of Age on Involuntary and Voluntary Autobiographical Memory. *Psychology and Aging, 24*(2), 397–411. <https://doi.org/10.1037/a0015785>
- Schloerscheidt, A. M., & Rugg, M. D. (1997). Recognition memory for words and pictures: an event-related potential study. *Neuroreport, 8*(15), 3281–3284. [https://doi.org/10.1016/S0022-5371\(67\)80067-7](https://doi.org/10.1016/S0022-5371(67)80067-7)
- Senkfor, A. J., & Petten, C. Van. (1998). Who Said What ? An Event-Related Potential Investigation of Source and Item Memory. *Journal of Experimental Psychology. Learning, Memory, and Cognition, 24*(4), 1005–1025.
- Sheldon, S., & Levine, B. (2013). Same as it ever was: Vividness modulates the similarities and differences between the neural networks that support retrieving remote and recent autobiographical memories. *NeuroImage, 83*, 880–891. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2013.06.082>
- Sheldon, S., & Ruel, A. (2018). The many routes of mental navigation: contrasting the effects of a detailed and gist retrieval approach on using and forming

spatial representations. *Psychological Research*, 82(6), 1130–1143.

<https://doi.org/10.1007/s00426-017-0882-6>

Shi, L. Z., Tang, W. H., & Liu, X. P. (2012). Age-related schema reliance of judgments of learning in predicting source memory. *Aging, Neuropsychology, and Cognition*, 19(1–2), 301–318.

<https://doi.org/10.1080/13825585.2011.632616>

Shimamura, A. P. (2011). Episodic retrieval and the cortical binding of relational activity. *Cognitive, Affective and Behavioral Neuroscience*, 11(3), 277–291.

<https://doi.org/10.3758/s13415-011-0031-4>

Shimizu, H., Anderson, D., & Takahashi, M. (2012). Autobiographical memories of specific social events for older and younger adults: Context dependency of the Memory Characteristics Questionnaire on recollection of 1970 and 2005 Japan World Expositions. *Japanese Psychological Research*, 54(2), 182–194.

<https://doi.org/10.1111/j.1468-5884.2011.00482.x>

Silva, A. R., Pinho, M. S., Macedo, L., & Moulin, C. J. A. (2018). A critical review of the effects of wearable cameras on memory. *Neuropsychological Rehabilitation*, 28(1), 117–141.

<https://doi.org/10.1080/09602011.2015.1128450>

Simmons, W. K., Ramjee, V., Beauchamp, M. S., McRae, K., Martin, A., & Barsalou, L. W. (2007). A common neural substrate for perceiving and knowing about color. *Neuropsychologia*, 45(12), 2802–2810.

<https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2007.05.002>

Simons, J. S., Gilbert, S. J., Owen, A. M., Fletcher, P. C., & Burgess, P. W. (2005). Distinct Roles for Lateral and Medial Anterior Prefrontal Cortex in Contextual Recollection. *Journal of Neurophysiology*, 94(1), 813–820.

<https://doi.org/10.1152/jn.01200.2004>

- Simons, J. S., Mitrenga, K., & Fernyhough, C. (sous presse). Towards an interdisciplinary science of the subjective experience of remembering. *Current Opinion in Behavioral Sciences*, 0, 0.
<https://doi.org/10.3969/j.issn.1002-5006.2016.08.016>
- Simons, J. S., Owen, A. M., Fletcher, P. C., & Burgess, P. W. (2005). Anterior prefrontal cortex and the recollection of contextual information. *Neuropsychologia*, 43(12), 1774–1783.
<https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2005.02.004>
- Simons, J. S., Peers, P. V., Mazuz, Y. S., Berryhill, M. E., & Olson, I. R. (2010). Dissociation between memory accuracy and memory confidence following bilateral parietal lesions. *Cerebral Cortex*, 20(2), 479–485.
<https://doi.org/10.1093/cercor/bhp116>
- Simons, J. S., & Spiers, H. J. (2003). Prefrontal and medial temporal lobe interactions in long-term memory. *Nature Reviews Neuroscience*, 4(8), 637–648. <https://doi.org/10.1038/nrn1178>
- Simony, E., Honey, C. J., Chen, J., Lositsky, O., Yeshurun, Y., Wiesel, A., & Hasson, U. (2016). Dynamic reconfiguration of the default mode network during narrative comprehension. *Nature Communications*, 7, 12141.
<https://doi.org/10.1038/ncomms12141>
- Slotnick, S. D., Moo, L. R., Segal, J. B., & Hart, J. (2003). Distinct prefrontal cortex activity associated with item memory and source memory for visual shapes. *Cognitive Brain Research*, 17(1), 75–82. [https://doi.org/10.1016/S0926-6410\(03\)00082-X](https://doi.org/10.1016/S0926-6410(03)00082-X)
- Slotnick, S. D., Thompson, W. L., & Kosslyn, S. M. (2012). Visual memory and visual mental imagery recruit common control and sensory regions of the brain. *Cognitive Neuroscience*, 3(1), 14–20.

<https://doi.org/10.1080/17588928.2011.578210>

- Smith, S. M. (2004). Overview of fMRI analysis. *British Journal of Radiology*, *77*, 167–175. <https://doi.org/10.1259/bjr/33553595>
- Spaniol, J., Davidson, P. S. R., Kim, A. S. N., Han, H., Moscovitch, M., & Grady, C. L. (2009). Event-related fMRI studies of episodic encoding and retrieval : Meta-analyses using activation likelihood estimation. *Neuropsychologia*, *47*, 1765–1779. <https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2009.02.028>
- Spencer, W. D., & Raz, N. (1994). Memory for facts, source, and context: can frontal lobe dysfunction explain age-related differences? *Psychology and Aging*, *9*(1), 149–159.
- Spencer, W. D., & Raz, N. (1995). Differential effects of aging on memory for content and context: a meta-analysis. *Psychology and Aging*, *10*, 527.
- Sperling, G. (1960). The information available in brief visual presentations. *Psychological Monographs: General and Applied*.
- Sreekumar, V., Nielson, D. M., Smith, T. A., Dennis, S. J., & Sederberg, P. B. (2018). The experience of vivid autobiographical reminiscence is supported by subjective content representations in the precuneus. *Scientific Reports*, *8*(1), 1–19. <https://doi.org/10.1038/s41598-018-32879-0>
- St-Laurent, M., Abdi, H., Bondad, A., & Buchsbaum, B. R. (2014). Memory Reactivation in Healthy Aging: Evidence of Stimulus-Specific Dedifferentiation. *Journal of Neuroscience*, *34*(12), 4175–4186. <https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.3054-13.2014>
- St-laurent, M., Abdi, H., Burianova, H., & Grady, C. L. (2011). Influence of Aging on the Neural Correlates of Autobiographical, Episodic and Semantic Memory Retrieval. *Journal of Cognitive Neuroscience*, *23*(12), 4150–4163. <https://doi.org/10.1162/jocn>

- St-Laurent, Marie, Abdi, H., & Buchsbaum, B. R. (2015). Distributed Patterns of Reactivation Predict Vividness of Recollection. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 27(10), 2000–2018. <https://doi.org/10.1162/jocn>
- St-Laurent, Marie, Moscovitch, M., & McAndrews, M. P. (2016). The retrieval of perceptual memory details depends on right hippocampal integrity and activation. *Cortex*, 84, 15–33. <https://doi.org/10.1016/j.cortex.2016.08.010>
- St. Jacques, P. L., & Levine, B. (2007). Ageing and autobiographical memory for emotional and neutral events. *Memory*, 15(2), 129–144. <https://doi.org/10.1080/09658210601119762>
- St. Jacques, P. L., Montgomery, D., & Schacter, D. L. (2015). Modifying memory for a museum tour in older adults: Reactivation-related updating that enhances and distorts memory is reduced in ageing. *Memory*, 23(6), 876–887. <https://doi.org/10.1080/09658211.2014.933241>
- St. Jacques, P., Rubin, D. C., & Cabeza, R. (2012). Age-related effects on the neural correlates of autobiographical memory retrieval. *Neurobiology of Aging*, 33(7), 1298–1310. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2010.01.051>
- St. Jacques, P., Szpunar, K.K., & Schacter, D.L. (2017). Shifting visual perspective during retrieval shapes autobiographical memories. *NeuroImage*, 148, 103–114.
- Staresina, B. P., Cooper, E., & Henson, R. N. (2013). Reversible information flow across the medial temporal lobe: The hippocampus links cortical modules during memory retrieval. *Journal of Neuroscience*, 33(35), 14184–14192. <https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.1987-13.2013>
- Staresina, B. P., Henson, R. N. A., Kriegeskorte, N., & Alink, A. (2012). Episodic reinstatement in the medial temporal lobe. *Journal of Neuroscience*, 32(50), 18150–18156. <https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.4156-12.2012>

- Stine-Morrow, E. A. L., Soederberg Miller, L. M., & Leno, R. (2001). Patterns of on-line resource allocation to narrative text by younger and older readers. *Aging, Neuropsychology, and Cognition*, *8*(1), 36–53.
<https://doi.org/10.1076/anec.8.1.36.848>
- Stine, E. A., & Wingfield, A. (1988). Memorability functions as an indicator of qualitative age differences in text recall. *Psychology and Aging*, *3*(2), 179–183. <https://doi.org/10.1037/0882-7974.3.2.179>
- Sutin, A. R., & Robins, R. W. (2007). Phenomenology of autobiographical memories: The memory experiences questionnaire. *Memory*, *15*(4), 390–411.
<https://doi.org/10.1080/09658210701256654>
- Svoboda, E., McKinnon, M. C., & Levine, B. (2006). The functional neuroanatomy of autobiographical memory: A meta-analysis. *Neuropsychologia*, *44*(12), 2189–2208. <https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2006.05.023>
- Teyler, T. J., & Rudy, J. W. (2007). The Hippocampal Indexing Theory and Episodic Memory: Updating the Index. *Hippocampus*, *17*, 1158–1169.
<https://doi.org/10.1002/hipo>
- Thakral, P. P., Benoit, R. G., & Schacter, D. L. (2017). Imagining the future: The core episodic simulation network dissociates as a function of timecourse and the amount of simulated information. *Cortex*, *90*, 12–30.
<https://doi.org/10.1016/j.physbeh.2017.03.040>
- Thakral, P. P., Madore, K. P., Addis, D. R., & Schacter, D. L. (2019). Reinstatement of Event Details during Episodic Simulation in the Hippocampus. *Cerebral Cortex*, *00*, 1–17. <https://doi.org/10.1093/cercor/bhz244>
- Thakral, P. P., Madore, K. P., & Schacter, D. L. (2017). A Role for the Left Angular Gyrus in Episodic Simulation and Memory. *The Journal of Neuroscience : The Official Journal of the Society for Neuroscience*, *37*(34), 8142–8149.

<https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.1319-17.2017>

- Thakral, P. P., Madore, K. P., & Schacter, D. L. (2019a). Content-specific phenomenological similarity between episodic memory and simulation. *Memory, 27*(3), 417–422. <https://doi.org/10.1080/09658211.2018.1510528>
- Thakral, P. P., Madore, K. P., & Schacter, D. L. (2019b). The core episodic simulation network dissociates as a function of subjective experience and objective content. *Neuropsychologia, 0*, 107263. <https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2019.107263>
- Thakral, P. P., Wang, T. H., & Rugg, M. D. (2017). Decoding the content of recollection within the core recollection network and beyond. *Cortex, 91*, 1–13. <https://doi.org/10.1016/j.cortex.2016.12.011>
- Thakral, P. P., Wang, T. H., & Rugg, M. D. (2019). Effects of age on across-participant variability of cortical reinstatement effects. *NeuroImage, 191*(January), 162–175. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2019.02.005>
- Thapar, A., & Westerman, D. L. (2009). Aging and Fluency-Based Illusions in Recognition Memory. *Psychology and Aging, 24*(3), 595–603. <https://doi.org/10.1037/a0016575>
- Tibon, R., Fuhrmann, D., Levy, D. A., Simons, J. S., & Henson, R. N. (2019). Multimodal integration and vividness in the angular gyrus during episodic encoding and retrieval. *Journal of Neuroscience, 39*(22), 4365–4374. <https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.2102-18.2018>
- Tousignant, C., & Bodner, G. E. (2012). Test context affects recollection and familiarity ratings: Implications for measuring recognition experiences. *Consciousness and Cognition, 21*(2), 994–1000. <https://doi.org/10.1016/j.concog.2012.01.009>
- Trelle, A. N., Henson, R. N., & Simons, J. S. (2019). Neural evidence for age-related

differences in representational quality and strategic retrieval processes. *Neurobiology of Aging*, *84*, 50–60.

<https://doi.org/10.1016/j.neurobiolaging.2019.07.012>

Tromp, D., Dufour, A., Lithfous, S., Pebayle, T., & Després, O. (2015). Episodic memory in normal aging and Alzheimer disease: Insights from imaging and behavioral studies. *Ageing Research Reviews*, *24*, 232–262.

<https://doi.org/10.1016/j.arr.2015.08.006>

Tulving, E. (1985). Memory and consciousness. *Canadian Psychology*, *26*(1), 1–12.

<https://doi.org/10.1037/h0080017>

Tulving, Endel. (1972). Episodic and semantic memory. In *Organization of memory* (pp. 381–403).

Tulving, E. (2002). Episodic memory : From Mind to Brain. *Annual Review of Psychology*, *53*, 1–25. <https://doi.org/0084-6570/02/0201-0001>

Tulving, E., & Thomson, D. M. (1973). Encoding specificity and retrieval processes in episodic memory. *Psychological Review*, *80*(5), 352–373.

<https://doi.org/10.1037/h0020071>

Turriziani, P., Serra, L., Fadda, L., Caltagirone, C., & Carlesimo, G. A. (2008).

Recollection and familiarity in hippocampal amnesia. *Hippocampus*, *18*(5), 469–480. <https://doi.org/10.1002/hipo.20412>

Tzourio-Mazoyer N., Landeau B., Papathanassiou D., Crivello F., Etard O., Delcroix N., ... & Joliot M. (2002). Automated anatomical labeling of activations in SPM using a macroscopic anatomical parcellation of the MNI MRI single-subject brain. *Neuroimage*. *15*, 273-289.

Umanath, S., & Marsh, E. J. (2014). Understanding How Prior Knowledge Influences Memory in Older Adults. *Perspectives on Psychological Science*, *9*(4), 408–426. <https://doi.org/10.1177/1745691614535933>

- Van Hooren, S. A. H., Valentijn, A. M., Bosma, H., Ponds, R. W. H. M., Van Boxtel, M. P. J., & Jolles, J. (2007). Cognitive functioning in healthy older adults aged 64-81: A cohort study into the effects of age, sex, and education. *Aging, Neuropsychology, and Cognition*, *14*(1), 40–54.
<https://doi.org/10.1080/138255890969483>
- Vann, S.D., Aggleton, J.P., & Maguire, E.A. (2009). What does the retrosplenial cortex do?. *Nature Review Neurosciences*, *10*(11), 792.
- Verhaeghen, P., & Marcoen, A. (1993a). Memory Aging as a General Phenomenon: Episodic Recall of Older Adults is a Function of Episodic Recall of Young Adults. *Psychology and Aging*, *8*(3), 380–388. <https://doi.org/10.1037/0882-7974.8.3.380>
- Verhaeghen, P., & Marcoen, A. (1993b). More or less the same? A memorability analysis on episodic memory tasks in young and older adults. *Journals of Gerontology*, *48*(4), 172–178. <https://doi.org/10.1093/geronj/48.4.P172>
- Vilberg, K. L., & Rugg, M. D. (2008). Memory retrieval and the parietal cortex: a review of evidence from a dual-process perspective. *Neuropsychologia*, *46*(7), 1787–1799. <https://doi.org/10.1038/jid.2014.371>
- Vincent, J. L., Snyder, A. Z., Fox, M. D., Shannon, B. J., Andrews, J. R., Raichle, M. E., & Buckner, R. L. (2006). Coherent Spontaneous Activity Identifies a Hippocampal-Parietal Memory Network. *Journal of Neurophysiology*, *96*(35), 3517–3531. <https://doi.org/10.1152/jn.00048.2006.Report>
- Vivacité. (2020). Dans Larousse (édition en ligne). Consulté le 10/11/2020 sur <https://www.larousse.fr/dictionnaires/francais/vivacit%C3%A9/82296>
- Wagner A.D., Shannon B.J., Kahn I., & Buckner R.L. (2005). Parietal lobe contributions to episodic memory retrieval. *Trends in Cognitive Sciences*. 99: 445-453.

- Wang, T. H., Johnson, J. D., De Chastelaine, M., Donley, B. E., & Rugg, M. D. (2016). The Effects of Age on the Neural Correlates of Recollection Success, Recollection-Related Cortical Reinstatement, and Post-Retrieval Monitoring. *Cerebral Cortex*, *26*(4), 1698–1714. <https://doi.org/10.1093/cercor/bhu333>
- Wang, Y., & Gennari, S. P. (2019). How language and event recall can shape memory for time. *Cognitive Psychology*, *108*, 1–21. <https://doi.org/10.1016/j.cogpsych.2018.10.003>
- Wang, S., Cao, L., Xu, J., Zhang, G., Lou, Y., & Liu, B. 2018. Revealing the Semantic Association between Perception of Scenes and Significant Objects by Representational Similarity Analysis. *Neurosciences*, *372*, 87–96.
- Ward, G., & Maylor, E. A. (2005). Age-related deficits in free recall: The role of rehearsal. *Quarterly Journal of Experimental Psychology Section A: Human Experimental Psychology*, *58*(1), 98–119. <https://doi.org/10.1080/02724980443000223>
- Wegesin, D. J., Jacobs, D. M., Zubin, N. R., Ventura, P. R., & Stern, Y. (2000). Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology Anosognosia and Alzheimer ' s Disease : The Role of Depressive Symptoms in Mediating Impaired Insight *. *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology*, *22*(4), 465–464. [https://doi.org/10.1076/1380-3395\(200008\)22](https://doi.org/10.1076/1380-3395(200008)22)
- West, R. L. (1996). An Application of Prefrontal Cortex Function Theory to Cognitive Aging Structural Changes in the Aging Brain. *Psychological Bulletin*, *120*(2), 272–292.
- Wheeler, M. A., Stuss, D. T., & Tulving, E. (1995). Frontal lobe damage produces episodic memory impairment. *Journal of the International Neuropsychological Society*, *1*, 525–536.
- Wheeler, M. E., & Buckner, R. L. (2004). Functional-anatomic correlates of

remembering and knowing. *NeuroImage*, 21(4), 1337–1349.

<https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2003.11.001>

Wheeler, M. E., Petersen, S. E., & Buckner, R. L. (2000). Memory's echo: Vivid remembering reactivates sensory-specific cortex. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 97(20), 11125–11129.
<https://doi.org/10.1073/pnas.97.20.11125>

Wilcox, R. R. (2012). *Introduction to robust estimation and hypothesis testing*.
Waltham: Academic Press.

Wilding, E. L. (1999). Separating retrieval strategies from retrieval success: an event-related potential study of source memory. *Neuropsychologia*, 37(4), 441–454.

Wilding, E. L., & Rugg, M. D. (1996). An event-related potential study of recognition memory with and without retrieval of source. *Brain*, 119, 889–905.

Willems, S., Schroyen, S., Dehon, H., & Bodner, G. E. (2019). Independent recollection/familiarity ratings can dissociate: Evidence from the effects of test context on recognition of event details. *Canadian Journal of Experimental Psychology/Revue Canadienne de Psychologie Expérimentale*, 73(2), 100.
<https://doi.org/10.1051/mateconf/201712107005>

Williams, J. M. G., & Broadbent, K. (1986). Autobiographical Memory in Suicide Attempters, 95(2), 144–149.

Williams, J. M. G., Healy, H. G., & Ellis, N. C. (1999). The Effect of Imageability and Predicability of Cues in Autobiographical Memory. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 52(3), 555–579.
<https://doi.org/10.1080/14640747408400412>

Wilson, R. S., Beckett, L. A., Barnes, L. L., Schneider, J. A., Bach, J., Evans, D. A., & Bennett, D. A. (2002). Individual differences in rates of change in cognitive

abilities of older persons. *Psychology and Aging*, 17(2), 179–193.

<https://doi.org/10.1037/0882-7974.17.2.179>

Wing, E. A., Ritchey, M., & Cabeza, R. (2015). Reinstatement of Individual Past Events Revealed by the Similarity of Distributed Activation Patterns during Encoding and Retrieval. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 27(4), 679–691.
<https://doi.org/10.1162/jocn>

Winkielman, P., Schwarz, N., & Belli, R. F. (1998). The role of ease of retrieval and attribution in memory judgments: Judging Your Memory as Worse Despite Recalling More Events. *Psychological Science*, 9(2), 124–126.
<https://doi.org/10.1111/1467-9280.00022>

Winlove C.I., Milton F., Ranson J., Fulford J., MacKisack M., Macpherson F., & Zeman, A. (2018). The neural correlates of visual imagery: a co-ordinate-based meta-analysis. *Cortex*, 105: 4-25.

Wong, J. T., Cramer, S. J., & Gallo, D. A. (2012). Age-Related Reduction of the Confidence – Accuracy Relationship in Episodic Memory : Effects of Recollection Quality and Retrieval Monitoring. *Psychology and Aging*, 27(4), 1053–1065. <https://doi.org/10.1037/a0027686>

Woodruff, C. C., Hayama, H. R., & Rugg, M. D. (2006). Electrophysiological dissociation of the neural correlates of recollection and familiarity. *Brain Research*, 1100(1), 125–135. <https://doi.org/10.1016/j.brainres.2006.05.019>

Xue, G. (2018). The Neural Representations Underlying Human Episodic Memory. *Trends in Cognitive Sciences*, 22(6), 544–561.
<https://doi.org/10.1016/j.tics.2018.03.004>

Yassa, M., & Stark, C. E. L. (2012). Pattern separation in the hippocampus. *Trends in Neurosciences*, 34(10), 515–525.
<https://doi.org/10.1016/j.tins.2011.06.006>.Pattern

- Yazar, Y., Bergström, Z. M., & Simons, J. S. (2012). What is the parietal lobe contribution to long-term memory? *Cortex*, *48*(10), 1381–1382.
<https://doi.org/10.1016/j.cortex.2012.05.011>
- Yazar, Y., Bergström, Z. M., & Simons, J. S. (2014). Continuous theta burst stimulation of angular gyrus reduces subjective recollection. *PLoS ONE*, *9*(10).
<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0110414>
- Yazar, Y., Bergström, Z. M., & Simons, J. S. (2017). Reduced multimodal integration of memory features following continuous theta burst stimulation of angular gyrus. *Brain Stimulation*, *10*(3), 624–629.
<https://doi.org/10.1016/j.brs.2017.02.011>
- Ye Q., Zou F., Lau H., Hu Y., & Kwok S.C. (2018). Causal evidence for mnemonic metacognition in human precuneus. *Journal of Neurosciences*, *38*, 6379–6387.
- Yonelinas, A. P. (1994). Receiver-Operating Characteristics in Recognition Memory: Evidence for a Dual-Process Model. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, *20*(6), 1341–1354.
<https://doi.org/10.1037/0278-7393.20.6.1341>
- Yonelinas, A. P. (1997). Recognition memory {ROCs} for item and associative information: {The} contribution of recollection and familiarity. *Memory & Cognition*, *25*(6), 747–763. <https://doi.org/10.3758/BF03211318>
- Yonelinas, A. P. (1999). The Contribution of Recollection and Familiarity to Recognition and Source-Memory Judgments : A Formal Dual-Process Model and an Analysis of Receiver Operating Characteristics. *Journal of Experimental Psychology. Learning, Memory, and Cognition*, *25*(6), 1415–1434.
- Yonelinas, A. P. (2001). Components of episodic memory: the contribution of recollection and familiarity. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series B, Biological Sciences*, *356*(1413), 1363–1374.

<https://doi.org/10.1098/rstb.2001.0939>

Yonelinas, A. P. (2002). The nature of recollection and familiarity: A review of 30 years of research. *Journal of Memory and Language*, 46(3), 441–517.

<https://doi.org/10.1006/jmla.2002.2864>

Yonelinas, A. P., Kroll, N. E. A., Quamme, J. R., Lazzara, M. M., Sauvé, M. J., Widaman, K. F., & Knight, R. T. (2002). Effects of extensive temporal lobe damage or mild hypoxia on recollection and familiarity. *Nature Neuroscience*, 5(11), 1236–1241. <https://doi.org/10.1038/nn961>

Zacks, J. M., Speer, N. K., Swallow, K. M., Braver, T. S., & Reynolds, J. R. (2007). Event Perception: A Mind/Brain Perspective. *Psychological Bulletin*, 133(2), 273–293. <https://doi.org/10.1037/0033-2909.133.2.273.Event>

Zacks, J. M., Speer, N. K., Vettel, J. M., & Jacoby, L. L. (2006). Event understanding and memory in healthy aging and dementia of the alzheimer type. *Psychology and Aging*, 21(3), 466–482. <https://doi.org/10.1037/0882-7974.21.3.466>

Zhao, B., Della Sala, S., & Gherri, E. (2019). Age-associated delay in mental rotation. *Psychology and Aging*, 34(4), 502–511. <https://doi.org/10.1037/pag0000359>

Zheng, L., Gao, Z., Xiao, X., Ye, Z., Chen, C., & Xue, G. (2017). Reduced fidelity of neural representation underlies episodic memory decline in normal aging. *Cerebral Cortex*, 28(7), 2283–2296.

Zwaan, R.A., & Radvansky, G.A. (1998). Situation models in language comprehension and memory. *Psychological bulletin*, 123(2), 162.