

Apprentissage lié à la nouveauté: L'effet de l'exposition à de nouvelles scènes sur la mémoire des mots après un encodage profond et un encodage superficiel

Auteur : Di Mino, Elisabeth

Promoteur(s) : Bastin, Christine

Faculté : Faculté de Psychologie, Logopédie et Sciences de l'Éducation

Diplôme : Master en sciences psychologiques, à finalité spécialisée en psychologie clinique

Année académique : 2020-2021

URI/URL : <http://hdl.handle.net/2268.2/13400>

Avertissement à l'attention des usagers :

Tous les documents placés en accès ouvert sur le site le site MatheO sont protégés par le droit d'auteur. Conformément aux principes énoncés par la "Budapest Open Access Initiative"(BOAI, 2002), l'utilisateur du site peut lire, télécharger, copier, transmettre, imprimer, chercher ou faire un lien vers le texte intégral de ces documents, les disséquer pour les indexer, s'en servir de données pour un logiciel, ou s'en servir à toute autre fin légale (ou prévue par la réglementation relative au droit d'auteur). Toute utilisation du document à des fins commerciales est strictement interdite.

Par ailleurs, l'utilisateur s'engage à respecter les droits moraux de l'auteur, principalement le droit à l'intégrité de l'oeuvre et le droit de paternité et ce dans toute utilisation que l'utilisateur entreprend. Ainsi, à titre d'exemple, lorsqu'il reproduira un document par extrait ou dans son intégralité, l'utilisateur citera de manière complète les sources telles que mentionnées ci-dessus. Toute utilisation non explicitement autorisée ci-avant (telle que par exemple, la modification du document ou son résumé) nécessite l'autorisation préalable et expresse des auteurs ou de leurs ayants droit.



LIÈGE université

**Psychologie, Logopédie
& Sciences de l'Éducation**

Apprentissage lié à la nouveauté :
L'effet de l'exposition à de nouvelles scènes sur la mémoire
des mots après un encodage profond et un encodage
superficiel

*Mémoire présenté par Elisabeth Di Mino en vue de l'obtention du grade de
Master en Sciences Psychologiques*

Promotrice : Christine Bastin

En collaboration avec Judith Schomaker

Lecteurs : Thierry Meulemans et David Stawarczyk

Année académique 2020-2021



LIÈGE université

**Psychologie, Logopédie
& Sciences de l'Éducation**

Apprentissage lié à la nouveauté :
L'effet de l'exposition à de nouvelles scènes sur la mémoire
des mots après un encodage profond et un encodage
superficiel

*Mémoire présenté par Elisabeth Di Mino en vue de l'obtention du grade de
Master en Sciences Psychologiques*

Promotrice : Christine Bastin

En collaboration avec Judith Schomaker

Lecteurs : Thierry Meulemans et David Stawarczyk

Année académique 2020-2021

Remerciements

Tout d'abord, je voudrais remercier ma promotrice, Christine Bastin, pour sa disponibilité, ses encouragements et son suivi précieux tout au long de ce mémoire.

Je tiens à remercier, ensuite, Judith Schomaker (Assistante Professeur en médecine et neuropsychologie à l'Université de Leiden) pour m'avoir permis de m'inspirer de son travail.

Je voudrais également remercier les membres de l'équipe Memory Group du Cyclotron qui ont été de bon conseil pour la mise en place de la méthodologie et pour les pistes proposées afin de mieux analyser les résultats obtenus.

Merci à tous les participants de s'être portés volontaire durant cette période difficile. Grâce à leur implication, j'ai pu mener les testings à bien.

Je remercie mes lecteurs Thierry Meulemans et David Stawarczyk pour le temps et l'attention consacrés à la lecture de mon travail.

Enfin, je voudrais remercier mes proches pour leur soutien permanent et leurs encouragements. J'ai une pensée plus particulière pour les autres étudiantes de mon groupe de neuropsychologie, avec qui nous nous sommes mutuellement conseillées et motivées tout au long de la rédaction de notre mémoire.

Table des matières

INTRODUCTION.....	7
CHAPITRE 1 : REVUE DE LA LITTÉRATURE	9
1. La mémoire épisodique	9
1.1. Concept de la mémoire épisodique	9
1.2. L'encodage	10
1.3. La récupération.....	12
1.3.1. Le rappel	12
1.3.2. La reconnaissance.....	13
1.3.3. Zones cérébrales stimulées	13
2. La nouveauté	15
2.1. Types de nouveauté.....	15
2.2. Présentation des nouveaux stimuli	16
2.3. Stimulation cérébrale et effet modulateur de la nouveauté sur l'apprentissage .	18
2.3.1. Neurotransmetteurs.....	19
2.3.2. Le système dopaminergique (le modèle de boucle hippocampique-ATV)	20
2.3.3. Autres systèmes de neurotransmetteurs.....	21
2.3.4. Types de nouveauté et systèmes	22
2.4. Détection de la nouveauté	23
2.5. Choix du type de nouveauté pour la présente étude.....	23
2.5.1. La nouveauté spatiale/environnementale.....	24
2.5.2. La nouveauté contextuelle	25
3. La curiosité et la recherche de nouveauté	26
3.1. La curiosité.....	26
3.2. La recherche de nouveauté	27
3.3. Lien entre les deux concepts	28
4. Conclusion de la revue de littérature	29
CHAPITRE 2 : OBJECTIFS ET HYPOTHESES	30
1. Objectif 1 : Détection de la nouveauté et familiarisation.....	30
2. Objectif 2 : Effet de la nouveauté et de la profondeur d'encodage sur la récupération	31
3. Objectif 3 : Les traits de personnalité et leur lien avec la nouveauté et la relation nouveauté/mémoire épisodique.....	32

CHAPITRE 3 : MÉTHODOLOGIE	33
1. Participants	33
2. Matériel et mesure	34
3. Procédure.....	39
4. Analyses statistiques	41
CHAPITRE 4 : RÉSULTATS.....	45
1. Test t de Student : Effet de nouveauté et de familiarité de la tâche de jugement de scènes	45
2. ANOVA : Condition, profondeur d’encodage et scores aux tâches de mémoire.....	46
3. Corrélations : sensibilité à la nouveauté, l’effet de la nouveauté sur les tâches de mémoire et inventaires de personnalité	48
4. Analyses statistiques supplémentaires	51
CHAPITRE 5 : DISCUSSION.....	53
1. Interprétation des résultats en lien avec les hypothèses	53
1.1. Détection de la nouveauté et familiarisation	53
1.2. Effet de la nouveauté et de la profondeur d’encodage sur la récupération	58
1.3. Liens entre traits de personnalité, nouveauté et la relation nouveauté/mémoire épisodique.....	62
2. Limites, perspectives et applications.....	63
2.1. Limites.....	63
2.2. Perspectives et recommandations pour les recherches ultérieures	66
2.3. Applications pratiques et cliniques	67
2.3.1. Applications pratiques	67
2.3.2. Applications cliniques	69
CONCLUSION	71
RÉFÉRENCES.....	73
ANNEXES	I

INTRODUCTION

La nouveauté aurait des effets bénéfiques sur la mémoire épisodique. Cependant, le concept de nouveauté est vaste et ces éventuels effets sur la mémoire sont variés. Dans ce mémoire, nous nous sommes intéressés de plus près à cette thématique en essayant d'en comprendre les mécanismes.

Pour ce faire, nous voulions répliquer une étude déjà réalisée auparavant sur ce sujet mais en modifiant et en ajoutant certains paramètres. Cette étude est celle de Schomaker et al. (2014b) dont les résultats suggéraient que l'exploration active d'un nouvel environnement favorisait l'encodage chez l'Homme et que ces effets persistaient pendant un certain temps après cette dernière. De surcroît, les différences individuelles et les fluctuations de la quantité d'attention accordée à l'environnement pendant l'exploration affectaient également l'apprentissage. Toutefois, la crise sanitaire rendant les testings en présentiel délicats, notamment avec l'utilisation du matériel de réalité virtuelle, la méthodologie a dû être modifiée et adaptée pour être réalisable en distanciel. Pour cela, nous nous sommes tournés vers la méthodologie de Fenker et al. (2008), plus facile à adapter pour une évaluation en ligne. Cette étude avait montré que la présentation de nouvelles images, par rapport à la présentation d'images précédemment familiarisées avant une tâche d'apprentissage de mots, a amélioré le rappel libre et la recollection (Fenker et al., 2008).

Globalement, ces deux études rapportent un effet similaire à celui démontré dans la littérature animale, c'est-à-dire des améliorations de mémoire temporellement étendues après l'exposition à la nouveauté (Li et al., 2003). Cet effet serait lié au système dopaminergique mésolimbique. L'augmentation de la stimulation dopaminergique dans l'hippocampe favoriserait l'encodage de nouvelles informations, en particulier après la détection de la nouveauté. Néanmoins, en raison de la rareté des études chez l'Homme, les facteurs exacts entraînant des améliorations de la mémoire induites par la nouveauté et les mécanismes neurobiologiques qui les sous-tendent, ne sont pas encore suffisamment compris.

Ainsi, pour apporter davantage de précision à ces questionnements, nous nous sommes penchés sur la littérature scientifique en basant principalement notre recherche sur le fonctionnement de la mémoire épisodique, les mécanismes de la nouveauté et l'influence de caractéristiques individuelles comme certains traits de personnalité. Après avoir décrit nos objectifs et nos hypothèses découlant de la littérature, nous avons réalisé la partie pratique. Pour cela, nous avons gardé la méthodologie de base (matériels pour les tâches de mémoire et la

procédure) de l'étude de Schomaker et al. (2014b) en remplaçant uniquement la situation de nouveauté exploratoire (réalité virtuelle) par une tâche de nouveauté contextuelle (jugement de scènes) se rapprochant de celle de l'étude de Fenker et al. (2008). Nous avons également ajouté des mesures des traits de personnalité comme la curiosité et la recherche de nouveauté afin de vérifier l'existence d'une influence de ces caractéristiques individuelles dans la relation nouveauté/apprentissage. Ensuite, nous avons analysé les résultats à dessein de les discuter et de les mettre en lien avec nos hypothèses. Des recommandations pour les recherches ultérieures ainsi que d'éventuelles applications pratiques et cliniques ont été proposées à la suite de cette discussion et de la présentation des limites de l'étude.

CHAPITRE 1 : REVUE DE LA LITTÉRATURE

Dans ce chapitre, le concept de mémoire épisodique, les mécanismes de la nouveauté ainsi que son impact sur la mémoire épisodique seront passés en revue pour enfin aborder les traits de personnalité tant de curiosité et de recherche de nouveauté, susceptibles d'influencer l'effet de la nouveauté sur cette mémoire épisodique.

1. La mémoire épisodique

Le concept de mémoire épisodique ainsi que les différentes étapes du processus de mémorisation seront décrits dans cette partie. Les régions cérébrales impliquées seront également analysées.

1.1. Concept de la mémoire épisodique

La mémoire épisodique, faisant partie de la mémoire déclarative, contient des souvenirs d'événements personnellement vécus dans le passé dans un contexte spatio-temporel bien précis (Baddeley, 2001 ; Tulving, 2002). Généralement, la mémoire épisodique est étudiée à l'aide des tâches composées de trois phases : la phase d'encodage, la phase distractive (permettant d'instaurer un délai de rétention entre la première et la troisième phase) et la phase de récupération (Besson et al., 2012).

La mémoire épisodique implique diverses structures cérébrales dont le rôle a été relié à différents processus (Shallice et al., 1994). Des études réalisées sur des patients neurologiques et d'autres études d'imagerie par résonance magnétique fonctionnelle (IRMf) chez l'Homme ont systématiquement rapporté une implication dans la mémoire épisodique (voir figure 1), du cortex préfrontal et du lobe temporal interne (LTI) (Ranganath, 2010 ; Uncapher & Wagner, 2009), ainsi que d'un réseau de régions connectées, comme le thalamus (Allen & Fortin, 2013 ; Tulving & Markowitsch, 1998).

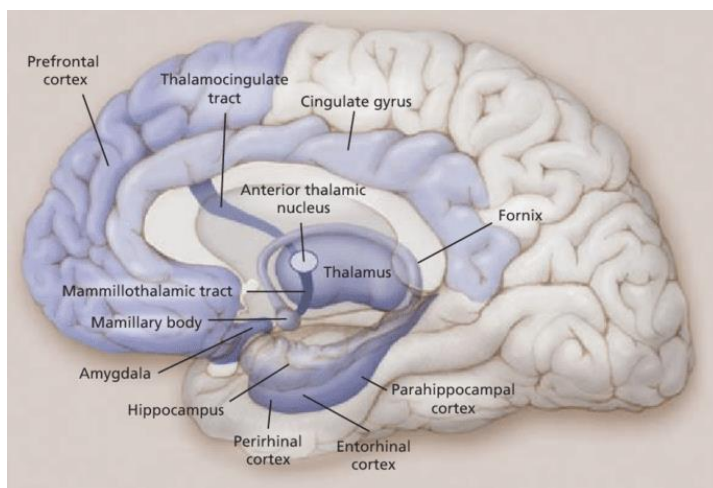


Figure 1. Structures cérébrales impliquées dans la mémoire épisodique, comprenant principalement le LTI et le cortex préfrontal (Ober, 2010).

Plus particulièrement, l'hippocampe joue un rôle essentiel pour la mémoire spatiale (Poucet et al., 2010). Les régions corticales associatives du LTI, également appelées régions parahippocampiques, servent de connexion entre l'hippocampe et le reste du néocortex. Cette région regroupe le cortex périrhinal, le cortex entorhinal et le cortex parahippocampique (Furtak et al., 2007). Les régions parahippocampiques traitent les informations avec deux voies principales : la voie « quoi » et la voie « où ». La première voie traite les caractéristiques des objets ou d'éléments spécifiques et inclut le cortex entorhinal latéral. La deuxième voie, quant à elle, inclut tant le cortex parahippocampique que le cortex entorhinal médian et reçoit principalement des informations visuospatiales (Lavenex & Amaral, 2000). Concernant le cortex préfrontal, celui-ci est connecté à l'hippocampe par une voie directe et est connecté indirectement aux régions parahippocampiques. Le cortex préfrontal met en œuvre des processus de contrôle cognitif ou exécutif jouant un rôle important de liaison entre la perception, la mémoire (la mémoire de travail, l'encodage et la récupération de la mémoire épisodique) et l'action (Blumenfeld & Ranganath, 2019 ; Fuster, 2001).

1.2.L'encodage

L'encodage est la première étape de la mémorisation et est capitale pour le stockage et la récupération des informations mémorisées. Plus précisément, l'encodage en mémoire épisodique se base sur les relations entre l'information à mémoriser et des détails périphériques ou contextuels de cette information (Viswanathan et al., 2016). Il y a des liens entre toutes ces données notamment visuelles, gustatives, sémantiques, temporelles, spatiales, émotionnelles, cognitives qui se créent.

Les études de neuroimagerie fonctionnelle de la mémoire épisodique rapportent systématiquement une association entre l'encodage et l'activation du cortex préfrontal gauche (Shallice et al., 1994) et du LTI (Fletcher et al., 2003). Plus précisément, l'activation liée à l'encodage a été décrite dans les régions préfrontales dorsolatérales, ventrolatérales et antérieures (figure 2). L'étude de Fletcher et al. (1998) a montré que le rôle principal du cortex préfrontal dorsolatéral gauche, au moment de l'encodage, était tant d'élaborer une structure qu'organiser les informations via des processus exécutifs. L'activité dans les régions du cortex préfrontal plus ventrales et antérieures serait moins spécifique à l'encodage de la mémoire épisodique. Pourtant, une étude plus récente a montré que les performances de la mémoire épisodique étaient plus efficacement modulées par la stimulation du cortex préfrontal ventral gauche, par rapport au cortex préfrontal dorsolatéral gauche (Galli et al., 2017).

De surcroît, l'étude de Medvedeva et al. (2019) a nuancé que la modulation fonctionnelle de la mémoire épisodique via le cortex préfrontal ventral gauche dépendait du moment de l'administration et de la nature de la tâche mnésique.

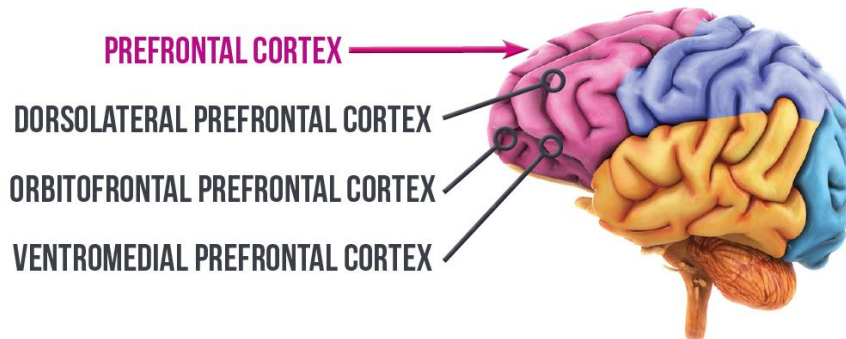


Figure 2. Différentes parties du cortex préfrontal. (Prefrontal Cortex, 2017).

L'encodage peut être explicite, c'est-à-dire qu'il faut mémoriser les items présentés, contrairement à l'encodage incident où il n'est pas précisé que l'information devra être récupérée ultérieurement.

Une information peut être encodée selon différents niveaux de profondeur. L'encodage superficiel est basé sur la forme ou la structure des informations, par exemple, et l'encodage profond est généralement de nature sémantique. Ce dernier permet l'élaboration d'une trace mnésique plus forte et plus durable (Fletcher et al., 2003 ; Marzi & Viggiano, 2010) mais nécessite des ressources attentionnelles plus importantes (Craik, 1986 ; Craik & McDowd, 1987). Des études plus récentes (Galli, 2014 ; Innocenti et al., 2010) ont appuyé ces propos en expliquant que la profondeur du traitement des informations lors de l'encodage prédirait la précision des performances de la mémoire épisodique ultérieure. En effet, les résultats ont montré que lorsque les stimuli étaient analysés en fonction de leur signification, les performances de mémoire étaient supérieures par rapport aux mêmes stimuli encodés en fonction de leurs caractéristiques perceptuelles.

Concernant les zones cérébrales stimulées par les différents niveaux d'encodage, un bon nombre d'études ont démontré qu'un ensemble largement similaire de régions cérébrales (le cortex préfrontal gauche et le LTI) était impliqué dans les deux niveaux (Baker et al., 2001 ; Fletcher et al., 2003). Plus précisément, ces études ont montré que les régions cérébrales associées à l'encodage superficiel étaient un sous-ensemble de celles engagées dans l'encodage profond. Les deux niveaux d'encodage stimuleraient les mêmes régions cérébrales mais avec une intensité différente (Galli, 2014). Ainsi, la différence de stimulation entre les deux profondeurs d'encodage serait quantitative plutôt que qualitative.

1.3. La récupération

La récupération est un processus qui restitue/reconstruit des informations précédemment apprises. Celles-ci peuvent être soit rappelées (Rugg & Wilding, 2000) ou reconnues (Besson et al., 2012) de manière volontaire, soit rappelées ou reconnues à l'aide de stimuli présents dans l'environnement. En effet, l'interaction entre un indice de récupération externe et une trace en mémoire peut conduire à la reconstruction de certains ou de tous les aspects de l'épisode/de l'événement recherché.

Il existe deux processus de récupération : la recollection et la familiarité (Bastin, 2021¹ ; Düzel et al., 1997 ; Tulving, 1985). La recollection est un processus contrôlé qui permet de récupérer les détails précis de l'épisode comme le lieu et/ou le moment au cours duquel l'information a été apprise. Le fait de se souvenir des détails nous donne une confiance élevée en l'information récupérée et nous permet de revivre mentalement l'événement remémoré. C'est ce qu'on appelle la conscience auto-noétique. La deuxième forme de récupération, plus automatique que la recollection, est la familiarité. Elle correspond au sentiment qu'un stimulus a déjà été rencontré, sans se souvenir des détails, à part l'information elle-même. Contrairement à la recollection, la familiarité peut induire une confiance faible et cette expérience subjective de savoir que l'on a déjà vu quelque chose auparavant est appelée conscience noétique. La plupart des modèles, dont le plus connu étant le modèle de détection du signal à double processus, prétendent que ces deux processus de récupération fonctionnent indépendamment (Yonelinas, 1994).

1.3.1. Le rappel

Le rappel est un processus stratégique qui nécessite, selon Van der Linden (2004, p. 55) « une recherche active permettant de réinstaller un contexte de récupération et de localiser un indice de récupération à partir duquel les processus associatifs pourront opérer ». Dans le rappel libre, aucune aide extérieure n'est fournie. Il faut se remémorer le contexte général d'un événement et affiner davantage ce contexte jusqu'à retrouver le souvenir précis (Bastin, 2021)¹. Il faut générer soi-même des indices de récupération et les évaluer, ce qui demande un certain effort (Craik, 1986).

¹ Source dérivée du cours de Psychologie Cognitive du Vieillissement (non accessible au public).

1.3.2. La reconnaissance

« La reconnaissance correspond à la capacité de juger si nous avons déjà été confrontés à un stimulus (visage, objet ou lieu) qui nous est présenté » (Besson et al., 2012, p. 243). En général, la reconnaissance est évaluée à l'aide d'une tâche de type oui/non. Les stimuli précédemment étudiés et les nouveaux stimuli (stimuli distracteurs) sont présentés successivement et il faut être capable de répondre « oui » quand il s'agit du stimulus qui a été étudié antérieurement et répondre « non » quand il s'agit d'un distracteur (Lockhart, 2000). La performance peut être mesurée comme le pourcentage de bonnes réponses parmi le nombre de stimuli présentés. Le pourcentage de bonnes réponses correspond à la différence entre les bonnes reconnaissances et les fausses alarmes, c'est-à-dire lorsque l'on reconnaît un mot comme étant un mot précédemment vu alors qu'il s'agit d'un distracteur (Biel & Bunzeck, 2019).

Certaines études ajoutent à la tâche de reconnaissance un jugement de type recollection/familiarité (*Remember/ Know*). Selon Atkinson et al. (1974), le jugement de reconnaissance serait d'abord basé sur une sensation subjective de familiarité. Cependant, cette étape est parfois insuffisante pour faire un choix. Il est donc nécessaire de réaliser une recherche volontaire en mémoire. Ainsi, lorsqu'une personne dit reconnaître le stimulus, elle doit expliquer dans quelle mesure elle s'en souvient. Si elle a des éléments rattachés à ce stimulus, on appelle cela une reconnaissance de type recollection (*Remember*). Celle-ci se rapproche du rappel libre qui nécessite également une récupération volontaire et active des détails liés au stimulus (Bastin & Van der Linden, 2003). Si la recollection n'a pas lieu, c'est le processus de familiarité qui prime et la personne dira que le stimulus lui est familier (*Know*) s'il dépasse un certain « seuil-critère » (Besson et al., 2012).

1.3.3. Zones cérébrales stimulées

La littérature sur la neuroimagerie suggère que le cortex préfrontal est impliqué à la fois dans la recollection et la familiarité pendant l'encodage et la récupération (Blumenfeld & Ranganath, 2007 ; Yonelinas et al., 2005). La détermination du rôle précis que joue le cortex préfrontal est encore mal définie. Des études plus anciennes ont supposé qu'il existait une activation du cortex préfrontal droit (Fletcher et al., 1998 ; Shallice et al., 1994) et Henson et al. (1999) ont précisé que l'activation dans une région médio latérale dorsale du cortex préfrontal droit était associée à la surveillance élevée du contexte spatio-temporel (recollection), tandis qu'une région plus ventrale du cortex préfrontal droit montrait une activation liée à la récupération indépendante du contexte (familiarité).

Ranganath et Paller (2000) ont ajouté que les régions préfrontales gauches, en plus des régions préfrontales droites, seraient engagées lorsque les demandes de récupération et d'évaluation des informations perceptives sont élevées.

D'autres études d'IRMf ont suggéré que différentes régions du LTI seraient impliquées dans les processus de récupération et qu'elles dépendraient également des exigences de la tâche et du type d'information (Yonelinas et al., 2010). L'hippocampe et le gyrus parahippocampique postérieur seraient étroitement associés au rappel libre et à la recollection, alors que le gyrus parahippocampique antérieur serait plus associé à la familiarité. Cette dernière dépendrait plus particulièrement du cortex périrhinal du lobe temporal et le noyau dorsal médian du thalamus (Aggleton & Brown, 1999 ; Düzel et al., 2001 ; Staresina et al., 2012). Par conséquent, l'hippocampe semblerait être plus impliqué pour le rappel et la recollection mais pas pour la familiarité (Aggleton & Shaw, 1996 ; Yonelinas et al., 2002). En effet, selon le modèle « *binding of item and contexte* » (BIC) (Diana et al., 2007), le cortex périrhinal jouerait un rôle important dans l'encodage et la récupération d'éléments (par exemple, des objets, des mots et des idées), tandis que le cortex parahippocampique serait responsable de la représentation des informations contextuelles (par exemple, le contexte spatial, sémantique et temporel). Ensuite, l'hippocampe lierait les éléments et les informations contextuelles ensemble. En d'autres mots, le modèle BIC suggère que différentes régions du LTI sont sensibles à différents types de stimuli (par exemple, objet pour le cortex périrhinal vs information spatiale pour le cortex parahippocampique) et qu'il existe une spécialisation fonctionnelle pour les différents processus de reconnaissance (recollection et familiarité). En outre, les temps de réaction (TR) pour la recollection seraient généralement plus rapides que la familiarité, ce qui renforce l'idée qu'il s'agit de deux processus différents (Gimbel & Brewer, 2011).

Finalement, le modèle recollection/familiarité est un bon moyen pour différencier les performances de mémoire dépendantes de l'hippocampe des performances de mémoire indépendantes de l'hippocampe comme le cortex périrhinal (Yonelinas et al., 2002). Cependant, l'interaction entre ces régions qui sous-tend la récupération en mémoire épisodique reste complexe.

Notons que l'activité cérébrale pendant l'apprentissage peut être modulée (augmentée, supprimée, modifiée) par certains facteurs, dont des stimuli nouveaux. Ainsi, la nouveauté et son effet sur la mémoire seront étudiés de plus près dans la section suivante.

2. La nouveauté

Dans cette section, les divers types de nouveauté seront présentés en premier. Ensuite, les différents mécanismes liés au temps, l'effet de la nouveauté sur le système cérébral ainsi que les différents outils qui nous permettent d'évaluer la détection de la nouveauté seront étudiés. Enfin, l'aspect de la nouveauté qui sera choisi pour cette étude sera abordé.

2.1. Types de nouveauté

Il existe différentes sources, ou types, de nouveauté qui sont différenciés et déterminés en fonction de la nature du stimulus.

La « nouveauté absolue » (Kafkas & Montaldi, 2018) ou « nouveau stimulus » (Schomaker & Meeter, 2012) est représentée par le stimulus lui-même, ce dernier n'ayant jamais été rencontré auparavant. Il est dès lors différent de ce qui est stocké au sein de la mémoire à long terme.

La « nouveauté contextuelle » fait référence à un stimulus qui diffère des autres stimuli présentés dans un contexte (par exemple, une expérience) mais qui a déjà été vu avant l'expérience (Barkaszi et al., 2013). Le contexte peut être défini en termes d'informations spatio-temporelles ou autres qui lorsqu'elles sont associées à plusieurs reprises à un stimulus ou à un type de stimulus, créent une représentation. Cela peut influencer la manière dont le stimulus (ou le type de stimulus) est traité ultérieurement. Par conséquent, la nouveauté contextuelle peut être déclenchée par des stimuli qui ne correspondent pas aux propriétés d'un contexte pré-établi (Kafkas & Montaldi, 2018).

La « nouveauté spatiale/nouveauté environnementale » correspond à la nouveauté de l'environnement plutôt que d'un seul stimulus (Schomaker & Meeter, 2015 ; Schomaker et al., 2014b). Même si l'environnement contient des objets qui nous sont familiers, cet environnement peut être considéré comme nouveau. Par exemple, une salle de sport jamais visitée sera nouvelle pour un sportif, même si elle peut ressembler à d'autres salles de sport qu'il connaît.

On parle aussi de la « déviance », étant une catégorie différente des autres stimuli (Liu & Shi, 2008). Des preuves psychophysiques suggèrent que le cerveau répond différemment à la nouveauté et à la déviance. Cette déviance est notamment étudiée par l'effet Von Restorff ou VRE (Restorff, 1933). Ce dernier peut être défini comme un objet qui se détache d'autres (par leur taille, leur catégorie ou encore leur couleur) et qui est plus susceptible

d'être retenu, ce qui engendre un bénéfice mnésique pour ce qui est inhabituel et donc supposerait un effet de la nouveauté sur l'apprentissage (Kishiyama et al., 2004, 2009). Généralement, on se souvient mieux des éléments saillants que de ceux qui sont moins distinctifs. Par exemple, l'image d'une pomme est une image déviante dans une expérience dans laquelle des participants catégorisent des images d'animaux mais cela ne la rend pas nécessairement nouvelle. Cependant, le VRE agirait au moment de la récupération et serait un effet à caractère distinctif dans la mémoire, et non un effet lié à la nouveauté (Schomaker & Meeter, 2015). De plus, des preuves récentes n'ont trouvé aucune corrélation entre les réponses cérébrales liées au VRE et l'encodage réussi (Rangel-Gomez et al., 2015). Ainsi, l'effet de nouveauté du VRE bénéficiaire à l'apprentissage, précédemment suggéré dans la littérature (Axmacher et al., 2010 ; Kishiyama et al., 2004), ne serait pas confirmé.

Enfin, la « surprise ou l'inattendu » qui est la violation des attentes (Schomaker, 2019). Un nouvel événement induit de la nouveauté mais également de l'imprévisibilité. Dans la vie quotidienne, les humains essaient souvent de réduire l'imprévu en anticipant ce qui pourrait arriver, ce qui entraîne des attentes. Celles-ci sont difficiles à induire chez les animaux. Par conséquent, la nouveauté et l'inattendu sont souvent confondus dans la recherche animale. Des études ont montré que c'est surtout l'inattendu de la nouveauté qui provoque les réponses psychophysiologiques traditionnellement associées au traitement de la nouveauté (Schomaker & Meeter, 2018). Étant donné qu'une violation des attentes peut entraîner une meilleure mémoire (Porubanova et al., 2014), tout effet de la nouveauté sur la mémoire peut être causé par l'inattendu de nouveaux événements, plutôt que par la nouveauté en soi.

2.2. Présentation des nouveaux stimuli

La littérature indique que les effets de la nouveauté sur l'apprentissage sont spécifiques au temps comme la durée de l'exposition à la nouveauté et le délai entre cette exposition et l'apprentissage.

Dans les études de Fenker et al. (2008) et de Schomaker et al. (2014b), la présentation de la nouveauté a duré approximativement 5 minutes, ce qui était basé sur des observations antérieures chez des animaux suggérant qu'une exploration de la nouveauté de 5 minutes était suffisante pour faciliter la potentialisation à long terme² (Li et al., 2003).

² La potentialisation à long terme (PLT) est un processus par lequel les connexions synaptiques entre les neurones deviennent plus fortes avec une activation fréquente. Ce processus est un mécanisme sous-jacent à l'apprentissage et à la mémoire. En effet, le cerveau change en réponse à l'expérience via la PLT (Neuroscientifically Challenged, 2017).

Des études antérieures ont postulé que l'exploration de nouveaux stimuli améliore l'encodage d'informations lorsqu'il y a un délai suffisant entre les deux. Fenker et al. (2008) ont expliqué que la nouveauté pourrait peut-être exercer deux formes différentes d'amélioration sur l'attention et la mémoire. L'une d'elles serait durable et relativement spécifique au souvenir et pourrait être observée après l'exposition à la nouveauté, et la seconde, plus courte et moins sélective au souvenir, pourrait être observée dans les minutes suivant l'exposition à la nouveauté (Tulving & Kroll, 1995 ; Tulving et al., 1994). Les améliorations de la mémoire provoquées par les effets de la nouveauté persisteraient jusqu'à trente minutes chez les rats selon Li et al. (2003). Chez l'Homme, il a été démontré que l'exploration d'un environnement virtuel nouveau par rapport à un environnement virtuel familier pouvait améliorer le rappel jusqu'à 15 minutes après l'exposition (Schomaker et al., 2014b). De même, dans l'étude de Fenker al. (2008), l'exposition à des images de nouvelles scènes a eu un impact positif sur l'apprentissage 10 minutes après. L'étude de Ballarini et al. (2013) a montré que les avantages de la nouveauté sur la mémoire ont été observés lorsque les élèves ont expérimenté de nouvelles leçons une heure avant ou après la lecture d'une histoire mais pas lorsque les événements étaient à quatre heures d'intervalle. Ces résultats suggèrent qu'un délai critique existe.

Les effets bénéfiques de la nouveauté sur la mémoire pourraient se produire avant et après l'apprentissage. Cette constatation a été faite dans la recherche animale (Li et al., 2003 ; Moncada & Viola, 2007 ; Wang et al., 2010a). Quelques études chez l'Homme ont stipulé également que la mémoire à long terme serait favorisée par l'exploration de la nouveauté avant ou après l'apprentissage (Ballarini et al., 2013 ; Duncan & Schlichting, 2018 ; Fenker et al., 2008 ; Schomaker et al., 2014b). Dans son étude, Rangel-Gomez (2015) a proposé d'exposer, non pas avant ou après, mais simultanément les stimuli nouveaux pendant la tâche d'encodage. Leurs résultats ont montré que la nouveauté n'avait aucun avantage instantané pour l'apprentissage et qu'elle était même considérée comme une distraction.

Par conséquent, nous pouvons conclure que de nouveaux stimuli sont bénéfiques pour l'apprentissage s'ils sont présentés pendant une certaine durée, avant ou après la tâche d'encodage et si le délai entre les deux ne dépasse pas une période critique.

2.3. Stimulation cérébrale et effet modulateur de la nouveauté sur l'apprentissage

Pendant longtemps, il a été supposé que les processus liés à la familiarité et à la nouveauté étaient sur un même continuum et qu'ils impliquaient les mêmes mécanismes cognitifs et neuronaux.

Cependant, les études animales ont suggéré que les nouveaux stimuli seraient traités différemment que les stimuli familiers. Les données ont montré une décharge neuronale beaucoup plus forte dans le cortex temporal inférieur pour des stimuli nouveaux par rapport aux stimuli familiers (Li et al., 1993, Xiang & Brown, 1998). Chez l'Homme, les études d'IRMf ont également découvert une activité plus forte pour une variété de nouveaux stimuli (environnements, visages, paysages, animaux, bâtiments) par rapport aux stimuli familiers dans les régions limbiques, les zones frontales, temporales, pariétales et occipitales (Hawco & Lepage, 2014). Plus précisément, il existerait une forte activation du gyrus fusiforme et du LTI (Duan et al., 2010 ; Kaplan et al., 2014). En effet, le système de nouveauté impliquerait l'hippocampe, les cortex périrhinal et parahippocampique, alors que le système de familiarité impliquerait le noyau thalamique dorsomédial et les régions du cortex préfrontal, pariétal et latéral médian. La convergence des deux réseaux, traitant la familiarité et la nouveauté comme un seul continuum, n'a été trouvée que dans un réseau fronto-pariétal. Ceci suggère un mécanisme à double voie : l'existence de deux systèmes fonctionnels distincts bien qu'en interaction (Kafkas & Montaldi, 2014). De plus, la nouveauté pourrait stimuler l'amygdale, seule ou/et en interaction avec le contenu émotionnel (Blackford et al., 2010).

Selon Schomaker et Meeter (2015), en conséquence de l'activation de divers systèmes neuromodulateurs, la nouveauté aurait divers effets sur la cognition : améliorer la perception (Schomaker & Meeter, 2012) et accélérer les temps de réaction (Fenker et al., 2008 ; Schomaker et al., 2014a), augmenter la motivation ainsi que renforcer le traitement des récompenses (Baldassarre & Mirolli, 2013 ; Bunzeck et al., 2012), provoquer l'exploration (Düzel et al., 2010 ; Krebs et al., 2009) et promouvoir l'apprentissage (Mayer et al., 2011). Ces effets peuvent être regroupés en trois catégories : (1) une réponse attentionnelle à la nouveauté, éventuellement médiée par l'amygdale, (2) une réponse de type excitation à la déviance qui pourrait être médiée par le système noradrénergique, (3) la nouveauté spatiale, la motivation et l'apprentissage pourraient déclencher le système mésolimbique dopaminergique.

Pour notre étude, nous nous intéressons plus particulièrement à l'effet modulateur de la nouveauté sur l'apprentissage. Mayer et al. (2011) ont suggéré que la nouveauté améliorerait les processus requis pour l'encodage en mémoire à court terme visuelle, tout comme elle faciliterait le traitement perceptif. Le LTI semble jouer un rôle dans le traitement et la détection de la nouveauté en plus de la perception et la mémoire à court terme mais les mécanismes exacts restent encore flous (Kamiński et al., 2018 ; Kumaran & Maguire, 2009 ; Nyberg, 2005 ; Ranganath & Rainer, 2003). En se basant sur des études d'IRMf datant des années 90, Martin (1999) a proposé que le LTI serait automatiquement impliqué pendant un événement et le côté concerné (gauche, droite) s'activerait en fonction de la nature du matériel présenté (verbal, non verbal). De surcroît, la force ou la quantité d'activité dépendrait de la qualité de l'encodage d'un stimulus. Comme expliqué précédemment, l'encodage profond produirait plus d'activité en LTI que l'encodage superficiel. Les augmentations d'activité liées à la profondeur d'encodage seraient plus fréquemment observées à gauche étant donné que l'encodage profond dépend de mécanismes du langage latéralisés à gauche. En outre, la quantité d'activité du LTI dépendrait de la nouveauté. Des événements inconnus produiraient plus d'activité que des événements familiers. Les activations cérébrales liées à la nouveauté seraient plus fréquemment observées à droite, ce qui refléterait le rôle plus important de l'hémisphère droit dans le maintien de l'attention et de l'excitation. Ces différentes propriétés du LTI suggèrent une division hémisphérique : l'encodage verbal (à gauche) et la détection de la nouveauté (à droite), les deux conduisant à une meilleure mémorisation.

D'autres recherches ont stipulé que de faibles traces en mémoire dues à un encodage superficiel se consolideraient après une exposition à la nouveauté (Moncada & Viola, 2007 ; Takeuchi et al., 2013 ; Wang et al., 2010b). Selon Duzkiewicz et al. (2019), un nouvel événement stimulerait la persistance de la « mémoire faible » via la libération de dopamine médiée par le locus coeruleus et l'activation ultérieure des récepteurs de la dopamine D1 /D5.

2.3.1. Neurotransmetteurs

Les modèles de la littérature scientifique sur la nouveauté suggèrent tous qu'il existe un signal de nouveauté, libérant de l'acétylcholine, de la noradrénaline ou de la dopamine. Ensuite, cette libération modifie la dynamique de nombreuses zones cérébrales, ce qui sous-tendrait les réponses cognitives/comportementales de l'exposition à la nouveauté (Rangel-Gomez & Meeter, 2016). Cependant, il n'est pas facile de savoir si de nouveaux stimuli activent directement les neurones, ou indirectement par le biais d'un signal de nouveauté généré dans d'autres régions.

2.3.2. Le système dopaminergique (le modèle de boucle hippocampique-ATV)

En outre, nous avons pu remarquer dans la littérature que la nouveauté activait le système mésolimbique dopaminergique. (Baldassarre & Mirolli, 2013 ; Lisman & Grace, 2005 ; Rangel-Gomez & Meeter, 2016 ; Schomaker, 2019). L'effet modulateur de la nouveauté sur l'apprentissage s'appuierait sur les connexions fonctionnelles entre l'hippocampe et la région de la substance noire / l'aire tegmentale ventrale (SN / ATV) en régulant l'entrée de nouvelles informations dans la mémoire à long terme. Plus précisément, le LTI (y compris l'hippocampe et le cortex environnant) détecterait la nouveauté en comparant les informations nouvelles avec le contenu stocké dans la mémoire à long terme. Le signal de nouveauté neuronale serait ensuite envoyé aux neurones dopaminergiques dans la SN / ATV via le subiculum, le noyau accumbens et le pallidum ventral de l'ATV. Celui-ci libérerait alors de la dopamine dans l'hippocampe, ce qui, à son tour, augmenterait la potentialisation à long terme. Ce mécanisme serait retrouvé dans le modèle animal (Packard & White, 1991) et également souligné dans des études d'IRMf chez l'Homme (Bunzeck et al., 2014 ; Chowdhury et al., 2012). De plus, le modèle hippocampique-ATV aiderait à expliquer l'extension temporelle des améliorations de la mémoire induites par la nouveauté (Lisman & Otmakhova, 2001).

La transmission dopaminergique a été abordée ces dernières années avec le modèle « Motivation de l'anticipation liée à la nouveauté et l'exploration par la dopamine (NOMAD) » (Düzel et al., 2010). Ce modèle explique les rôles du mode tonique et du mode phasique des neurones dopaminergiques, en lien avec l'anticipation et l'exposition réelle à la nouveauté. Le mode tonique correspond aux « effets lents et durables conduisant à une modulation en fonction de la zone concernée ou des récepteurs activés », alors que le mode phasique correspond aux « réactions rapides sur les sites post-synaptiques toujours dans le même sens en produisant le même effet » (Millet & Vanelle, 2010). L'anticipation de la nouveauté produirait une décharge tonique des neurones dopaminergiques et motiverait l'exploration. L'exposition réelle à de nouveaux stimuli déclencherait, quant à elle, le mode phasique de dopamine qui, grâce à des cascades liées aux récepteurs D1 et D5, aiderait à transformer la plasticité synaptique transitoire en plasticité durable (Li et al., 2003). La combinaison de réponses toniques et phasiques dopaminergiques améliorerait l'apprentissage et la consolidation des nouveaux stimuli. Rappelons qu'il est difficile de savoir si un effet de nouveauté sur la mémoire est dû à la violation des attentes (l'inattendu) ou à la nouveauté en soi et que les deux peuvent interagir de manière complexe. Wittmann et al. (2007) ont considéré que de nouveaux stimuli stimulaient

l'hippocampe indépendamment du fait qu'ils étaient attendus ou non, mais les auteurs ont constaté que ces stimuli activaient l'ATV et la SN seulement lorsqu'ils étaient inattendus.

2.3.3. Autres systèmes de neurotransmetteurs

L'ATV a été, pendant longtemps, décrit comme la seule source de dopamine hippocampique liée à la nouveauté associée à la persistance de la mémoire (Schomaker, 2019). Des études récentes chez les rongeurs ont suggéré que le locus coeruleus (LC) colibérerait de la noradrénaline et de la dopamine dans l'hippocampe et qu'il pourrait être une source alternative de signalisation dopaminergique associée à l'apprentissage (McNamara & Dupret, 2017 ; Takeuchi et al., 2016). Les projections de l'ATV et du LC sur l'hippocampe appartiendraient à deux systèmes distincts (figure 3). Les expériences nouvelles qui partagent certains points communs avec les expériences passées (« nouveauté commune ») activeraient l'ATV et favoriseraient la formation de la mémoire sémantique (A). En revanche, les expériences qui n'ont qu'une relation minime avec des expériences passées (« nouveauté distincte ») activeraient le LC pour déclencher une forte consolidation initiale de la mémoire dans l'hippocampe (B), ce qui se traduirait par des souvenirs épisodiques forts et durables (Duszkiewicz et al., 2019 ; McNamara & Dupret, 2017).

(A) Common novelty & VTA-HPC system

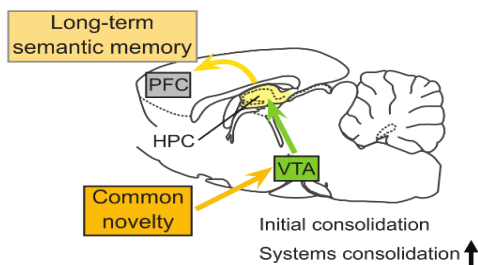
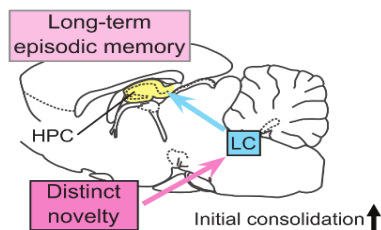


Figure 3. Systèmes de projection de l'ATV et du LC sur l'hippocampe (HPC) (Duszkiewicz et al., 2019).

(B) Distinct novelty & LC-HPC system



Les effets bénéfiques de l'exploration d'un nouvel environnement sur l'apprentissage et la mémoire pourraient être causés par les effets de la nouveauté sur l'excitation (« *arousal* ») : l'exploration de nouveaux environnements entraînerait une augmentation de l'excitation et de l'activité locomotrice (Moser et al., 1994), ce qui pourrait à son tour favoriser la potentialisation à long terme et l'apprentissage médié par l'activité noradrénergique.

Ainsi, la nouveauté activerait chez l'animal le système noradrénergique pour co-libérer la noradrénaline et la dopamine dans l'hippocampe. Étant donné que la nouveauté peut également activer l'hippocampe, le système dopaminergique et la LC chez l'Homme, il est probable que les avantages induits par la nouveauté reposent sur des mécanismes similaires (Krebs et al., 2013 ; Murty et al., 2013).

L'exploration d'un nouvel environnement entraînerait également la libération d'acétylcholine (ACh) pendant plusieurs minutes (Giovannini et al., 2001 ; Meeter et al., 2004).

Il n'y a pas de théorie reliant d'autres neurotransmetteurs majeurs au traitement de nouveauté. Cependant, des études sur des animaux ont trouvé des liens entre GABA/nouveauté et glutamate/nouveauté (Vianna et al., 2000).

2.3.4. Types de nouveauté et systèmes

Les mécanismes d'encodage de ces systèmes de neurotransmetteurs sont sensibles à différents types de nouveauté.

La nouveauté contextuelle ou inattendue déclencherait le système dopaminergique, libérant de la dopamine et pourrait activer le LC, libérant de la noradrénaline (Kafkas & Montaldi, 2018 ; Vankov et al., 1995). En revanche, la nouveauté absolue stimulerait le système cholinergique via l'hippocampe (Kafkas & Montaldi, 2018). Chez d'autres auteurs, la nouveauté absolue (des images de scènes inconnues) stimulerait également les neurones dopaminergiques dans la SN / ATV favorisant la libération de la dopamine (Bunzeck & Düzel, 2006 ; Li et al., 2003). L'exploration active d'un nouvel environnement, quant à elle, entraînerait une activation du système mésolimbique dopaminergique et du système noradrénergique (Kemp & Manahan-Vaughan, 2008 ; Schomaker et al., 2014b, 2015). La nouveauté environnementale produirait un déclenchement neuronal sur 5 minutes plus important dans le LC que dans l'ATV (Takeuchi et al., 2016). De surcroît, de nouveaux environnements et explorations seraient connus pour augmenter la présence d'ACh (Giovannini et al., 2001).

Nous pouvons donc remarquer qu'il existe différents systèmes impliqués lorsque la nouveauté est détectée. Cependant, les mécanismes de la libération des différents neurotransmetteurs restent encore à étudier plus précisément. En outre, les liens entre ces systèmes ne sont pas encore bien établis.

2.4. Détection de la nouveauté

Pour observer un effet de nouveauté, il faut d'abord être capable de percevoir la nouveauté et de la distinguer de la non-nouveauté.

Une détection réussie de la nouveauté nécessite de diriger l'attention vers la nouveauté. Daffner et al. (1992) expliquent qu'il existe un rôle de la quantité d'attention attribuée aux scènes et de l'orientation attentionnelle vers de nouveaux stimuli dans l'amélioration de la mémoire contextuelle. Ainsi, une détection de la nouveauté d'un stimulus s'accompagnerait d'un temps d'observation plus long que lorsque le stimulus est connu. Ces temps d'observation peuvent être mesurés à l'aide des temps de réaction ou par « eye tracking ».

Il existe des mesures dites plus comportementales de la détection à la nouveauté. Biel et Bunzeck (2019) ont étudié, à l'aide de questionnaires, l'intérêt et l'humeur des participants en faisant l'hypothèse que ceux qui détectaient la nouveauté auraient tendance à trouver les nouvelles scènes plus intéressantes et à se considérer de meilleure humeur (Park et al., 2010). En parallèle, Schomaker et al. (2014b) ont étudié la motivation. Selon eux, la libération de dopamine causée par la nouveauté pourrait améliorer la motivation en augmentant le temps d'exploration active. Ainsi, plus la distance parcourue était grande, plus l'individu a été motivé par la détection de la nouveauté.

D'autres études ont jugé la détection de la nouveauté à travers l'activité cérébrale grâce à l'IRMf, notamment celle de Fenker et al. (2008). Kafkas et Montaldi (2014) ont pu montrer, à l'aide de l'IRMf, que le traitement de la familiarité et de la nouveauté impliquait des réseaux neuronaux distincts.

2.5. Choix du type de nouveauté pour la présente étude

Dans la recherche animale, c'est la nouveauté environnementale qui est étudiée, alors que chez l'Homme, ce sont la nouveauté absolue et la nouveauté contextuelle. Cette démarche rend difficilement les résultats de la recherche animale généralisables à la recherche humaine. Pourtant, certaines études ont suggéré que ces deux types de stimuli entraînent des conséquences cérébrales et comportementales différentes (Kafkas & Montaldi, 2018 ; Schomaker & Meeter, 2015).

2.5.1. La nouveauté spatiale/environnementale

Malgré les résultats solides d'une plasticité accrue dans les études animales, les effets de la nouveauté spatiale ont rarement été étudiés chez l'Homme. Ce fait peut être dû à des différences dans la tradition de recherche, mais est probablement aussi causé par les problèmes pratiques impliqués dans l'exposition des participants à de nouveaux environnements (par exemple, des tests dans différents endroits), tout en contrôlant les facteurs environnementaux (familiarité, bruit ambiant, etc.). Cependant, la réalité virtuelle pourrait pallier ces problèmes pratiques. En effet, la réalité virtuelle (RV) présente différents avantages. Un des premiers est qu'elle peut faire varier l'environnement sans limite et contrôler différentes variables (impossible en simulation « réelle »). Cet outil permet donc de se rapprocher d'une validité écologique. De plus, elle permet de collecter des données du comportement (distance parcourue) de manière plus objective afin d'avoir une meilleure maîtrise des résultats (Plancher et al., 2008). L'utilisation de la RV demande de contrôler d'autres variables, comme le sentiment de présence. Bouvier (2009, p. 36) le définit comme :

Une expérience subjective vécue consciemment qui dépend de facteurs internes et externes à l'utilisateur. L'état de présence se traduit alors par des réactions physiologiques (accélération du rythme cardiaque, transpiration, etc.), comportementales (modification de la posture, expressions du visage, etc.), émotionnelles (peur, joie, tristesse, anxiété, etc.), intellectuelles (conversation avec un avatar) ou sentimentales (empathie). Ces réactions seraient inconscientes et irréfléchies.

En utilisant des environnements virtuels plutôt que réels, les participants peuvent explorer des environnements nouveaux et familiers bien contrôlés tout en étant en laboratoire.

Il existe des études (Plancher et al., 2012, 2013) sur la différence entre l'exploration active par rapport à l'exploration passive d'un environnement virtuel qui ont montré que l'exploration active améliorerait davantage le rappel d'information spatiale que l'exploration passive. Dans un nouvel environnement, des choix de navigation actifs sont effectués, ce qui pourrait favoriser le souvenir des points de repère et de la mémoire spatiale, tandis que la navigation dans un environnement familier dépendrait fortement des habitudes. Il est donc possible que des choix comportementaux actifs plutôt que la nouveauté perceptuelle de l'environnement lui-même sous-tendent les effets bénéfiques de la nouveauté sur la mémoire. Schomaker et al. (2014b) ont donc cherché à savoir si l'exploration active d'un nouvel environnement améliore l'apprentissage d'une tâche chez l'Homme. Les participants ont exploré activement de nouveaux environnements virtuels et des environnements virtuels précédemment familiarisés. Après avoir exploré un nouvel environnement virtuel, le rappel (dépendant de

l'hippocampe) dans une tâche d'apprentissage des mots a été amélioré, tandis que la reconnaissance (indépendante de l'hippocampe) n'a pas été améliorée, indiquant une implication hippocampique.

En premier lieu, nous avons choisi la nouveauté spatiale ou environnementale pour essayer de répliquer les résultats prometteurs de cette étude et de se rapprocher le plus possible des modèles animaux.

2.5.2. La nouveauté contextuelle

Comme expliqué dans l'introduction de ce présent travail, le contexte sanitaire nous a imposé un changement de méthodologie. Effectivement, le testing à distance ne permettant pas l'exploration active d'un environnement virtuel, nous avons opté pour la nouveauté contextuelle. Nous pouvons de fait retrouver différentes études ayant utilisé ce type de stimulus, notamment celle de Fenker et al. (2008). Dans cette expérience, les participants devaient juger, comme étant à l'intérieur ou à l'extérieur, une série de scènes nouvelles ou familières (c'est-à-dire préalablement familiarisées) qui leurs étaient montrées, quelques minutes avant un encodage de mots. Les auteurs ont constaté que lorsque les images étaient nouvelles, les mots étaient mieux appris. De plus, l'étude étant réalisée en IRMf, ils ont observé que la nouveauté avait activé la SN / ATV et l'hippocampe. Cependant, cela n'était pas en corrélation avec les améliorations de la mémoire. Même si ces chercheurs n'ont pas observé de relation quantitative claire entre l'activation de la SN / ATV et l'amélioration de la mémoire, cela n'exclut pas la possibilité que la neuromodulation dopaminergique joue un rôle. En effet, il existe des études ayant montré que de nouvelles images activaient la SN / VTA, le striatum et l'hippocampe (Bunzeck & Düzel, 2006 ; Bunzeck et al., 2014 ; Herweg et al., 2018 ; Kafkas & Montaldi, 2015).

Maintenant que nous avons abordé de plus près les mécanismes de la mémoire et de la nouveauté ainsi que leur relation, il nous semble intéressant de nous pencher sur l'influence potentielle de certaines caractéristiques individuelles dans cette relation.

3. La curiosité et la recherche de nouveauté

Dans cette partie, nous allons définir la curiosité et la recherche de nouveauté ainsi qu'expliquer leurs liens avec la nouveauté et l'apprentissage.

3.1. La curiosité

La curiosité peut être définie comme la reconnaissance, la poursuite et la motivation à l'exploration d'événements nouveaux, stimulants et incertains. C'est une construction à multiples facettes, constituée de la recherche d'informations et d'expériences dont la fonction directe est d'apprendre de nouvelles choses, d'explorer et de s'immerger dans des stimuli qui retiennent l'attention (Berlyne, 1960 ; Hunt, 1965 ; Spielberg & Starr, 2012). La curiosité aiderait également à survivre (Panksepp, 1998). En outre, une étude a montré que les personnes âgées ayant une curiosité plus élevée avaient de meilleures chances de vivre plus longtemps et en bonne santé (Swan & Carmelli, 1996) que les personnes âgées ayant une curiosité plus faible. L'ouverture à de nouvelles expériences serait donc associée à la longévité (Jonassaint et al., 2007).

À long terme, la curiosité remplit une fonction plus large de renforcement des connaissances et des compétences (Silvia, 2012). En effet, Kidd et Hayden (2015) ont suggéré que la curiosité faciliterait l'apprentissage et améliorerait la mémoire à long terme. Elle éveillerait un système de satisfaction et de récompense, ce qui entraînerait une augmentation de l'activité cérébrale en développant les connexions entre neurones grâce à la dopamine. Les mêmes auteurs ont observé une augmentation tant de l'activité de l'hippocampe que des connexions avec le circuit de la récompense. La curiosité stimulerait donc des régions cérébrales similaires au concept de nouveauté. Elle nous aiderait ainsi à retenir d'autant mieux et plus longtemps les informations à mémoriser.

Pour étudier la curiosité, la majorité des études utilisent la dimension d'ouverture de l'inventaire de personnalité du NEO PI. L'ouverture est considérée comme une dimension régulant les réactions à la nouveauté et regroupe un ensemble de comportements comme la tolérance, l'exploration et la recherche active de la nouveauté. Cette dimension peut être située sur un continuum avec « conformisme-conventionnel » et « ouverture-curiosité » à chaque extrémité. Le premier pôle se caractérise par une attirance à la familiarité, aux habitudes et une préférence pour les situations connues car elles sont considérées comme plus fiables, étant donné qu'elles ont pu déjà montrer leur(s) utilité(s) dans le passé.

A contrario, le pôle « ouverture-curiosité » est caractérisé par le goût pour la nouveauté, pour l'inhabituel et pour tout ce qui n'est pas familier (Rolland, 2004).

3.2. La recherche de nouveauté

La recherche de la nouveauté, caractéristique fondamentale chez les mammifères, fait référence à la tendance des humains et des animaux à explorer des stimuli et des environnements inconnus (Reed et al., 1996 ; Wilson & Goldman-Rakic, 1994). Comme il n'y a pas toujours de nourriture dans leur environnement habituel, les espèces ont besoin d'explorer activement de nouveaux endroits pour survivre. Pour s'adapter de manière optimale à la situation actuelle, le cerveau doit faire un compromis entre l'exploitation de sources de récompense bien connues d'une part, et l'exploration de nouveaux objets et situations pouvant signaler des résultats plus avantageux comme la signalisation d'une menace d'une part (Averbeck et al., 2013 ; Cohen et al., 2007). Un intérêt pour le nouveau pourrait donc présenter des avantages évolutifs (Francis & Inzlicht, 2016). Les individus recherchant grandement la nouveauté seraient susceptibles d'acquérir une plus grande connaissance et une meilleure maîtrise de leur environnement. En effet, des études ont établi un lien entre la préférence pour la nouveauté et l'apprentissage (Houillon et al., 2013). En outre, selon Gocłowska et al. (2019), une recherche accrue de nouveauté conduirait à une plus grande créativité.

Les résultats de l'étude de Costa et al. (2014) ont démontré que l'augmentation des niveaux de dopamine chez les singes sous-tendait l'évaluation positive de nouveaux stimuli afin de provoquer un comportement exploratoire. Ils suggéraient également que des modifications de la recapture de la dopamine pouvaient contribuer à une recherche excessive de nouveauté et à l'impulsivité. Chez l'Homme, le trait de personnalité lié à la dopamine le plus largement étudié est la recherche de nouveauté (Bódi et al., 2009). Des études ont montré que le degré d'activation de la SN/VTA, induit par de nouvelles images, était corrélé à la recherche de nouveauté (Krebs et al., 2009). Cela suggère que les mécanismes de motivation inférés par la nouveauté dépendraient également de la recherche de nouveauté.

La recherche de nouveauté est souvent étudiée à l'aide de la dimension de la recherche de nouveauté de l'inventaire de personnalité du TCI-R. Cette dimension fait référence à « la tendance héréditaire à l'excitation en réponse directe à la nouveauté ou à la récompense. Cette tendance s'accompagne d'une intense activité exploratoire et de l'évitement actif de la monotonie et de punitions potentielles » (Vandamme & Nandrino, 2004, p. 52).

3.3. Lien entre les deux concepts

Certains auteurs ont stipulé l'existence d'une corrélation entre la recherche de nouveauté et l'ouverture. D'autres ont même suggéré que ces deux dimensions évaluaient exactement le même trait de personnalité. Les résultats de l'étude de De Fruyt et al. (2000) ont montré que chaque facteur du TCI était largement couvert par ceux du NEOPI-R. Capanna et al. (2012) ont trouvé une corrélation entre l'ouverture et la recherche de nouveauté. Néanmoins, quand ils comparaient les deux inventaires de manière globale, les différences l'emportaient sur les similitudes, ce qui supposerait que ces conceptualisations et mesures de la personnalité sont quelque peu incompatibles les unes avec les autres. MacDonald et Holland (2002) ainsi qu'Aluja et Blanch (2011), quant à eux, n'ont pas trouvé de corrélation entre les deux dimensions. Les analyses factorielles indiquaient que les échelles de chaque modèle étaient fortement interdépendantes et définissaient bien la dimension spécifiée. Une étude plus récente de Gocłowska et al. (2019) a montré que la recherche de nouveauté était liée à une plus grande divergence de pensée et à deux traits de personnalité fondamentaux qui seraient les prédicteurs les plus puissants de la créativité : l'ouverture et l'extraversion. Cependant, pour mesurer la recherche de nouveauté, ces mêmes auteurs ont administré un inventaire inspiré du TCI et pas le TCI lui-même. Nuançons que Capanna et ses collaborateurs (2012) ainsi qu'Aluja et Blanch (2011) ont utilisé la version révisée du TCI (TCI-R), contrairement à De Fruyt et al. (2000) et MacDonald et Holland (2002), qui, eux, ont utilisé les versions les plus anciennes du TCI et du NEO PI.

En conclusion, les dimensions de recherche de nouveauté du TCI-R et la dimension de l'ouverture du NEO PI évalueraient bien deux traits de personnalité différents. Néanmoins, ces concepts semblent se chevaucher légèrement, cela pouvant indiquer qu'une personne recherchant fortement la nouveauté serait plus curieuse ou inversement. Pour Berlyne (1960), la curiosité est un état de motivation orienté vers l'approche de nouvelles choses complexes et surprenantes (de manière modérée) qui activerait le système de récompense pour générer des affects positifs. Ce système de récompense motiverait la recherche de la nouveauté et l'exploration de nouveaux stimuli. Le modèle de la génération de la nouveauté de Schweizer (2006) suppose que les états motivationnels, les traits de personnalité (comme la curiosité) ainsi que les environnements sociaux affectent la recherche de nouveauté. Celle-ci serait donc amenée par la curiosité, mais son déclenchement dépendrait également d'autres facteurs (excitabilité, impulsivité, désinhibition...), dont certains (impulsivité, excitabilité) sont évalués dans les sous-dimensions de la recherche de nouveauté du TCI-R.

4. Conclusion de la revue de littérature

Dans cette revue de littérature, nous avons décrit le fonctionnement de la mémoire épisodique. Celle-ci est composée de différentes étapes comme l'encodage et la récupération. L'encodage peut se faire de manière incidente ou intentionnelle et il existe différents niveaux de profondeur de traitement (profond et superficiel). Les informations peuvent être récupérées de manière volontaire avec des détails spatio-temporels liés à l'événement (rappel libre et recollection) ou via des mécanismes plus automatiques (familiarité). Les régions cérébrales activées par la mémoire épisodique sont principalement l'hippocampe, les régions parahippocampiques ainsi que le cortex préfrontal.

Concernant l'effet de la nouveauté, la littérature a montré que de nouveaux stimuli génèrent de fortes réponses neuronales dans de nombreuses zones cérébrales et engendrent des effets sur la cognition. Cependant, les mécanismes restent encore flous et sont influencés par différents facteurs dont le type de nouveauté (absolue, contextuelle, environnementale, déviante, inattendue), le temps d'exposition à la nouveauté et le délai entre la nouveauté et l'encodage. Les articles scientifiques présentés dans la revue de littérature n'utilisent pas tous la même méthodologie (type de nouveauté, mesure de la détection de la nouveauté, temps de latence entre encodage et récupération, animaux ou humains...), ce qui fait varier considérablement les résultats. Etant donné que nous nous sommes inspirés des études de Schomaker et al. (2014b) et Fenker et al. (2008) pour établir notre méthodologie, nous allons principalement diriger notre attention sur l'effet de la nouveauté sur l'hippocampe ainsi que l'implication du système dopaminergique et noradrénergique.

Pour aller plus loin, nous avons étudié les caractéristiques individuelles de motivation comme la curiosité et la recherche de nouveauté. En effet, celles-ci auraient un lien avec l'amélioration de l'apprentissage médiée par la nouveauté. Une personne curieuse serait plus encline et plus motivée à rechercher la nouveauté, ce qui activerait le système lié à la récompense, c'est-à-dire le système dopaminergique.

En conclusion, la littérature a montré que la nouveauté, la mémoire épisodique et les traits de personnalité pouvaient stimuler l'hippocampe. La libération de dopamine provoquée par la nouveauté augmenterait la motivation (curiosité et recherche de nouveauté) et, ainsi, améliorerait l'encodage.

CHAPITRE 2 : OBJECTIFS ET HYPOTHESES

Les informations trouvées dans la littérature concernant les mécanismes de la nouveauté entraînant une amélioration de la mémoire restent imprécises. Pour aller plus loin, nous avons voulu mettre en pratique ce qui a été trouvé dans la littérature afin d'apporter plus de précision.

La question de recherche de cette étude porte sur l'implication de la nouveauté contextuelle (jugement de nouvelles scènes par rapport à un jugement de scènes précédemment familiarisées) dans l'amélioration de la mémoire dépendante de l'hippocampe (rappel libre et recollection), lorsque les mots sont encodés avec deux niveaux de profondeur différents (profond et superficiel). En outre, étant donné qu'il existe peu d'articles dans la littérature scientifique concernant l'influence des caractéristiques individuelles sur l'effet de la nouveauté sur l'apprentissage, nous avons pris en considération les traits de personnalité de la curiosité et de la recherche de nouveauté.

Dans ce présent chapitre, les objectifs et les hypothèses qui découlent de la question de recherche ainsi que la procédure utilisée pour y répondre seront présentés ci-dessous.

1. Objectif 1 : Détection de la nouveauté et familiarisation

Une détection de la nouveauté d'un stimulus s'accompagne d'un temps d'observation plus long que lorsque le stimulus est connu (Daffner et al., 1992). Ainsi, afin de vérifier si les stimuli ont bien été familiarisés, nous nous attendons à ce que les scènes familiarisées soient traitées plus rapidement à leur deuxième présentation (condition de familiarité) par rapport à la première (phase de familiarisation). Alors que pour observer la détection de nouveaux stimuli, nous nous attendons à ce que les scènes dans la condition de nouveauté soient traitées plus lentement que dans la condition de familiarité.

Pour vérifier cette hypothèse, nous avons créé la tâche de nouveauté en s'inspirant de la tâche de jugement de scènes de Fenker et al. (2008) et ce, avec des scènes devant être jugées comme se déroulant à l'intérieur ou à l'extérieur. Le temps d'observation était calculé à l'aide des temps de réaction que mettent les participants à juger les scènes, enregistré automatiquement par le programme que nous avons utilisé.

2. Objectif 2 : Effet de la nouveauté et de la profondeur d'encodage sur la récupération

La nouveauté serait fortement associée à l'hippocampe (Kaplan et al., 2012 ; Lisman & Grace, 2005) comme le rappel libre et la reconnaissance de type recollection (Yonelinas et al., 2002), alors que la familiarité serait indépendante de l'hippocampe. Ainsi, conformément aux résultats des études précédentes (Fenker et al., 2008 ; Schomaker et al., 2014b) et aux corrélats neuronaux de la nouveauté et des différents processus de récupération, nous faisons l'hypothèse d'une amélioration du rappel et de la reconnaissance de type recollection après le jugement des nouvelles scènes par rapport au jugement des scènes familières. En revanche, nous ne prédisons pas d'effet de la nouveauté sur la reconnaissance globale et la reconnaissance de type familiarité.

Concernant la profondeur d'encodage, il a été démontré que les mots encodés de manière profonde étaient mieux récupérés que les mots encodés superficiellement. Ainsi, nous faisons l'hypothèse que les mots encodés de manière profonde devraient être mieux rappelés et reconnus que les mots encodés superficiellement (Fletcher et al., 2003 ; Marzi & Viggiano, 2010).

Nous pouvons également imaginer une interaction entre la nouveauté et le type d'encodage. En effet, un nouveau stimulus consoliderait d'autant plus des éléments encodés de manière superficielle qui auraient de faibles traces en mémoire (Duszkiewicz et al., 2019 ; Moncada & Viola, 2007 ; Takeuchi et al., 2013 ; Wang et al., 2010b). Par conséquent, pour la présente étude, nous supposons la présence d'un effet de la nouveauté plus particulier sur l'apprentissage superficiel et, ainsi, un meilleur rappel et une meilleure recollection de mots encodés superficiellement après un jugement de nouvelles scènes par rapport à des anciennes scènes.

Dans l'étude de Fenker et al. (2008), les auteurs cherchaient à démontrer un lien entre la détection à la nouveauté (activation de la région hippocampique observées via l'IRMf) et l'amélioration du rappel après un jugement de scènes nouvelles par rapport au jugement de scènes précédemment familiarisées. Cependant, ils n'ont pas pu confirmer cette hypothèse. Nous avons donc tenté de tester la même hypothèse dans notre étude. Ainsi, nous nous attendons à une interaction entre la sensibilité à la nouveauté (c'est-à-dire dans quelle mesure un participant prend le temps de regarder une scène nouvelle par rapport à une scène familière) et l'effet de nouveauté en mémoire dépendante de l'hippocampe.

Pour vérifier ces hypothèses, nous avons élaboré la tâche d'apprentissage de mots en utilisant les mêmes paramètres que la tâche d'apprentissage de mots de l'étude de Schomaker et al. (2014b). Nous avons ajouté un jugement de recollection/familiarité dans la reconnaissance de type oui/non. Etant donné qu'il existe un délai critique entre l'exposition à la nouveauté et l'encodage, nous nous sommes inspirés des études ayant montré un effet de nouveauté. Nous avons suivi la même démarche pour le temps d'exposition à la nouveauté. Ainsi, le délai ne devait pas dépasser 15 minutes et le temps d'exposition devait durer approximativement 5 minutes. De surcroît, nous avons choisi d'exposer les participants à la nouveauté avant la tâche d'encodage, étant donné les résultats concluants retrouvés dans les recherches chez l'Homme.

3. Objectif 3 : Les traits de personnalité et leur lien avec la nouveauté et la relation nouveauté/mémoire épisodique

La curiosité et la recherche de nouveauté seraient des facteurs de motivation pour s'orienter vers des stimuli nouveaux et seraient liés. Ils activeraient l'hippocampe et stimuleraient le système de récompense (Bódi et al., 2009 ; Kidd & Hayden, 2015). L'hippocampe étant une région également activée par certains mécanismes de la récupération et également stimulée par la nouveauté, nous pouvons penser qu'il existe un lien entre eux.

Dans l'étude de Schomaker et al. (2014b), les auteurs suggéraient que les effets de longue durée de la nouveauté étaient en partie médiés par des caractéristiques individuelles, dont la motivation. Celle-ci était observée par un bonus d'exploration. Dans notre étude, ce dernier pourrait être observé par un bonus d'observation des images, donc un temps de réaction plus lent pour le jugement de nouvelles scènes (sensibilité à la nouveauté). La curiosité et la recherche de nouveauté étant des facteurs de motivation, nous nous attendons à une plus grande sensibilité à la nouveauté chez les participants ayant des scores élevés en curiosité et en recherche de nouveauté. De plus, nous faisons l'hypothèse que les participants les plus curieux et les plus enclins à rechercher la nouveauté présenteraient de meilleurs scores de rappel et de recollection après le jugement de nouvelles scènes. Enfin, nous nous attendons à un lien entre l'ouverture et la recherche de nouveauté.

Pour étudier les traits de personnalité des participants, nous avons utilisé la dimension de l'ouverture du NOE PI-3 et la dimension de la recherche de nouveauté du TCI-R.

La méthodologie mise en place afin de répondre à nos objectifs et tester nos hypothèses sera détaillée dans le chapitre suivant.

CHAPITRE 3 : MÉTHODOLOGIE

Dans ce chapitre, nous décrivons les participants volontaires de notre recherche empirique et la manière dont nous les avons recrutés. Ensuite, nous présenterons le matériel et les mesures utilisées pour réaliser cette étude ainsi que la procédure d'analyse optée. Enfin, nous aborderons les analyses statistiques que nous avons employé.

1. Participants

L'échantillon est composé de 34 participants, ceux-ci ayant été recrutés via les réseaux sociaux et le bouche-à-oreille. Pour être inclus dans l'étude, les participants devaient avoir entre 18 et 25 ans et posséder un ordinateur. De surcroît, présenter une condition psychiatrique ou neurologique constituait un critère de non-inclusion. À la fin de l'étude, 2 participants ont été exclus : l'un d'eux n'a pas été présent lors de la dernière séance et l'autre n'a réalisé que la première. Parmi les 32 participants restants, 15 étaient de sexe masculin et 17 de sexe féminin. La moyenne d'âge était de 22.19 ans ($ET = 1.79$) et la moyenne du nombre d'années d'études réussies depuis la première primaire était de 14.59 ($ET = 1.89$). Le tableau 1 reprend les caractéristiques sociodémographiques des participants.

Afin de déterminer a priori la taille de l'échantillon, l'étude de Schomaker et al. (2014b) a été utilisée et l'effet de la nouveauté sur le rappel ($F(1,24) = 4.01$, $p = .046$) a été pris en compte. Selon G-Power, une ANOVA à mesures répétées nécessiterait 13 participants pour obtenir la même taille d'effet ($f = 0.44$). En ajoutant une dimension (niveau de traitement pour la tâche d'encodage en intra-sujet), le nombre de participants nécessaire n'a que très légèrement augmenté ($n=14$). Etant donné le contrebalancement désiré, c'est-à-dire le contrebalancement entre les versions des scènes (version 1 VS version 2), l'ordre de nouveauté (familiarité VS nouveauté) et les 8 listes de mots, 32 participants (moitié homme et moitié femme) minimum ont été recherchés. Notons que ça devait être l'échantillon final (analysé), sans compter les participants qui abandonneraient l'expérience (par exemple suite à une mauvaise connexion internet, un encodage de données erronées, une incompréhension des consignes...). Cette étude a en outre reçu l'accord du comité éthique de la Faculté de Psychologie, Logopédie et Sciences de l'Education de l'Université de Liège.

Tableau 1. Données démographiques des participants.

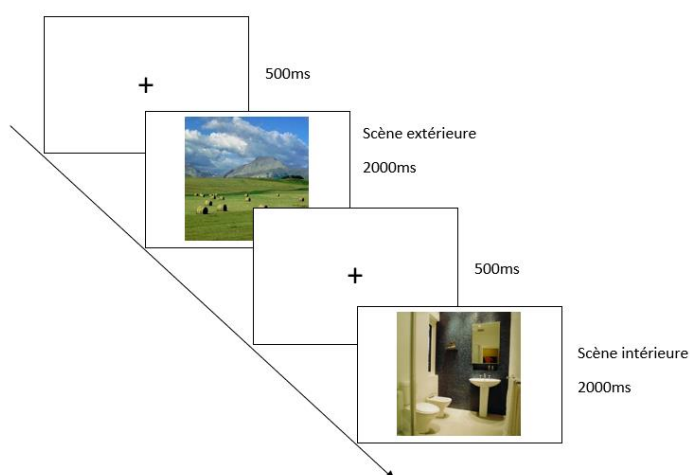
	Participants (n = 32)	
	Moyenne (ET)	Min-max
Âge	22.19 (1.79)	18-25
Genre (H/F)	15/17	/
Années d'études réussies*	14.59 (1.89)	9-18

*A partir de la première primaire

2. Matériel et mesure

Concernant la manipulation de la nouveauté, nous avons créé un test de jugement de scènes pour l'étude. Cent vingt scènes (60 en extérieur et 60 en intérieur) ont été sélectionnées dans la banque d'images de Konkle et al. (2010). Deux sets (version 1 et version 2) de 60 scènes (30 en intérieur et 30 en extérieur) ont été réparties par la suite en appariant sémantiquement les lieux des scènes. Par exemple, il y avait un cinéma et un jardin distincts par leur couleur, leur angle de vue, leurs détails dans chaque set. La tâche a été adaptée au système d'enquête en ligne « survey » (<https://surveys.fplse.uliege.be/surveys/apropos.php>) de l'Université de Liège (voir figure 4). Un des deux sets était présenté une première fois pour la phase de familiarisation (60x5 présentations) et, ensuite, une deuxième fois pour la condition de familiarité (chaque scène représentée une seule fois) et l'autre set (encore jamais présenté) était visionné pendant la condition de nouveauté (contrebalancement entre sujets). Les scènes ont été présentées aléatoirement pendant 2000 ms avec une croix de fixation qui apparaissait pendant 500 ms entre chaque scène. L'exposition totale à la nouveauté a duré 2 minutes maximum. Durant la tâche, il a été demandé aux participants, en appuyant sur des touches de leur clavier de juger si les scènes qu'ils voyaient à l'écran étaient présentées à l'intérieur (touche « A ») ou à l'extérieur (touche « P »). Cette tâche informatisée mesurait l'effet de nouveauté à l'aide des temps de réaction qui étaient enregistrés automatiquement par le programme.

Figure 4. Schématisation de la tâche de jugement de scènes.



Au niveau de la tâche de mémoire, elle a également été créée sur mesure pour l'étude. Pour ce faire, 160 mots substantifs français contenant 3 à 16 lettres ont été sélectionnés et répartis en 8 ensembles de 20 mots. Ces derniers étaient appariés en matière de longueur des mots et de fréquence des mots. De plus, chaque ensemble contenait le même nombre de mots de différentes catégories sémantiques (par exemple : des animaux, des fruits, des outils, des professions...). Les mots ont été tirés des 20 catégories de Dubois et Poitou (2002) et la fréquence et la longueur des mots ont été vérifiées sur le site web lexique.org. Pour confirmer que les 8 listes étaient bien appariées, 2 ANOVAs ont été calculées : une pour la longueur des mots entre les 8 listes ($F(7) = 0.055$, $p = 1.00$) et une autre pour la fréquence des mots entre les 8 listes ($F(7) = 0.001$, $p = 1.00$) qui ont confirmé qu'il n'y avait pas de différence significative entre elles. Pour chaque version, 4 ensembles ont été utilisés pour créer la tâche 1 et les 4 autres pour créer la tâche 2. Dans chaque tâche, 2 ensembles de 20 mots ont servi à créer la liste d'étude et les 2 autres ensembles de 20 mots ont servi de distracteurs dans la tâche de reconnaissance. Dans chaque liste d'encodage, 20 mots ont été sélectionnés pour l'encodage profond (*deep*) et les 20 mots restants ont été choisis pour l'encodage superficiel (*shallow*). Les listes ont été contrebalancées entre les participants. La tâche a d'abord été créée à l'aide du logiciel Psycho-Py. Comme le testing a été ramené en distanciel, le programme n'autorisait pas l'adaptation en ligne gratuitement. La tâche a alors été adaptée au système survey (voir figure 5). Pour la partie encodage, ce programme ne permettait pas l'exposition du mot à 2000 ms si les participants appuyaient sur une touche pour donner une réponse. Il leur a donc été demandé de répondre à voix haute. Ainsi, 40 mots au total ont été présentés durant 2000 ms chacun : 2 blocs de 20 mots d'encodage profond ou superficiel (ordre contrebalancé entre les participants). Chaque bloc était précédé d'instructions. Pour l'encodage profond ("trouvez-vous le mot plaisant ou non?"), les participants devaient répondre « oui », s'ils trouvaient le mot plaisant et « non » s'ils ne trouvaient pas le mot plaisant. Pour l'encodage superficiel ("le mot contient-il au moins 2 lettres *e*?"), les participants devaient répondre « oui » si le mot contenait 2 ou plus de 2 lettres *e* et « non », si le mot contenait moins de 2 *e* (donc 1 ou 0). Les mots étaient séparés par une croix de fixation présentée pendant 1000 ms.

Concernant le délai de rétention entre l'encodage et le rappel, les participants devaient effectuer des exercices d'arithmétique (addition et soustraction) pendant 3-4 minutes.

Pour la tâche de rappel, les participants devaient donner par écrit et à voix haute le plus possible de mots présentés avant l'exercice d'arithmétique dont ils se souvenaient. Ils ne disposaient pas de temps imparti.

Au niveau de la reconnaissance oui/non, un jugement « *Remember/Know* » a été ajouté. Il était demandé aux participants de lire oralement les mots qui étaient présentés successivement devant eux et de répondre à voix haute si oui ou non ils pensaient avoir vu ces mots au début de la séance. S'ils répondaient par l'affirmative, ils devaient expliquer dans quelle mesure ils se rappelaient du mot. Deux cas de figure étaient possibles. Soit ils se rappelaient du mot car ils se souvenaient des détails liés au moment où ils l'ont vu (recollection ou *remember*) soit ils se rappelaient du mot car ils savaient ou pensaient qu'il était là, mais sans détails (familiarité ou *know*). Ils n'avaient pas de limite de temps et ils devaient appuyer sur une touche du clavier pour passer au mot suivant.

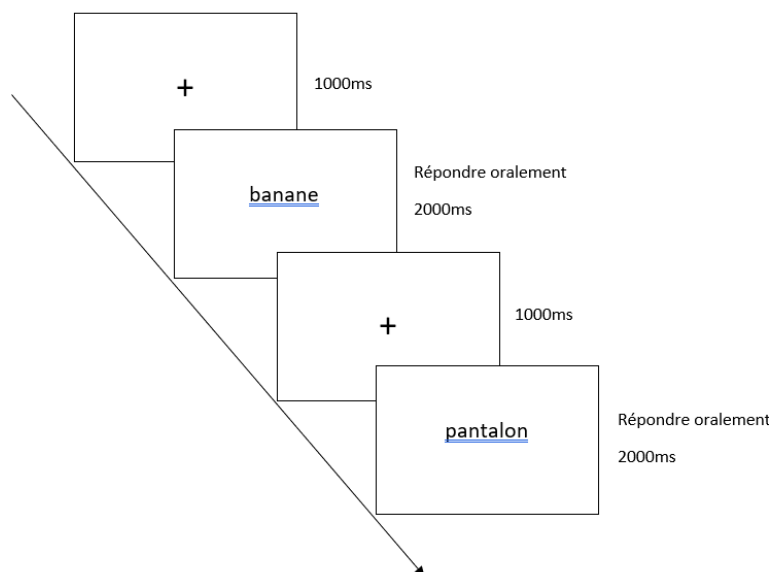


Figure 5. Schématisation de la tâche d'encodage.

Afin de déterminer les paramètres exacts, comme le temps de présentation et le temps de latence entre l'encodage et le rappel, un prétest a été administré sur 5 sujets. Il n'a pas été possible de l'appliquer à plus de participants à cause des conditions sanitaires ne le permettant pas à cette période. L'administration du pré-test s'est déroulée en présentiel à l'aide du programme Psycho-Py. Il n'impliquait pas de tâche de nouveauté. Seuls des questionnaires d'une durée de 7 minutes environ ont été remplis pendant le délai de rétention entre l'encodage et le rappel. Les participants ont réalisé les 2 tâches le même jour. Les résultats du pré-test ont montré que les participants ne rappelaient pas ou ne reconnaissaient pas plus de mots dans la tâche 2 par rapport à la tâche 1. Par conséquent, le fait qu'ils s'attendent à être interrogés sur leur mémoire ne les aidait pas à récupérer plus de mots. De plus, le nombre de mots moyen rappelés était de 8 pour le rappel après un encodage profond et de 5 pour le rappel après un encodage superficiel, donnant dès lors une marge pour rappeler plus de mots en cas d'influence de nouveauté. Pour le testing, le délai de rétention a été diminué et remplacé par un exercice d'arithmétique (addition et soustraction) de plus ou moins 3-4 minutes, étant donné que le nombre maximum de mots rappelés au pré-test était assez faible. Le tableau 2 reprend les caractéristiques sociodémographiques des participants ainsi que la moyenne des résultats du pré-test.

Tableau 2. Caractéristiques démographiques et résultats du prétest.

Participants (6)		
	Moyenne	Min-max
Genre (H/F)	2/3	/
Âge	22.60	22-25
Etudes	15.80	13-18
Tâche 1: Rappel <i>Deep</i> * ¹	5.20	2-8
Tâche 1: Rappel <i>Shallow</i> * ²	1.20	0-2
Tâche 1: Reconnaissance <i>Deep</i> H-FA* ³	0.76	18-20
Tâche 1: Reconnaissance <i>Shallow</i> H-FA*	0.23	2-14
Tâche 2: Rappel <i>Deep</i>	5	3-8
Tâche 2: Rappel <i>Shallow</i>	1.80	0-5
Tâche 2: Reconnaissance <i>Deep</i> H-FA*	0.74	16-20
Tâche 2: Reconnaissance <i>Shallow</i> H-FA*	0.48	11-16

*¹Profond

*²Superficiel

*³Hits - fausses reconnaissances

Afin d'évaluer les traits de personnalité, la dimension d'ouverture de l'inventaire de personnalité du NEO PI-3 (Costa et al., 1991 ; Le Corff & Busque-Carrier, 2016) et la dimension de recherche de nouveauté de l'inventaire de personnalité du TCI-R (Cloninger et al., 1994 ; Hansenne et al., 2005) ont été adaptées en format en ligne sur le système survey. L'ouverture du NEO PI-3 comporte 6 sous-dimensions (Rêverie, Esthétique, Sentiment, Action, Idée, Valeur) avec un total de 48 items. La sous-dimension « Rêverie » correspond à une personne qui possède une imagination vive et active pour un score élevé et décrit une personne prosaïque pour un score faible, par exemple : « J'ai une imagination très active » (item 3). Concernant la dimension « Esthétique », un score élevé décrit une personne qui apprécie l'art à l'opposé d'une personne qui ne s'y intéresse pas pour un score faible notamment « Les préoccupations esthétiques et artistiques sont très importantes pour moi » (item 8). Un score élevé dans la sous-dimension « Sentiment » décrit une personne qui éprouve des émotions fortes et variées contrairement à un score faible qui correspond à une personne présentant des affects émoussés, tel que « Sans émotions fortes, la vie serait sans intérêt pour moi » (item 13). La sous-dimension « Action », donne une personnalité qui a une volonté d'essayer des actions différentes et préfère la variété pour un score élevé alors qu'un score faible décrit une personne pour qui le changement est difficile, par exemple : « Je pense qu'il est intéressant d'apprendre de nouvelles activités de loisir et de s'y perfectionner » (item 48). Un score faible pour la sous-dimension « Idée » décrit une personne avec une curiosité limitée contrairement à un score élevé illustrant une personne curieuse intellectuellement et intéressée par des nouvelles idées, comme « Je prends souvent plaisir à jouer avec des théories ou des idées abstraites » (item 23). La dernière sous-dimension « Valeur » décrit une personne remettant en question ses valeurs pour un score élevé ou une personne conservatrice et qui respecte les traditions pour un score faible, tel que par exemple : « Je crois que les lois et les politiques sociales devraient changer pour refléter les besoins d'un monde qui change » (item 58). Concernant les propriétés psychométriques, les dimensions de cet inventaire possédaient une bonne consistance interne (alpha de Cronbach entre 0.83 et 0.95). Les coefficients de corrélation test-retest variaient de 0.57 à 0.82 pour la version antérieure du test signifiant par conséquent que les résultats étaient relativement stables dans le temps (intervalle jusqu'à 10 ans).

Concernant les propriétés psychométriques du TCI-R, la consistance interne de toutes les dimensions était bonne (alpha de Cronbach entre 0.68 et 0.82). La fidélité test-retest à 2 semaines était très satisfaisante (0.92), bien qu'à 6 mois elle était moins bonne et ce, plus particulièrement pour la dimension de recherche de nouveauté (0.53). Cette dimension comporte 4 sous-dimensions (Excitabilité exploratoire vs Rigidité ; Impulsivité vs Réflexion ; Extravagance vs Réserve ; Désordre VS Réglementation) avec un total de 35 items. Un score élevé à la sous-dimension « Excitabilité exploratoire vs Rigidité » correspond à une personne en recherche de sensations, alors qu'un score faible décrit une personne préférant rester dans ses habitudes, tel que « J'essaie souvent des nouvelles choses uniquement pour le plaisir ou pour avoir des sensations fortes, même si la plupart des gens estiment que c'est une perte de temps » (item 1). Pour la sous-dimension « Impulsivité vs Réflexion », un score élevé décrit une personne excitable prenant des décisions rapidement, contrairement à un score faible correspondant à une personne qui analyse une situation avant d'agir, par exemple : « Je fais souvent les choses selon mon impression du moment sans tenir compte des méthodes habituelles » (item 13). Un score faible à la sous-dimension « Extravagance vs Réserve » représente une personne qui se contrôle et économise, alors qu'une note élevée décrit une personne extravagante dans ses sentiments et ses dépenses. Par exemple, « Je fais souvent des dépenses au point de me retrouver sans argent liquide ou avec des dettes à force d'avoir dépensé à crédit » (item 41). La dernière dimension « Désordre VS Réglementation » correspond à une personne désordonnée qui perd rapidement son calme et enfreint des règles pour un score élevé et représente une personne organisée qui aime l'ordre pour un score faible. Par exemple : « J'enfreins souvent les lois et les règlements lorsque je pense ne pas risquer de sanctions » (item 183).

Durant le testing, les sujets ont dû essayer de se décrire tel qu'ils sont habituellement ou en général à l'aide d'une échelle d'auto-évaluation de type Likert de « fortement d'accord » à « fortement en désaccord » pour le NEO PI-3 et de « absolument faux » à « absolument vrai » pour le TCI-R. Chaque item était scoré de 0 à 5 à l'aide d'un fichier Excel qui code les items inversés automatiquement.

3. Procédure

La passation s'est déroulée en 3 parties en ligne (+/- 25 minutes chacune) réalisées sur trois jours différents (min. 24h et max. 48h d'intervalle) et contrebalancées entre les participants (voir tableau 6 en annexe).

Lors de la session 1, trois liens ont été envoyés par mail aux participants avec la possibilité de poser des questions et de joindre l'expérimentateur si besoin. Il leur a également été demandé leur accord à l'aide du formulaire de consentement libre et éclairé en ligne. Le premier lien présentait une tâche de jugement intérieur/extérieur de 5x60 scènes pendant 10 minutes. Ensuite, ils ont dû compléter les deux questionnaires (TCI-R et NEO PI-3) avec un lien différent pour chacun.

Pour la session 2, l'expérimentateur a appelé les participants en ligne pendant le déroulement de l'expérience. Il leur a d'abord été demandé un feedback concernant les questionnaires ainsi que sur la tâche familiarisation (compréhension, problèmes techniques). Ensuite, deux liens leur ont été envoyés. Le premier lien était constitué de la tâche de jugements de scènes en condition de nouveauté ou de familiarité. Ils ont dû faire le même type de jugement de scènes que la veille mais uniquement sur 60 scènes d'une durée d'environ 2 minutes. Le 2^{ème} lien comprenait la tâche de mémoire. Ils ont d'abord encodé les 40 mots (20 mots pour chaque condition d'encodage). Ensuite, ils devaient compléter des exercices d'arithmétique pendant l'intervalle de rétention. Enfin, ils devaient réaliser la tâche de rappel libre et de reconnaissance de type oui/non avec le jugement *Remember/Know*.

Pour la session 3, la procédure était identique à celle de la session 2. Le jugement de scènes était soit un jugement des nouvelles scènes ou des anciennes en fonction du contrebalancement. La tâche de mémoire se déroulait exactement de la même manière mais cette fois-ci avec une nouvelle liste de mots et un autre exercice d'arithmétique pendant l'intervalle de rétention. Enfin, la tâche de rappel libre et la tâche de reconnaissance leur ont également été présentées et il leur a été demandé, à la fin de l'expérience, à quel degré ils avaient ressenti la nouveauté (de 1 à 3).

Session 1 : Consentement éclairé + Familiarisation jugement de scènes (deviendront familières) + TCI-R et NEOP-I
Session 2 (24h après la session 1): Jugement de scènes familières / nouvelles + Tâche mémoire 1
Session 3 (48h après la session 2): Jugement de scènes familières / nouvelles + Tâche mémoire 2 + Ressenti de nouveauté

Figure 6. Conception expérimental.

4. Analyses statistiques

Les analyses statistiques présentées ci-dessous ont été réalisées avec le logiciel JASP. Nous avons uniquement utilisé des tests paramétriques.

Afin d'évaluer la détection de la nouveauté, nous avons récolté les mesures des temps de réaction, et la médiane pour chaque sujet à chaque condition (nouveauté/familiarité/familiarisation) a été calculée. Un test t de Student a été réalisé entre les médianes de temps de réaction de la familiarisation et les médianes de temps de réaction des scènes familiarisées pour vérifier si les scènes ont bien été familiarisées. Pour confirmer cette hypothèse, une diminution des temps de réaction au jugement de scènes entre le premier visionnage et le deuxième devrait être observée. Le même test t a été calculé entre les médianes des temps de réaction des scènes familiarisées et les médianes des temps de réaction des nouvelles scènes. Rappelons que pour tester l'hypothèse d'une détection à la nouveauté, les temps de réaction doivent être plus rapides pour juger de scènes précédemment familiarisées que le temps de réaction pour juger de nouvelles scènes. Afin d'avoir un score de sensibilité à la nouveauté, une différence entre la médiane des temps de réaction de la nouveauté et la médiane des temps de réaction de la familiarité a été calculée pour chaque participant.

Au niveau du rappel, en s'inspirant de l'étude de Schomaker et al. (2014b), les performances de rappel ont été calculées, comme la proportion d'éléments correctement rappelés. Pour vérifier l'hypothèse d'une amélioration du rappel après le jugement des nouvelles scènes par rapport au jugement des scènes familières, il a fallu réaliser une ANOVA à mesures répétées avec les variables indépendantes « condition » (Nouveauté ; Familiarité) et « profondeur d'encodage » (Profond ; Superficiel) et la variable dépendante « score de rappel ». Cette analyse de variance nous a permis également de tester l'hypothèse d'un meilleur rappel pour les mots encodés de manière profonde que les mots encodés de manière superficielle et d'évaluer l'hypothèse de la présence d'un effet de la nouveauté plus particulier sur le rappel de mots encodés superficiellement.

Pour analyser les performances d'une tâche de reconnaissance oui/non, nous avons utilisé les 2 scores « hits » et « fausses reconnaissances ». Pour y parvenir, comme les distracteurs proviennent de 2 sets, une liste a été désignée comme distracteurs associés aux mots encodés de manière profonde et l'autre liste comme distracteurs associés aux mots encodés de manière superficielle. Le score « hits » correspondait à la reconnaissance correcte des cibles, c'est-à-dire que lorsque le sujet disait « oui » à un item cible, il reconnaissait correctement un item

effectivement vu. Le score « fausses reconnaissances », quant à lui, correspondait à une réponse positive pour un item qui était un distracteur. Ces 2 scores suffisent à indiquer dans quelle mesure un participant peut distinguer ce qui a été étudié de ce qui ne l'a pas été. Habituellement, hits et fausses reconnaissances sont soustraits pour avoir un seul score. Si ce score est égal à 0, ça signifierait que le participant disait « oui » aussi bien à des cibles qu'à des distracteurs, donc il était incapable de discriminer les items étudiés de ceux qui n'ont pas été présentés. Ainsi, en identifiant les mots de la condition « profonde » et ceux de la condition « superficielle », nous avons obtenu 2 scores hits-fausses reconnaissances (H-FA). Pour tester l'hypothèse d'une amélioration de la recollection uniquement (et pas de la familiarité ni de la reconnaissance globale) après le jugement de nouvelles scènes par rapport au jugement de scènes familiarisées, nous avons réalisé une ANOVA à mesures répétées avec les variables indépendantes « condition » (Nouveauté ; Familiarité) et « profondeur d'encodage » (Profond ; Superficiel) en considérant comme variables dépendantes le score de reconnaissance globale (H-FA), le score de recollection (H-FA) et le score de familiarité (H-FA). Ces ANOVAs ont permis, comme pour l'analyse des scores de rappel, de tester les hypothèses d'une meilleure reconnaissance (globale, recollection et familiarité) pour les mots encodés de manière profonde que les mots encodés de manière superficielle et d'évaluer l'hypothèse de la présence d'un effet de la nouveauté plus particulier sur la recollection de mots encodés superficiellement.

Pour vérifier s'il y avait un effet d'ordre des conditions nouveauté et familiarité, le type de scènes jugées dans la session 2 en premier (Nouveauté en premier ; Familiarité en premier) a été ajouté comme facteur dans chaque ANOVA.

Afin de vérifier l'hypothèse d'un lien entre la sensibilité à la nouveauté et l'effet de nouveauté sur les performances des sujets aux tâches de mémoire, nous avons utilisé des corrélations de Pearson. Pour estimer l'effet de nouveauté sur le rappel, nous avons calculé la différence entre le score de rappel lors de la condition nouveauté et le score de rappel lors de la condition familiarité pour chaque type de profondeur d'encodage. Le même procédé a été utilisé pour la reconnaissance globale (score de la reconnaissance H-FA lors de la condition nouveauté – score de reconnaissance H-FA lors de la condition familiarité) et pour les processus de reconnaissance (recollection et familiarité).

Une autre corrélation de Pearson a été réalisée entre les scores des variables « ouverture » et « recherche de nouveauté » et l'effet de la nouveauté sur les scores aux tâches de mémoire. Cette corrélation avait pour but de tester l'hypothèse d'un lien entre les traits de personnalité ainsi qu'évaluer l'hypothèse d'un meilleur score de rappel et de recollection après le jugement de nouvelles scènes chez les participants qui présenteraient des scores élevés aux dimensions d'ouverture et de recherche de nouveauté.

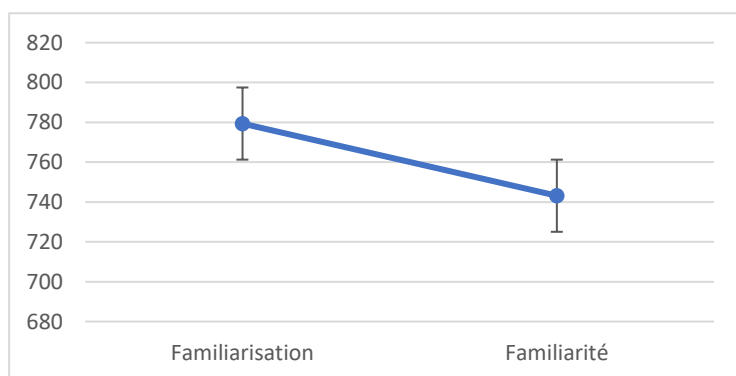
Une dernière corrélation de Pearson a été étudiée entre la sensibilité à la nouveauté et les scores des variables « ouverture » et « recherche de nouveauté » afin de vérifier l'hypothèse d'une plus grande sensibilité à la nouveauté chez les participants ayant des scores élevés aux dimensions d'ouverture et de recherche de nouveauté.

CHAPITRE 4 : RÉSULTATS

1. Test t de Student : Effet de nouveauté et de familiarité de la tâche de jugement de scènes

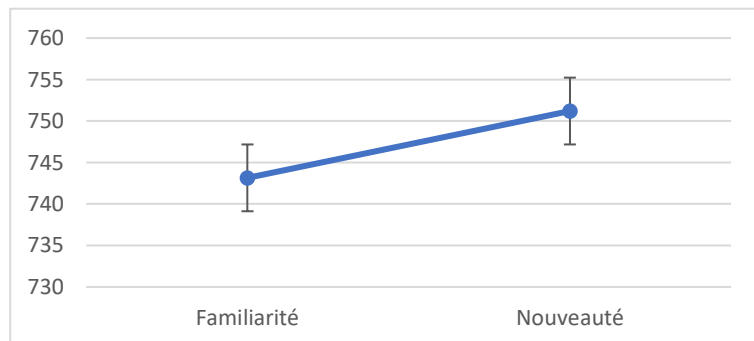
Des tests t ont été réalisés afin de comparer les temps de réaction (TR) de jugement de scènes familiarisées aux TR de la familiarisation et aux TR des nouvelles scènes. Pour le TR familiarisation versus TR des scènes familiarisées (figure 7), les résultats montraient que les participants étaient plus rapides en visualisant des images déjà vues avec une petite taille d'effet. Pour le TR des scènes familiarisées versus TR des nouvelles scènes (figure 8), les temps de réaction étaient numériquement plus lents pour le jugement de nouvelles scènes que pour le jugement de scènes familiarisées, bien que ce n'était pas significatif. Les sujets ne passeraient donc pas plus de temps à regarder de nouvelles scènes par rapport à des scènes précédemment familiarisées.

Figure 7. Test t TR familiarisation et TR familiarité.



TR familiarisation M (ET)	TR familiarité M (ET)	t(31)	p	d de Cohen
779.38 (117.42)	743.14 (68.79)	2.16	0.038	0.38

Figure 8. Test t TR familiarité et TR nouveauté.

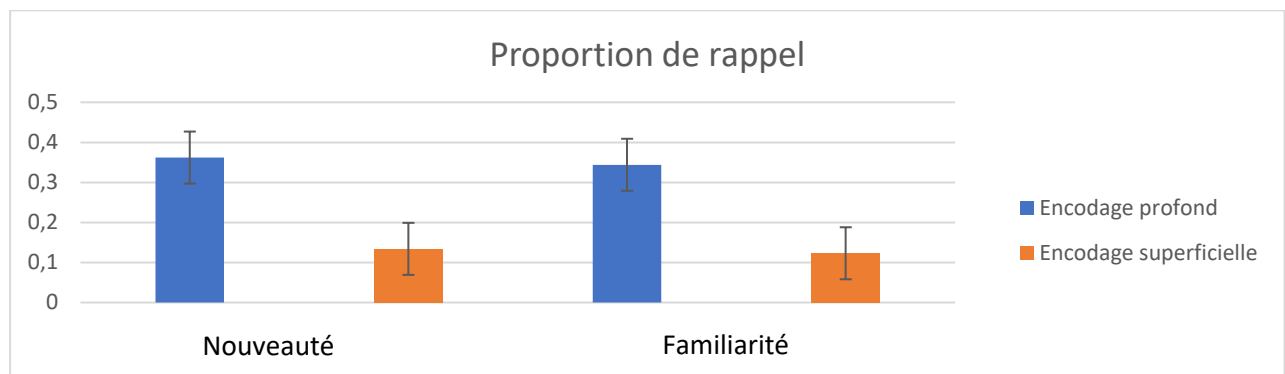


TR familiarité M (ET)	TR nouveauté M (ET)	t(31)	p	d de Cohen
743.14 (68.79)	751.20 (103.45)	0.65	0.52	0.11

2. ANOVA : Condition, profondeur d'encodage et scores aux tâches de mémoire

Le score de rappel a été soumis à une ANOVA à mesures répétées avec la condition (Nouveauté ; Familiarité) X profondeur d'encodage (Profond ; Superficiel) comme facteurs intra-sujets. Cette analyse a révélé un grand effet significatif de la profondeur d'encodage ($F(1,30) = 130.29$, $p < .001$, $\eta^2 = 0.66$), indiquant que le score de rappel était plus élevé quand les mots étaient encodés de manière profonde que de manière superficielle. Cependant, il n'y avait pas d'effet significatif de la condition sur le score de rappel ($F(1,30) = 0.99$, $p = .33$) bien que la proportion de rappel dans la condition nouveauté était numériquement plus élevée que la proportion de rappel dans la condition familiarité. Cela indique que les participants n'ont pas rappelé plus de mots après avoir jugé de nouvelles scènes qu'après en avoir jugé des plus anciennes. L'interaction entre la profondeur d'encodage et la condition n'était pas présente ($F(1,30) = 0.06$, $p = .80$). Ainsi, les participants ne rappelaient pas plus de mots encodés de manière profonde ou encodés de manière superficielle après un jugement sur des nouvelles scènes par rapport au jugement sur de scènes familiarisées. La position de la condition de nouveauté n'avait pas d'effet significatif ($F(1,30) = 0.35$, $p = .56$). Les participants n'ont donc pas été influencés par la position de la condition nouveauté en premier ou la condition familiarité en premier (figure 9).

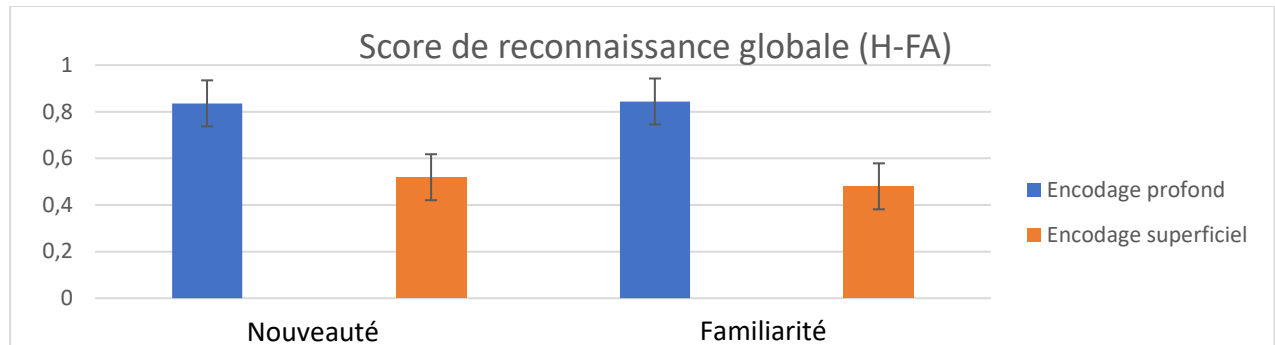
Figure 9. ANOVA à mesures répétées de la variable condition et profondeur d'encodage sur le score de rappel.



Le score de reconnaissance globale a également été soumis à une ANOVA à mesures répétées avec les variables conditions (Nouveauté ; Familiarité) X profondeur d'encodage (Profond ; Superficiel). Comme pour le rappel, les résultats montraient un grand effet significatif de la profondeur d'encodage ($F(1,30) = 122.49$, $p < .001$, $\eta^2 = 0.56$) qui expliquerait l'obtention d'un score de reconnaissance plus élevé quand les mots étaient encodés de manière profonde par rapport à des mots encodés de manière superficielle.

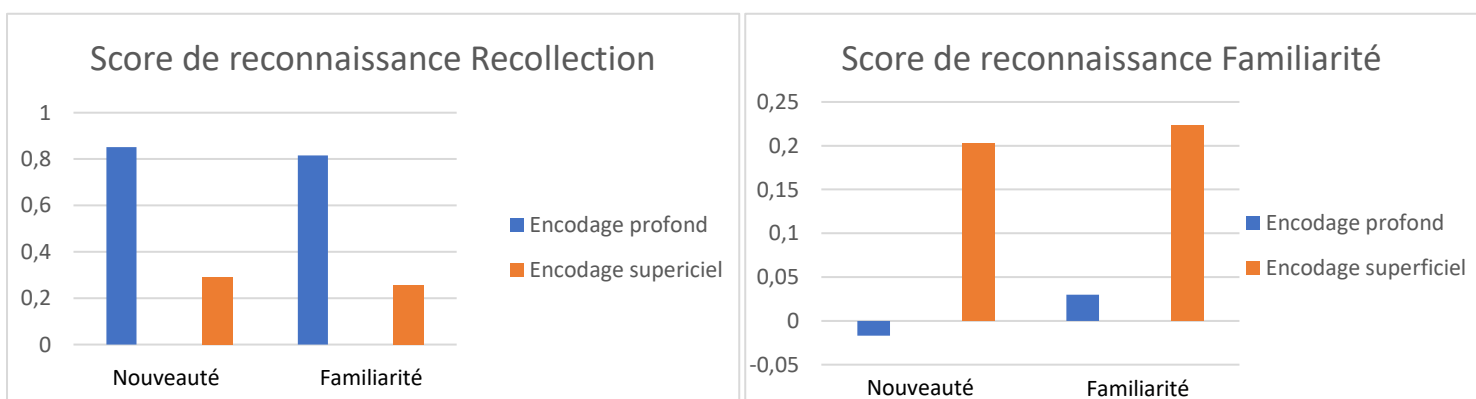
Cependant, il n'y avait pas d'effet de la condition ($F(1,30) = 0.64, p = .43$) ni de l'interaction entre les 2 ($F(1,30) = 1.90, p = .18$) sur le score de reconnaissance (figure 10). La position de la condition de nouveauté n'avait pas d'effet significatif ($F(1,30) = 0.81, p = .37$).

Figure 10. ANOVA à mesures répétées de la variable condition et profondeur d'encodage sur le score de reconnaissance globale (H-FA).



Deux ANOVAs à mesures répétées condition (Nouveauté ; Familiarité) X profondeur d'encodage (Profond ; Superficiel) ont été calculées sur les scores de recollection et de familiarité (voir figure 11). Il existe un effet modéré de la profondeur d'encodage sur la familiarité ($F(1,30) = 62.98, p < .001, \eta^2 = 0.31$) et un grand effet sur la recollection ($F(1,30) = 319.66, p < .001, \eta^2 = 0.75$). Néanmoins, il n'y a pas d'effet de la condition de nouveauté sur la familiarité ($F(1,30) = 0.66, p = .42$) ni sur la recollection ($F(1,30) = 2.51, p = .12$). De plus, il n'y a pas d'interaction entre condition et profondeur d'encodage pour la familiarité ($F(1,30) = 2.03, p = .16$) et pour la recollection ($F(1,30) = 0.99, p = 1$). La position de la condition de nouveauté n'a pas influencé les résultats, $F(1,30) = 3.20, p = .08$.

Figure 11. ANOVA à mesures répétées de la variable condition et profondeur d'encodage sur le score de recollection et sur le score de familiarité.

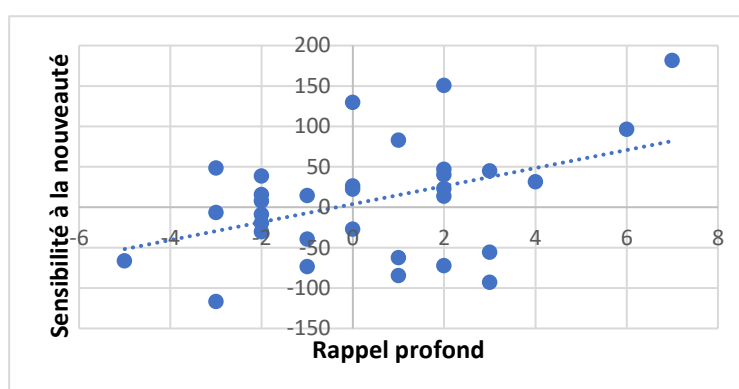


La description statistique de chaque ANOVA se trouve dans le tableau 7 (en annexe).

3. Corrélations : sensibilité à la nouveauté, l'effet de la nouveauté sur les tâches de mémoire et inventaires de personnalité

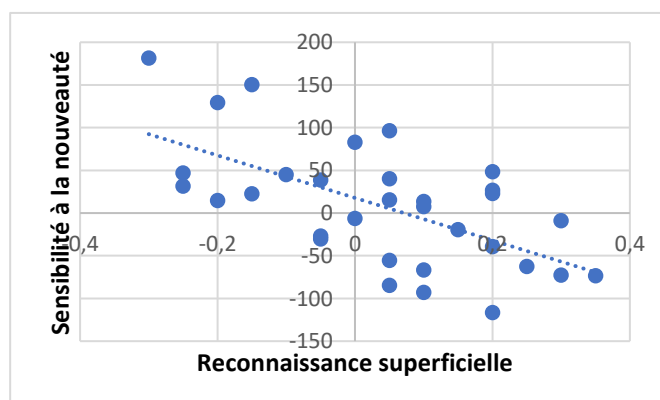
Une corrélation positive significative avec une taille d'effet moyenne est ressortie entre la sensibilité à la nouveauté et l'effet de la nouveauté sur le rappel profond, ce qui indique que plus les participants passaient du temps à juger les scènes nouvelles (par rapport aux familières), plus ils rappelaient de mots encodés profondément après avoir jugé ces nouvelles scènes (figure 12). Il n'y avait pas de corrélation significative entre la sensibilité à la nouveauté et l'effet de la nouveauté sur rappel de mots encodés superficiellement.

Figure 12. Corrélation positive entre la sensibilité à la nouveauté et l'effet de la nouveauté sur le rappel profond.



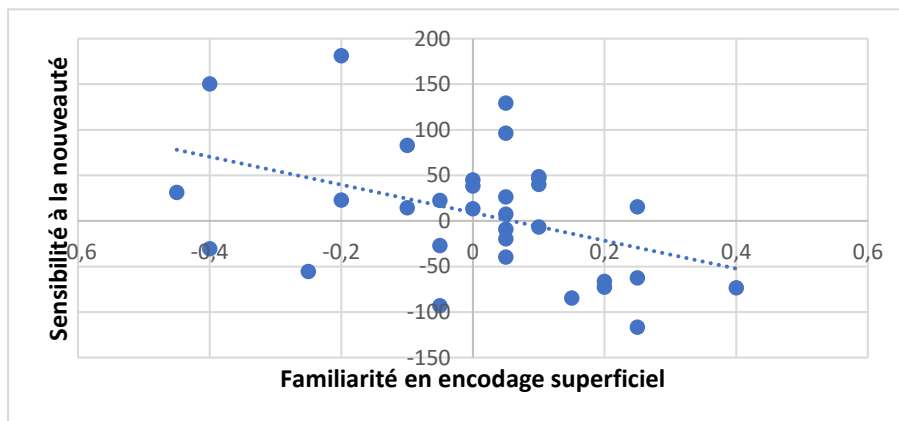
Nous observons une corrélation négative significative avec une taille d'effet élevée entre la sensibilité à la nouveauté et l'effet de la nouveauté sur la reconnaissance globale de mots encodés superficiellement mais pas de corrélation significative entre la sensibilité à la nouveauté et l'effet de la nouveauté sur la reconnaissance globale de mots encodés profondément. Cela voudrait dire que plus les participants passaient du temps sur les scènes nouvelles (par rapport aux familières), moins ils reconnaissaient des mots encodés superficiellement après avoir jugé des nouvelles scènes (figure 13).

Figure 13. Corrélation négative entre la sensibilité à la nouveauté et l'effet de la nouveauté sur la reconnaissance superficielle.



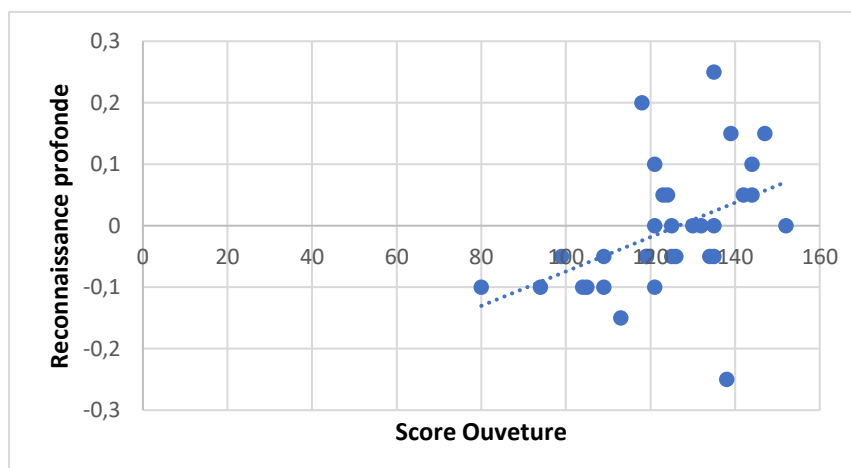
Il n'existe pas de corrélation significative entre la sensibilité à la nouveauté et l'effet de la nouveauté sur la familiarité ou sur la recollection, sauf une corrélation négative avec une taille d'effet moyenne entre la sensibilité à la nouveauté et l'effet de la nouveauté sur le jugement de familiarité dans la condition d'encodage superficiel. Cela signifierait que plus les sujets passaient du temps sur les nouvelles scènes par rapport aux familières et moins ils jugeaient les mots encodés superficiellement comme familiers après la condition de nouveauté (figure 14).

Figure 14. Corrélation négative entre la sensibilité à la nouveauté et l'effet de la nouveauté sur le jugement de familiarité dans la condition d'encodage superficiel.



Il n'existe pas de corrélation significative entre les scores de personnalité et l'effet de la nouveauté sur la recollection, sauf une corrélation positive avec une taille d'effet moyenne entre le score d'ouverture et l'effet de nouveauté sur le score de reconnaissance globale de mots encodés profondément. Ce qui voudrait dire que plus les participants étaient curieux et plus ils reconnaissaient des mots encodés de manière profonde après le jugement de nouvelles scènes par rapport au jugement d'anciennes scènes (figure 15).

Figure 15. Corrélation positive entre le score d'ouverture et l'effet de la nouveauté sur le score de reconnaissance profonde.



Concernant le lien entre le score à la dimension « ouverture » et le score à la dimension « recherche de nouveauté », nous observons une tendance (quasi significative) avec une taille d'effet moyenne positive.

Il n'y a pas de corrélation significative entre le score de personnalité et le score de sensibilité à la nouveauté. Nous observons tout de même deux tendances en lien avec la recherche de nouveauté. En effet, la corrélation entre la recherche de nouveauté et l'effet de la nouveauté sur le score de rappel en encodage profond montrait une tendance moyenne positive ainsi que la corrélation entre la recherche de nouveauté et l'effet de la nouveauté sur le score de jugement de familiarité après un encodage superficiel.

Les différents résultats des corrélations se trouvent dans le tableau 3.

Tableau 3. Corrélations entre la sensibilité à la nouveauté, les scores aux inventaires de personnalité et l'effet de la nouveauté sur les scores aux tâches de mémoire (différence nouveauté-familiarité).

		Ouverture	Recherche de nouveauté	Sensibilité à la nouveauté
Rappel <i>Deep</i> ¹	R de Pearson Valeur de p	.13 .48	.31 .08	.43 .014*
Rappel <i>Shallow</i> ²	R de Pearson Valeur de p	-.11 .55	.14 .43	-.07 .72
Reconnaissance globale <i>Deep</i>	R de Pearson Valeur de p	.44 .012*	.21 .24	-.16 .39
Reconnaissance globale <i>Shallow</i>	R de Pearson Valeur de p	.21 .25	.26 .14	-.62 < .001**
Jugement familiarité <i>Deep</i>	R de Pearson Valeur de p	.08 .66	-.09 .63	-.25 .16
Jugement familiarité <i>Shallow</i>	R de Pearson Valeur de p	.15 .41	.30 .09	-.43 .015*
Jugement recollection <i>Deep</i>	R de Pearson Valeur de p	.24 .19	.28 .12	.16 .38
Jugement recollection <i>Shallow</i>	R de Pearson Valeur de p	.09 .62	-.03 .85	-.14 .43
Sensibilité à la nouveauté	R de Pearson Valeur de p	-.28 .12	-.07 .69	/ /
Recherche de nouveauté		.34 .055	/	/

¹Profond

²Superficiel

* p < .05

** p < .001

4. Analyses statistiques supplémentaires

Afin d'observer un effet de détection à la nouveauté, nous avons décidé de garder uniquement les participants dont la différence entre les médianes des TR familiarité et les médianes des TR nouveauté était non nulle et en faveur d'un temps plus long pour les scènes nouvelles. Dix-huit participants remplissaient ces conditions. Pour approfondir, nous avons réalisé un test t de Student sur les TR de la condition familiarité et des TR de la condition nouveauté chez ces 18 sujets. Uniquement 6 sujets ont eu un résultat significatif (voir tableau 4), c'est-à-dire qu'ils détectaient la nouveauté. Ensuite, nous avons analysé les résultats des 6 participants restants avec les mêmes analyses que l'échantillon de base, c'est-à-dire des test t de Student sur les TR pour les jugements de scènes, des ANOVAs pour l'effet de la condition et de la profondeur d'encodage sur les scores pour les tâches de mémoire, ainsi que des corrélations pour observer des liens entre sensibilité à la nouveauté, l'effet de nouveauté sur la mémoire et les traits de personnalité. Le test t montrait des résultats plus fort significativement à la familiarisation que lorsque nous l'avions calculé dans l'échantillon de 32 participants ($t(5) = 6.53$, $p = .001$, $d = 2.67$). Pour la détection à la nouveauté, elle est devenue fortement significative ($t(5) = 5.76$, $p = .002$, $d = 2.35$). Concernant les ANOVAs, il existe toujours un effet significatif de la profondeur d'encodage avec un meilleur rappel ($F(1,5) = 45.50$, $p = .001$, $\eta^2 = 0.67$) et une meilleure reconnaissance globale ($F(1,5) = 45.58$, $p = .001$, $\eta^2 = 0.83$), jugement de recollection ($F(1,5) = 112.73$, $p < .001$, $\eta^2 = 0.91$) et jugement de familiarité ($F(1,5) = 21.40$, $p = .006$, $\eta^2 = 0.57$) pour des mots encodés de manière profonde. De nouveau, il n'y avait aucun effet de la condition, ni de l'interaction entre condition et profondeur d'encodage. Il n'y avait plus de corrélation significative.

Nous avons également demandé, à la fin des testings, si les participants avaient détecté la présence de nouvelles scènes. Les ressentis étaient assez mitigés. Dans les 6 sujets restants, l'un d'entre eux n'avait pas du tout détecté la nouveauté (ressenti = 1) même si, quantitativement, ses TR étaient plus rapides pour un visionnage de scènes précédemment familiarisées par rapport aux TR de scènes nouvelles et que la différence était légèrement significative. De plus, il n'a pas rappelé ni reconnu plus de mots après le jugement de nouvelles scènes. Trois d'entre eux ont détecté fortement la nouveauté en expliquant que les images étaient toutes différentes mais avec le même thème (ressenti = 3). Les deux derniers sujets ont détecté la nouveauté, bien que pas totalement (ressenti = 2). En effet, après avoir jugé les nouvelles scènes, ils ont expliqué avoir vu tant des nouvelles que des anciennes scènes.

Quantitativement, tous les 5 ont montré un effet significatif modéré de la détection à la nouveauté. Globalement, ils ont rappelé plus de mots après le jugement de scènes nouvelles mais ont reconnu moins de mots.

Les caractéristiques des participants ayant détecté la nouveauté sont détaillées dans le tableau 5.

Tableau 4. t de Student pour les 6 participants ayant détecté la nouveauté.

Sujet	Ressenti ¹	Participants (6)		
		t(59)	p	d
06DM	3	4.12	<.001	0.53
08AE	3	3.56	< .001	0.46
13BP	3	3.65	<.001	0.47
15LH	1	2.37	.02	0.30
24BA	2	3.66	<.001	0.47
32MK	2	3.56	<.001	0.47

¹ Ressenti de la nouveauté notée de pas du tout (1), à moitié (2) et totalement (3)

Tableau 5. Caractéristiques des participants ayant une détection à la nouveauté significative.

Sujet	Âge	Etudes	Genre	Participants (6)					
				TRN-TRF ¹	Ressenti ²	Rappel Deep ³	Rappel Shallow ⁴	H-FA Deep ⁵	H-FA Shallow ⁶
06DM	23	17	F	181.50	3	0.35	0.05	-0.05	-0.30
08AE	22	16	F	129.50	3	0.05	0.05	-0.10	-0.20
13BP	22	16	F	83	3	0.05	0.05	-0.05	0
15LH	22	16	H	47	1	-0.05	-0.10	0	-0.25
24BA	19	13	F	150.50	2	0.10	0.05	-0.05	-0.15
32MK	22	13	H	96.60	2	0.30	0.10	0	0.05

¹ Détection de la nouveauté (médiane des TR de nouveauté - médiane des TR de familiarité)

² Ressenti de la nouveauté notée de pas du tout (1), à moitié (2) et totalement (3)

³ Effet de la nouveauté sur le rappel profond en proportion (Score nouveauté- Score familiarité)

⁴ Effet de la nouveauté sur le rappel superficiel en proportion (Score nouveauté- Score familiarité)

⁵ Effet de la nouveauté sur la reconnaissance globale profonde en proportion (Score nouveauté- Score familiarité)

⁶ Effet de la nouveauté sur la reconnaissance globale superficielle en proportion (Score nouveauté- Score familiarité)

Si nous gardons uniquement les personnes ayant eu un ressenti très fort de nouveauté indépendamment de leur temps de réaction, il nous reste 10 participants. En appliquant les mêmes analyses statistiques que sur les 32 participants, il n'y a aucun résultat significatif que ça soit au niveau de la détection à la nouveauté, de l'effet de la condition sur le score ou sur la profondeur d'encodage ou des corrélations.

CHAPITRE 5 : DISCUSSION

Dans un premier temps, nous allons rappeler brièvement les objectifs et les hypothèses initiales de notre présente étude et la méthodologie employée. Ensuite, nous interpréterons les résultats en lien avec les hypothèses pour les comparer avec ce que nous pouvons trouver dans la littérature scientifique. Enfin, nous aborderons les limites méthodologiques de l'étude et nous proposerons, à la suite de cela, des perspectives pour des recherches futures et applications tant pratiques que cliniques.

1. Interprétation des résultats en lien avec les hypothèses

1.1. Détection de la nouveauté et familiarisation

Afin d'observer une familiarisation, nous nous attendions à ce que les scènes familiarisées soient traitées plus rapidement dans la condition de familiarité par rapport à la condition de familiarisation. Alors que pour observer la détection de nouveaux stimuli, nous nous attendions à ce que les scènes dans la condition de nouveauté soient traitées plus lentement que dans la condition de familiarité. Pour vérifier ces hypothèses, 32 participants ont dû juger des scènes comme se déroulant à l'intérieur ou à l'extérieur. Le temps d'observation était calculé à l'aide des temps de réaction que mettent les participants à juger les scènes. Ensuite, nous avons réalisé des tests t de Student sur les médianes des temps de réaction de chaque participant pour les conditions de nouveauté, de familiarité et de familiarisation.

En raison de l'analyse de nos données récoltées, les résultats indiquaient une familiarisation réussie. En effet, les temps de réaction étaient plus rapides lors de jugements de scènes familiarisées que lors de la phase de familiarisation, c'est-à-dire la première fois que les participants ont vu les scènes. Ces résultats confirment par conséquent notre hypothèse. Concernant la détection à la nouveauté, les résultats ne montraient pas d'effet significatif. Les participants n'ont pas détecté la nouveauté, c'est-à-dire qu'ils n'étaient pas plus lents pour juger des scènes nouvelles que des scènes familières. L'hypothèse, dans ce cas-ci, n'est donc pas vérifiée. L'objectif de provoquer une détection de la nouveauté chez les participants, en l'induisant grâce à la tâche de jugement de nouvelles scènes, n'est pas atteint. L'échec de l'induction à la nouveauté pourrait être expliqué par le matériel utilisé pour la tâche des jugements de scènes et la procédure. En effet, les images sélectionnées n'étaient pas suffisamment saillantes pour une majorité de participants. La plupart d'entre eux avaient mentionné avoir vu des nouvelles et des anciennes scènes lorsqu'il s'agissait uniquement de nouvelles scènes (ressenti = 2).

Les deux versions étant appariées sémantiquement, ils ont peut-être uniquement retenu la présence d'un lieu particulier (cinéma, cuisine, plage) mais sans se rappeler des détails. Malgré cela, certains participants ont quand même remarqué la différence (ressenti = 3). Dès lors, nous pensons que nous aurions éventuellement dû réaliser un pré-test pour vérifier la saillance des images. Cependant, le temps était limité étant donné que cette tâche a été créée pour s'adapter à la crise sanitaire de la Covid-19 que nous connaissons actuellement. Une autre faiblesse de la tâche du jugement des scènes est le temps de familiarisation étendu (+/-10 minutes) dû à la quantité d'images (5x60). Les participants ont trouvé la passation longue et ils ont rapporté avoir perdu leur concentration à partir d'un certain laps de temps. Une solution aurait été de diminuer le nombre d'images pour d'une part, avoir une durée de familiarisation plus courte et d'autre part, une meilleure qualité de familiarisation, étant donné la moindre quantité d'images. Toutefois, nous nous sommes inspirés de l'étude de Fenker et al. (2008), étant donné que la tâche de jugement, composée de 60 images également, a induit la nouveauté. Les scènes sélectionnées dans leur étude comportaient des personnes contrairement aux scènes de notre étude, ce qui a pu amener une meilleure saillance.

Concernant le jugement en lui-même, les participants rapportaient avoir tourné leur attention plus particulièrement vers les touches pour ne pas se tromper que sur la visualisation des images en elles-mêmes. Rappelons que selon Schomaker et al. (2014b), l'attention serait importante et serait influencée par la motivation à se diriger vers la nouveauté. Or, dans notre étude, une majorité des participants expliquaient avoir accordé plus d'attention aux consignes de la tâche qu'aux images car ils étaient plus motivés (certains expliquaient même être nerveux) par la réussite de la tâche. De surcroît, le fait d'effectuer à chaque fois un jugement intérieur/extérieur ne suscitait peut-être pas assez la nouveauté. Le changement de consigne aurait pu être une option pour induire un effet de nouveauté, comme faire un jugement présence de végétation/non végétation par exemple. Cependant, le contrebalancement nouvelles images/nouvelles consignes aurait peut-être été plus compliqué à mettre en place. De plus, il aurait fallu avoir le même nombre de scènes pour chaque condition : extérieur, intérieur, végétation, non végétation et que la consigne ne soit pas plus difficile que l'autre.

En outre, l'échec de la détection à la nouveauté pourrait être expliqué par le stimulus induisant la nouveauté utilisée. Dans notre étude, nous avons choisi de nouvelles images statiques. Par conséquent, utiliser des vidéos aurait peut-être été plus judicieux. Néanmoins, lorsqu'on regarde l'étude de Biel et Bunzeck (2019), le visionnage de nouveaux films (des images non statiques) n'a pas provoqué des améliorations en mémoire.

Dans cette étude, de courtes séquences de films sur la nature étaient présentées avant ou après l'apprentissage de mots. Étant donné que le traitement de la nouveauté est associé à une libération de dopamine dans l'hippocampe, les chercheurs avaient émis l'hypothèse que l'exposition à la nouveauté affectait principalement la mémoire dépendante de l'hippocampe (c'est-à-dire la recollection) mais pas la mémoire indépendante de l'hippocampe (c'est-à-dire la familiarité). Les résultats ont montré qu'il n'y avait aucun effet de la nouveauté, avant ou après encodage, sur la reconnaissance de mots (recollection et familiarité). Par conséquent, une exposition à de nouveaux films ou de nouvelles images sans tâche active n'induirait pas assez la nouveauté. L'exploration active d'un nouvel environnement serait plus stimulante qu'une exposition passive et entraînerait une amélioration de l'apprentissage (Schomaker et al., 2014b). En effet, l'exploration active d'un nouvel environnement se rapproche plus de ce qui est étudié dans la littérature animale ayant montré un effet bénéfique de la nouveauté sur l'apprentissage et un lien avec l'activation cérébrale (Schomaker, 2019). Cette différence avait déjà été constatée dans la revue de littérature, d'où notre choix de base d'utiliser la réalité virtuelle afin de permettre une exploration active.

Concernant la procédure, le temps d'exposition à la nouveauté n'a peut-être pas été suffisant. Dans le cas de notre étude, celui-ci n'a duré seulement 2 minutes. Dans celle de Fenker et al. (2008) et Schomaker et al. (2014b), la présentation de la nouveauté a duré 5 minutes, ce qui était basé sur des observations antérieures chez des animaux suggérant qu'une exploration de la nouveauté de 5 minutes serait suffisante pour faciliter la potentialisation à long terme (PLT). D'autres auteurs (Bunzeck & Düzel, 2006), ont suggéré qu'une limitation de 5 minutes pourrait ne pas être suffisante. En effet, dans une étude sur des rats, les animaux ont dû rester dans le nouvel environnement pendant environ 15 minutes pour conduire à un renforcement de la potentialisation à long terme précoce à tardive (Straube et al., 2003). Même constatation chez l'Homme avec une étude sur des élèves, expliquée dans la revue de littérature, où l'exposition à la nouveauté était de 20 minutes (Ballarini et al., 2013). Il aurait peut-être été judicieux d'exposer plus longuement les participants à la nouveauté, par exemple pendant 15-20 minutes environ. Cependant, l'appliquer dans la tâche de jugement de scènes n'aurait probablement pas été congruent. En effet, comme susmentionné, les participants trouvaient la tâche longue et ennuyante lorsqu'elle durait déjà 10 minutes. Concernant la RV, ajouter du temps en plus aurait augmenté les risques de provoquer un « cybermalaise » (Etienne, 2018)³.

³ Source dérivée du cours de Psychologie de la Santé (non accessible au public).

Celui-ci est une sensation semblable à des maux de transport avec comme symptômes des problèmes oculaires (yeux fatigués, vue embrouillée ou céphalées), de la désorientation (vertiges ou déséquilibre) et des nausées. Il peut être expliqué par un manque de synchronisation entre les mouvements et les déplacements se produisant lors de l'immersion dans la réalité virtuelle : les yeux envoient au cerveau l'information que le corps bouge alors que le corps fait très peu de mouvements. Cependant, ce cybermalaise n'est en aucun cas nuisible pour la santé, étant donné qu'il est léger et temporaire. Pour éviter cet état désagréable, il est généralement conseillé de ne pas consommer de drogue, d'être reposé, d'éviter les mouvements brusques et de limiter la durée de l'immersion, ce qui pourrait être un obstacle si nous voulons augmenter le temps d'exploration.

Enfin, il s'agit peut-être de la mesure de la détection à la nouveauté qui n'était pas assez efficace. Dans les analyses supplémentaires, nous avons constaté que beaucoup de participants détectaient légèrement la nouveauté que ça soit au niveau des temps de réaction (uniquement 6 personnes avaient un effet significatif) ou au niveau subjectif (10 personnes ont ressenti à 100% la nouveauté, c'est-à-dire qu'ils expliquaient avoir vu uniquement des nouvelles images). En outre, le ressenti de la nouveauté ne correspondait que très peu aux temps de réaction. Quand nous avons sélectionné les participants qui ont soit ressenti la nouveauté de manière subjective (10 participants) ou soit qui étaient significativement plus lents pour juger des nouvelles scènes (6 participants), nous n'avons pas observé d'effet significatif de la condition (Nouveauté ; Familiarité). Cinq participants sur les 6 ont bien ressenti la nouveauté (3 totalement et 2 à moitié) et ont montré un effet significatif modéré de la détection à la nouveauté. Globalement, ils ont rappelé plus de mots après le jugement de scènes nouvelles mais ont reconnu moins de mots. Toutefois, l'échantillon est beaucoup trop petit pour en tirer des conclusions. Il aurait été intéressant d'utiliser d'autres manières de détecter la nouveauté. Dans l'étude de Fenker et al. (2008), les chercheurs ont observé la détection à la nouveauté via l'IRMf et ont obtenu des résultats significatifs. Schomaker et al. (2014b) ont réussi à détecter la nouveauté en calculant la distance parcourue. Celle-ci était plus élevée (bonus d'exploration) lors d'une exploration d'un environnement nouveau par rapport à la distance parcourue lors d'une exploration d'un environnement familier. Cependant, il n'aurait pas été possible d'utiliser ces méthodes lors d'une passation en ligne.

Dans notre étude, nous avons seulement abordé l'effet de la nouveauté sur l'apprentissage et nous n'avons pas pris compte d'un éventuel effet bénéfique de la familiarité sur la mémoire. Cela peut se justifier par le fait qu'il n'existe pas vraiment de littérature qui

étudie la familiarité comme dans notre étude, bien qu'il en existe sur le contexte environnemental durant l'apprentissage. Les résultats de l'étude de Smith (1979) ont montré une meilleure performance en rappel lorsque l'environnement d'apprentissage et de test étaient les mêmes que lorsqu'ils étaient différents, mais il n'y avait pas d'effet sur la reconnaissance. D'autres recherches ont démontré l'inverse, c'est-à-dire que la variation contextuelle améliorait l'apprentissage (Smith & Rothkopf, 1984 ; Smith & Vela, 2001). Lors de leurs différentes études, les résultats de Fernandez et Glenberg (1985) ne montraient pas un effet bénéfique d'un contexte d'apprentissage fixe. Une étude très récente est en faveur du bénéfice d'un contexte d'apprentissage similaire au contexte de récupération (Shin et al., 2021). En effet, les résultats rapportaient un meilleur rappel lorsque les items étaient récupérés dans le même contexte que celui du contexte d'encodage. Néanmoins, Wälti et al. (2019) ont conclu, à l'aide de leurs sept expériences, que les informations contextuelles visuelles n'affectaient pas les performances de la mémoire lorsqu'elles étaient rétablies pendant le rappel libre. Cette conclusion converge avec d'autres études qui ne montraient que des effets faibles ou nuls de la mémoire dépendante du contexte (Fernandez & Glenberg, 1985 ; Smith et al., 1978) et appuie les propos de Godden et Baddeley (1980) qui ont déclaré que la preuve de la mémoire dépendante du contexte n'était pas assez convaincante. Cependant, il faut rester prudent lors de la généralisation de leurs résultats à d'autres modalités contextuelles ou à l'apprentissage quotidien. L'étude d'Imundo et al. (2021) ont apporté des explications plus détaillées concernant l'influence du contexte environnemental sur l'apprentissage. Leur méthodologie consistait à étudier des mots dans un contexte environnemental, à la réétudier soit dans un même ou dans un nouveau contexte pour enfin effectuer un test final de rappel dans un autre contexte que celui d'apprentissage. Les résultats ont montré un rappel réduit lorsque le test était administré dans un nouveau contexte par rapport à celui du contexte de l'apprentissage. Toutefois, le rappel n'était pas altéré si les mots étaient réétudiés dans un nouveau contexte. Les auteurs ont même pu observer une amélioration. Ces résultats révèlent des interactions importantes entre les effets de la variation contextuelle et de la pratique de récupération : la variation contextuelle peut améliorer l'efficacité de la réétude, mais le fait de faire varier le contexte environnemental de l'apprentissage au test réduit le niveau de rappel. Nous pouvons aussi retrouver, dans la recherche scientifique sur la nouveauté, la mémorisation d'un nouveau ou d'un ancien stimulus en lui-même et pas l'effet de la nouveauté ou de la familiarité sur un apprentissage ultérieur. Selon van Kesteren et al. (2012), les événements nouveaux ne sont pas toujours mieux mémorisés. En effet, l'existence de connaissances antérieures, auxquelles de nouvelles informations peuvent être liées, améliorait généralement la mémoire de ces informations

contrairement à des nouvelles informations non fiables à des connaissances antérieures. Sur base de ces résultats, nous pensons que la familiarité peut aussi être bénéficiaire à l'apprentissage dans une certaine mesure et que le contexte environnemental dans lequel des informations sont apprises, réétudiées et récupérées peut exercer une influence.

1.2.Effet de la nouveauté et de la profondeur d'encodage sur la récupération

Nous nous attendions à ce que la mémoire associée à l'hippocampe (le rappel et la recollection) s'améliore après le jugement des nouvelles scènes, par rapport au jugement des scènes familières. Néanmoins, nous n'avons pas prédit d'effet de la nouveauté sur la mémoire indépendante de l'hippocampe (la reconnaissance globale et la familiarité). Concernant la profondeur d'encodage, nous faisons l'hypothèse que les mots encodés de manière profonde soient mieux rappelés et reconnus que les mots encodés de manière superficielle. De plus, nous supposons la présence d'un effet de la nouveauté plus particulier sur l'encodage superficiel et, ainsi, un meilleur rappel et une meilleure recollection de mots encodés superficiellement après un jugement de nouvelles scènes par rapport à un jugement sur des anciennes scènes. Nous nous attendions également à une interaction entre la sensibilité à la nouveauté et l'effet de nouveauté en mémoire dépendante de l'hippocampe. Pour vérifier ces hypothèses, les participants ont réalisé une tâche d'encodage superficiel et profond de mots pour ensuite faire un jugement de recollection/familiarité dans la reconnaissance de type oui/non après un exercice d'arithmétique réalisé pendant le délai de rétention. Nous avons ensuite calculé des ANOVAs et des corrélations pour analyser les résultats obtenus. Notons que, comme il n'y a pas eu de détection à la nouveauté, il était difficile d'observer des résultats significatifs de l'effet de nouveauté sur la récupération dépendante de l'hippocampe ainsi qu'un effet de nouveauté sur la profondeur d'encodage. En effet, il n'y avait aucun effet significatif de la condition (Nouveauté ; Familiarité) sur le rappel libre, la reconnaissance globale, la recollection ou la familiarité. Ce qui veut dire que les participants n'ont pas rappelé ni reconnu plus de mots après un jugement de scènes nouvelles par rapport au jugement de scènes familières. L'hypothèse d'un effet de la nouveauté sur la mémoire dépendante de l'hippocampe ne se vérifie pas, alors que l'hypothèse d'un non-effet de la nouveauté sur la mémoire indépendante de l'hippocampe se vérifie. Comparativement aux études que nous répliquons (Fenker et al., 2008 ; Schomaker et al., 2014b), il n'y a pas eu détection à la nouveauté dans notre étude. Il est donc difficile de trouver un effet de la condition de nouveauté qui rejoint celui de ces études démontrant à la fois une détection à la nouveauté ainsi qu'un effet de la condition sur la mémoire dépendante de l'hippocampe. Il n'y avait pas non plus d'effet significatif de la condition sur la profondeur

d'encodage. Les participants ne récupéraient pas plus de mots encodés de manière superficielle après un jugement de scènes nouvelles par rapport à un jugement de scènes familières. Cette hypothèse n'a pas été explorée dans les études précédentes. Elle a été suggérée car la littérature a déjà montré que de faibles traces en mémoire dues à un encodage superficiel se consolideraient après une exposition à la nouveauté (Duszkiewicz et al., 2019 ; Moncada & Viola, 2007 ; Takeuchi et al., 2013 ; Wang et al., 2010b). Cependant, l'hypothèse d'un meilleur rappel et d'une meilleure reconnaissance pour les mots encodés profondément que les mots encodés superficiellement s'est vérifiée. En effet, les résultats ont montré un effet significatif de la profondeur d'encodage sur les scores aux tâches de rappel et de reconnaissance globale comme dans d'autres études (Galli, 2014 ; Innocenti et al., 2010).

Nous avons également jugé si l'ordre de la condition « nouveauté en premier » ou « familiarité en premier » influençait les résultats. Les résultats étant non significatifs, l'ordre de la condition n'a pas eu d'influence. Ces résultats rejoignent ceux de Schomaker et al. (2014b) qui ont également étudié l'influence de l'ordre de la condition sur les résultats.

Concernant l'hypothèse d'un lien entre la sensibilité à la nouveauté et l'effet de nouveauté en mémoire dépendante de l'hippocampe, celle-ci s'est confirmée pour les mots encodés profondément mais pas pour les mots encodés superficiellement. Les participants auraient donc bénéficié de la sensibilité à la nouveauté pour mieux rappeler des mots encodés profondément, après un jugement de scènes nouvelles par rapport à un jugement de scènes familiarisées. Fenker et al. (2008) n'avaient pas trouvé une corrélation entre la détection à la nouveauté (mesurée via l'IRMf en observant les zones cérébrales activées) et l'amélioration de la mémoire dépendante de l'hippocampe après un jugement de nouvelles scènes par rapport à un jugement de scènes précédemment familiarisées. Cependant, nos résultats ne sont pas comparables à ceux de Fenker et al. (2008), étant donné que la détection à la nouveauté n'a pas fonctionné. De plus, nous n'avons pas utilisé la même mesure pour observer une détection à la nouveauté.

Une corrélation négativement significative non attendue est ressortie entre la sensibilité à la nouveauté et l'effet de la nouveauté sur la mémoire indépendante de l'hippocampe. C'est-à-dire que plus les participants étaient sensibles à la nouveauté (jugeaient plus lentement des scènes nouvelles que des scènes précédemment familiarisées), moins ils reconnaissaient des mots encodés de manière superficielle et faisaient un moins bon jugement de familiarité sur des mots encodés de manière superficielle après avoir jugé de nouvelles scènes. Nous n'avons pas pu trouver dans la littérature d'articles scientifiques permettant d'expliquer cette corrélation.

Néanmoins, nous pourrions remettre en cause le modèle de récupération à double processus distinct familiarité (indépendante de l'hippocampe) - recollection (dépendante de l'hippocampe). Des études neuropsychologiques et d'IRMf ont contesté l'affirmation d'un rôle exclusif de l'hippocampe dans la recollection, démontrant que les patients présentant des lésions hippocampiques sélectives pouvaient également présenter une altération de la mémoire des items (Manns et al., 2003) et que les réponses IRMf hippocampiques pouvaient s'expliquer par la force de la mémoire seule (Wais et al., 2010). De surcroît, la nouveauté n'agirait pas seulement sur l'hippocampe mais également sur le cortex périrhinal (Duan et al., 2010 ; Kaplan et al., 2014). Celui-ci jouerait un rôle dans la reconnaissance basée sur la familiarité (Aggleton & Brown, 1999 ; Diana et al., 2007 ; Eichenbaum et al., 2007). Des études ont suggéré que le cortex périrhinal pouvait supporter à la fois la mémoire d'objet et la mémoire de source, en conjonction avec l'hippocampe tant que l'information cible était liée à l'objet (Duarte et al., 2011 ; Staresina & Davachi, 2010). Ainsi, des preuves convergentes ont stipulé que le rôle du cortex périrhinal dans la mémoire épisodique pourrait englober à la fois la mémoire d'objet et la mémoire source. Staresina et al. (2012) ont ajouté que la mémoire d'objet et de source seraient des fonctions distinctes du cortex périrhinal, médiées par des groupes de cellules distincts et/ou présentent des profils temporels différents. Ainsi, nous pourrions penser que la nouveauté agit sur les deux processus du cortex périrhinal de manière distincte. Ces mêmes auteurs ont apporté une explication sur l'interaction entre l'hippocampe et le cortex périrhinal pendant la mémoire de reconnaissance. Leurs données ont révélé que la mémoire de l'objet dans le cortex périrhinal précédait le début de la mémoire de source dans l'hippocampe qui, à son tour, précédait le début de la mémoire de source dans le cortex périrhinal. Ce modèle temporel suggère donc une boucle de signalisation entre le cortex périrhinal et l'hippocampe. Cette explication met en évidence l'interaction complexe de ces régions qui sous-tend la récupération de traces mnésiques. McElree et al. (1999) ont affirmé que la reconnaissance impliquait un mélange d'informations sources (recollection) et d'informations de familiarité mais n'excluait pas la possibilité qu'une forme d'information puisse parfois être dominante, de sorte que dans certaines circonstances, la reconnaissance pouvait être principalement basée sur la familiarité ou sur la recollection.

Concernant la relation négative entre la sensibilité à la nouveauté et l'effet de la nouveauté sur la familiarité, une explication que nous pourrions donner est que la nouveauté ne produit pas toujours un effet bénéfique à l'apprentissage. Une étude réalisée sur une population de rats a montré que l'exposition à la nouveauté pouvait augmenter la possibilité d'occurrence de menaces (même si la situation n'est pas menaçante) et, ainsi, déclencher un état d'anxiété

généralisée qui se caractérise par un comportement défensif et une évaluation exploratoire du risque (Grey & McNaughton, 2003). Ainsi, lorsqu'un rat était exposé pour la première fois à un nouvel environnement, les circuits régulant les comportements défensifs liés à l'anxiété (y compris l'évaluation des risques et l'évitement passif) augmentaient leur activité. De même, lorsque l'environnement devenait familier, l'activité de ces circuits diminuait et un retour à un comportement normal se produisait (Blanchard et al., 2011). L'un de ces circuits impliquait l'hippocampe et l'amygdale. Il a été suggéré que l'hippocampe intégrerait et comparerait les informations des zones sensorielles néocorticales avec les états internes et prendrait le contrôle du comportement lorsqu'une menace possible est détectée (Grey & McNaughton, 2003), jouant ainsi un rôle crucial dans le comportement exploratoire induit par la nouveauté et la familiarisation (Eichenbaum et al., 2007). L'amygdale jouerait également un rôle dans l'exploration induite par la nouveauté et le comportement anxieux car elle transmettrait un important stimulus de menace traité à l'augmentation de l'excitation de l'hippocampe (McGaugh, 2005) et modulerait la mémoire affective (Roozendaal et al., 2009). Les recherches scientifiques ont montré que le stress, induit par la nouveauté, peut être néfaste pour l'apprentissage en réduisant la plasticité cérébrale et la flexibilité comportementale (Jacinto et al., 2013). En effet, des études sur les rats ont démontré qu'un stress prolongé a altéré la préférence pour la nouveauté sociale et pour de nouveaux objets (Eagle et al., 2013) et que l'exposition à un stress a modifié la plasticité synaptique dans l'hippocampe et a interféré avec la mémoire spatiale dépendante de l'hippocampe (Baker & Kim, 2002). Une étude chez l'Homme (Schwabe & Wolf, 2010) a expliqué que le stress aurait un effet altérant sur l'apprentissage. Cependant, d'autres auteurs ont suggéré que le stress aigu n'induirait probablement pas de troubles de la récupération de la mémoire mais, à la place, induirait un état d'excitation émotionnelle qui motiverait l'évitement de la nouveauté (Vargas-López et al., 2015). Notons que l'effet du stress peut varier en fonction de la durée d'exposition, des caractéristiques émotionnelles de l'événement, de la quantité de substances sécrétées et du processus de la mémoire évalué (Zorawski et al., 2005). De plus, il existerait une susceptibilité différentielle dans le développement des troubles cognitifs (modification de l'activité hippocampique) induits par le stress et la nouveauté (Melis et al., 2019 ; Touyarot et al., 2004).

Il est difficile de conclure que cette corrélation soit cohérente car d'une part, nous n'avons pas obtenu de détection de la nouveauté et d'autre part, il existe encore des incertitudes concernant les données de la littérature. En effet, l'interaction l'hippocampe/cortex périrhinal est complexe et l'effet de la nouveauté sur cette interaction est mal défini.

En outre, il n'est pas indiqué que la nouveauté a provoqué un stress chez les participants, même si certains rapportaient être nerveux lors de la tâche de jugement de scènes car ils craignaient de mal faire.

1.3. Liens entre traits de personnalité, nouveauté et la relation nouveauté/mémoire épisodique

Nous avons émis l'hypothèse d'un lien entre la curiosité et la recherche de nouveauté. De surcroît, nous nous attendions à une plus grande sensibilité à la nouveauté et de meilleurs scores de rappel et de recollection après le jugement de nouvelles scènes chez les participants ayant des scores élevés dans les dimensions « ouverture » et « recherche de nouveauté ». Pour étudier les traits de personnalité des participants, nous avons utilisé la dimension de l'ouverture du NOE PI-3 et la dimension de la recherche de nouveauté du TCI-R pour ensuite faire des corrélations avec la sensibilité à la nouveauté et avec l'effet de la nouveauté sur la mémoire dépendante de l'hippocampe.

Concernant le lien entre l'ouverture et la recherche de nouveauté, la corrélation n'était pas significative. Cette constatation se rapproche des résultats de différentes études qui n'ont pas trouvé de corrélation entre les deux dimensions (Aluja & Blanch, 2011 ; MacDonald & Holland, 2002) en suggérant qu'elles sont fortement interdépendantes, ce qui corrobore l'idée qu'elles mesurent des choses différentes. Néanmoins, il existe une tendance moyenne vers une relation positive pouvant suggérer qu'elles ne sont pas non plus tout à fait distinctes l'une de l'autre (Capanna et al., 2012 ; De Fruyt et al., 2000 ; Gocłowska et al., 2019). Ainsi, une personne recherchant fortement la nouveauté serait plus encline à présenter un trait de personnalité curieux ou inversement.

Les résultats n'ont pas montré de lien entre la sensibilité à la nouveauté et les traits de personnalité. Cette constatation peut être expliquée par le fait que la tâche de jugement de scènes n'a pas induit de sentiment de nouveauté. Concernant le TCI-R plus précisément, il a été démontré dans la littérature scientifique que la dimension de recherche de nouveauté a une moins bonne fidélité que les autres dimensions (Hansenne et al., 2005) et donc ne mesurait pas efficacement la recherche de nouveauté. Une corrélation attendue entre la mémoire dépendante de l'hippocampe et les traits de personnalité n'a pas été observée. Cependant, il existait une tendance entre la recherche de nouveauté et l'effet de nouveauté sur le score de rappel après un encodage profond. Contrairement à ce qui était attendu, une corrélation positive est ressortie entre l'ouverture et l'effet de nouveauté sur le score de reconnaissance après un encodage

profond ainsi qu'une tendance entre la recherche de nouveauté et l'effet de nouveauté sur le jugement de familiarité en encodage superficiel. Nous avons précédemment vu que le modèle à deux voix peut être remis en question. Il est assez complexe et la familiarité pourrait également dépendre de l'hippocampe. Avec un plus grand échantillon, nous pourrions retester dans le cadre d'une étude ultérieure l'hypothèse d'un lien entre les traits de personnalité et l'effet de la nouveauté en mémoire en général et pas la mémoire dépendante de l'hippocampe uniquement, étant donné que l'hippocampe pourrait également jouer un rôle dans la familiarité et d'autres régions (comme le cortex périrhinal) pourraient également intervenir dans la recollection (McElree et al., 1999 ; Staresina et al., 2012).

2. Limites, perspectives et applications

2.1.Limites

Concernant les limites de notre étude, celle que nous avons le plus citée dans la discussion des résultats est l'efficacité de la tâche de jugement de scènes (stimulus nouveau utilisé, saillance des scènes, nombre d'images, temps d'exposition, mesure de détection à la nouveauté). Cette limite est assez importante, étant donné que notre tâche de jugement de scènes n'a pas suscité le sentiment de nouveauté attendu, celui-ci étant indispensable pour mener l'étude.

En outre, la définition de la nouveauté a pu constituer une limite, étant donné qu'elle est imprécise. Nous avons vu dans la littérature scientifique que la nouveauté pouvait prendre différentes formes. Des auteurs ont pourtant expliqué qu'elle était souvent confondue avec la violation des attentes, plus particulièrement dans la recherche animale, étant donné qu'elle est difficile à induire. La violation des attentes serait celle qui provoquerait les réponses psychophysologiques associées à la nouveauté (ou alors elle activerait plus de régions que la nouveauté comme l'ATV et la SN en plus de l'hippocampe) et entraînerait une meilleure mémoire (Porubanova et al., 2014 ; Schomaker & Meeter, 2018 ; Wittmann et al., 2007). Selon le modèle NOMAD (Düzel et al., 2010), il faudrait la présence des deux (combinaison de réponses toniques déclenchées par les attentes et les réponses phasiques déclenchées par l'exposition à la nouveauté) pour améliorer de manière optimale l'apprentissage et la consolidation de nouveaux stimuli. Or, dans notre étude, nous nous sommes basés uniquement sur la nouveauté contextuelle qui n'a pas été induite. En outre, nous pourrions penser que la tâche de jugement de scènes n'était pas assez inattendue. Ainsi, les scènes n'ont pas assez stimulé les régions hippocampiques ni déclenché des réponses tant phasiques que toniques.

Une autre limite est l'incertitude des régions précisément stimulées par la nouveauté et la complexité de la relation hippocampe/mémoire. En effet, nous sommes partis du modèle à double voix recollection/familiarité avec l'hippocampe lié à la recollection et le cortex périrhinal lié à la familiarité (Yonelinas, 1994). Cependant, ce modèle a été remis en question. Il s'agirait d'une interaction complexe entre ces zones cérébrales pouvant être à la fois impliquées dans la mémoire de source et la mémoire d'objet (McElree et al., 1999 ; Staresina et al., 2012). Il a donc fallu remettre en question notre hypothèse de la nouveauté ayant uniquement effet sur la mémoire dépendante de l'hippocampe. De plus, Il existe différents systèmes de neurotransmetteurs impliqués lorsque la nouveauté est détectée. En effet, l'hippocampe a pu interagir avec l'ATV et/ou le LC (Duszkiewicz et al., 2019 ; McNamara & Dupret, 2017) pour libérer de la dopamine et/ou de la noradrénaline. Néanmoins, la compréhension concernant les mécanismes de la libération des différents neurotransmetteurs et les liens entre ces systèmes ne sont pas encore bien compris.

L'étude en ligne peut également faire partie des limites. En effet, certains facteurs peuvent être contrôlés lors d'une étude en présentiel mais pas dans une étude en ligne comme le lieu de passation et le contact humain durant le testing. Les participants n'ont peut-être pas passé l'étude dans un endroit calme. En outre, le contexte d'apprentissage a pu influencer les scores en rappel (Imundo et al., 2021). Dans notre étude, nous ne savons pas si les contextes environnementaux variaient, étant donné que la passation était en ligne. Un autre élément à prendre en compte est la situation sanitaire ayant demandé à adapter la tâche et ayant eu un impact sur les étudiants étant majoritaires dans cette étude. Certaines études empiriques ont révélé que ces derniers souffraient dans bien des cas de stress et d'anxiété pendant cette pandémie (Arora et al., 2020 ; Chakraborty et al., 2021 ; Islam et al., 2020). Nous avons vu que le stress pouvait avoir un impact sur l'apprentissage (Baker & Kim, 2002 ; Jacinto et al., 2013 ; Schwabe & Wolf, 2010) et amener à éviter la nouveauté (Eagle et al., 2013 ; Vargas-López et al., 2015). De surcroît, l'attention et la motivation ont pu être impactées pendant la pandémie. En effet, des étudiants ont déclaré être moins capables de réguler leur attention, leurs efforts et leur temps, et se disaient moins motivés par rapport à la situation avant le début de la crise (Biwer et al., 2021 ; Niemi & Kousa, 2020). Or, l'attention et la motivation sont importantes pour se diriger vers la nouveauté (Schomaker et al., 2014b). D'autres études (Iterbeke & De Witte, 2020 ; Smith et al., 2021) ont montré que les étudiants ayant une tendance à l'extraversion ont eu plus de mal à s'adapter aux mesures de précaution pandémiques car elles les empêchaient de maintenir des interactions sociales.

Il faut également prendre en compte que les questionnaires sur les traits de personnalité se basaient sur la personnalité en général et pas à un instant t (la période de testing). Or, comme expliqué ci-dessus, la pandémie a pu influencer l'état des étudiants au moment de la passation. Ainsi, les scores obtenus en ouverture et en recherche de nouveauté ne reflétaient peut-être pas leur état émotionnel du moment. Cependant, le testing en ligne possède certains avantages, comme la facilité de recrutement et la flexibilité de l'agenda qui a permis d'éviter de nombreux abandons.

La dernière limite que nous pouvons relever dans cette étude est la taille d'échantillon. En effet, nous l'avons uniquement calculé *a priori* à partir de l'effet de la nouveauté sur le rappel en nous basant sur l'étude de Schomaker et al. (2014b) mais sans la calculer pour les corrélations. Pourtant, comme expliqué dans la discussion à ce sujet, nous avons observé des tendances. Un échantillon plus grand aurait pu amener des corrélations significatives. Pour vérifier cela, nous avons utilisé le programme G-power afin d'observer la puissance obtenue avec les résultats actuels. Ensuite, nous avons utilisé l'option "*a priori*" pour voir quelle taille d'échantillon était préconisée pour obtenir la même corrélation à un seuil significatif. Pour considérer une étude comme bonne, le seuil minimal de la puissance doit être de 0.70. Pour la corrélation entre les dimensions ouverture et recherche de nouveauté, la puissance était proche de seuil minimal (0.63). Pour se rapprocher de 0.70, il aurait fallu recruter 38 sujets. La tendance entre l'effet sur le rappel en encodage profond et le score en recherche de nouveauté donne une puissance de 0.43. Pour se rapprocher de 0.70, il aurait fallu recruter 61 participants et 65 participants pour obtenir la même puissance entre l'effet de la nouveauté sur le jugement de familiarité en encodage superficiel et la recherche de nouveauté (dont la puissance *a posteriori* était de 0.40).

Malgré l'ensemble de ces limites, nous pouvons relever une force dans notre étude. Il s'agit du test de mémoire. En effet, ayant été soumis à un pré-test, il a été réajusté, notamment l'intervalle de rétention. En outre, les 8 listes étaient parfaitement appariées au niveau de la longueur des mots et de la fréquence. Ainsi, ce test pourra être réutilisé dans le cadre de futures études nécessitant un test de mémoire avec un encodage profond et superficiel. D'autres perspectives seront suggérées dans le point suivant.

2.2. Perspectives et recommandations pour les recherches ultérieures

Etant donné les résultats peu concluants et les limites discutées précédemment, nous pouvons proposer des pistes pour les recherches ultérieures afin de faire fonctionner l'induction de la nouveauté et comprendre plus précisément les mécanismes de la nouveauté et les régions qui y sont impliquées.

Tout d'abord, concernant l'induction de la nouveauté, il faudrait repartir de l'idée de base et induire la nouveauté grâce à l'exploration d'un nouvel environnement via la réalité virtuelle tout en créant des environnements qui induisent également l'inattendu. En effet, il faudrait la combinaison des deux pour améliorer de manière optimale l'apprentissage. Pour induire l'inattendu, deux environnements différents avec des consignes différentes lors de l'exploration de chacun d'eux ou des stimuli dans l'environnement complètement différents pourraient être proposés. De plus, il faudrait augmenter le temps d'exposition de 5 minutes par rapport à l'étude de Schomaker et al. (2014b) tout en évitant de provoquer un cybermalaise chez les participants, ce qui ferait dès lors un total de 10 minutes d'exposition à la nouveauté.

Pour mesurer la détection de la nouveauté et établir les structures cérébrales impliquées, une autre mesure que les temps réaction comme l'EEG ou combiner la RV avec la neuroimagerie pourrait être suggérée. En effet, il existe des systèmes EEG mobiles fiables combinés avec les smartphones (Debener et al., 2015) qui pourraient être mesurés pendant que les participants explorent activement des environnements nouveaux ou familiers. Cette approche permettrait de savoir, par exemple, si l'exploration de nouveaux environnements active les zones cérébrales associées à la nouveauté et comment cela est lié aux effets bénéfiques de la nouveauté sur la mémoire. Certains systèmes comme VisuaStim Digital de Resonance Technology sont compatibles avec l'IRMf mais sont coûteux. Les systèmes de RV bon marché, comme Oculus Rift, peuvent également être combinés avec des techniques de neuroimagerie (Schomaker, 2019). Des mesures subjectives de la nouveauté et de l'inattendu (échelles, questionnaires,...) pourraient être ajoutées pour compléter les analyses et voir s'il existe un lien entre les mesures qualitatives et les mesures quantitatives. Les participants pourraient, à l'aide de ces dernières, préciser leur ressenti au niveau de la violation de leurs attentes et le distinguer du ressenti de nouveauté.

Il faudrait également doubler la taille de l'échantillon (+/-65 participants) pour obtenir les mêmes corrélations (avec une taille d'effet moyenne) que dans notre étude mais à un seuil significatif.

Pour aller plus loin, deux groupes (exploration d'un nouvel environnement avant l'apprentissage ou exploration de l'environnement après l'apprentissage) pourraient être établis afin de comparer l'impact de l'ordre « apprentissage en premier » ou « exposition à la nouveauté en premier » et voir si un ordre donne des meilleures performances que l'autre. En effet, rappelons que les effets de la nouveauté peuvent durer plusieurs dizaines de minutes et peuvent même faire effet rétrospectivement.

Il reste encore de nombreux inconnus, comme la manière dont sont impliqués les différents systèmes de neurotransmetteurs associés au traitement de la nouveauté et à la mémoire (Lisman & Grace, 2005; Rangel-Gomez & Meeter, 2016). Des interventions pharmacologiques pourraient aider à éclairer les mécanismes neurobiologiques sous-jacents aux effets de la nouveauté sur l'apprentissage (Schomaker, 2019).

2.3.Applications pratiques et cliniques

Prouver que la nouveauté procure des effets bénéfiques sur la mémoire ainsi que trouver les mécanismes exacts de cette relation permettrait de mettre au point de nouvelles méthodes d'apprentissage, notamment pour les étudiants pendant leur scolarité. De plus, des interventions efficaces d'exposition à la nouveauté pourraient être conçues pour améliorer l'apprentissage pour les personnes souffrant de troubles mnésiques et lutter contre le déclin de la mémoire lié à l'âge.

2.3.1. Applications pratiques

Fenker et al. (2008) donnaient comme conseil d'appliquer leurs résultats à la relation entre l'apprentissage et les médias, tels que la télévision et les jeux vidéo. Par exemple, regarder de nouvelles images du National Geographic devrait stimuler l'apprentissage. Cependant, il faut prendre en compte que les scientifiques ont donné ce conseil suite à la mise en évidence d'effets significatifs de la nouveauté contextuelle (induite par des nouvelles scènes) sur la mémoire dépendante de l'hippocampe dans leur étude, contrairement à la présente étude. De surcroît, des études ultérieures à celle de Fenker et al. (2008) ont montré que l'effet de nouveauté sur l'apprentissage était mieux induit par l'exposition active de celle-ci (Schomaker & Wittmann, 2021 ; Schomaker et al., 2014b ;).

L'étude de Ballarini et al. (2013) a montré que de nouveaux événements pédagogiques pertinents vécus pendant les heures normales de classe peuvent améliorer la mémoire à long terme pour les tâches/activités apprises pendant des leçons traditionnelles. En effet, une expérience nouvelle (leçon de sciences ou de musique) a amélioré la mémoire d'activités

littéraires, graphiques ou visuelles lorsque l'expérience de nouveauté était proche de ces séances d'apprentissage. En revanche, une leçon familière n'a pas réussi à améliorer la mémoire pour l'autre tâche. Ainsi, une nouvelle expérience pourrait améliorer l'apprentissage dans l'environnement scolaire. Les résultats fournissent un outil qui pourrait être facilement transférable à la vie scolaire. Il faudrait ajouter des expériences éducatives nouvelles avant ou après l'apprentissage de leçons traditionnelles dans l'horaire pour stimuler cet apprentissage. Cette approche pourrait être utile pour la consolidation de certaines matières plus complexes.

Certains auteurs ont prodigué des conseils pour booster l'apprentissage des étudiants, notamment celui d'essayer d'étudier au même endroit et à la même heure tous les jours (Joubert, 2018 ; Rasmussen, 2019). Cette recommandation implique que l'apprentissage est optimal dans un contexte environnemental dont l'espace-temps est fixe. Néanmoins, les résultats d'Imundo et al. (2021) soutiennent l'étude dans des contextes environnementaux hétérogènes et étendent l'avantage de la variation contextuelle à des intervalles de plusieurs jours. Ils révèlent également que les avantages de cette dernière interagissent avec la pratique de récupération étant l'une des techniques d'apprentissage les plus efficaces. Notons que la récupération d'informations de la mémoire à long terme est un processus fragile et aléatoire qui s'améliore grâce à la pratique. En conclusion, ils proposent aux étudiants qui souhaitent optimiser leurs performances à un examen, où le contexte environnemental de récupération sera sûrement différent du contexte d'apprentissage, d'étudier dans plus d'un unique environnement.

2.3.2. Applications cliniques

Les voies dopaminergiques sont sujettes à la dégénérescence liée à l'âge (Bäckman et al., 2006) et le traitement de la nouveauté est modifié chez les personnes âgées (Alperin et al., 2014; Riis et al., 2009).

Le modèle NOMAD (Düzel et al., 2010) a suggéré que le dysfonctionnement dopaminergique chez les personnes âgées serait associé à une diminution de la consolidation de la mémoire épisodique et à un moindre intérêt à se diriger vers la nouveauté (exploration réduite de la nouveauté). De plus, le dysfonctionnement dopaminergique devrait diminuer l'amélioration contextuelle de la mémoire à long terme, c'est-à-dire que les personnes âgées présentant une neuromodulation dopaminergique altérée devraient montrer une diminution de la capture synaptique et de la régulation tonique à la suite de la hausse de l'activité dopaminergique médié par une exposition à la nouveauté (par exemple dans un nouvel environnement). Ces personnes devraient également présenter réduction tant de la motivation que de l'énergie à s'engager dans un comportement exploratoire et devraient attribuer moins de valeur aux nouvelles informations.

En outre, nous avons vu dans la littérature que la dopamine présente dans la SN/VTA est modulée par le trait de personnalité à la recherche de nouveauté (Zald et al., 2008). Ainsi, ce dernier pourrait également affecter la façon dont le modèle NOMAD peut expliquer l'impact du dysfonctionnement dopaminergique lié à l'âge sur la mémoire. Cependant, la relation entre la neuromodulation dopaminergique, la mémoire épisodique et les traits de personnalité chez les personnes âgées n'a pas encore été étudiée. Il existe tout de même des études longitudinales qui ont montré que les personnes obtenant de faibles scores en neuroticisme et des scores élevés en extraversion avaient un risque plus faible de développer une démence (Wang et al., 2009). Ces résultats suggèrent que les traits de personnalité peuvent modifier l'évolution vers la démence.

En supposant l'implication dopaminergique dans les effets de la nouveauté sur la mémoire, l'exploration de nouveaux environnements pourrait être suggérée comme une intervention pour ralentir le déclin de la mémoire liée à l'âge. En outre, une piste intéressante serait de tester des stratégies de traitement spécifiques utilisant des agents dopaminergiques ou cholinergiques (Düzel et al., 2010).

CONCLUSION

Cette étude avait pour but d'évaluer l'effet de la nouveauté sur l'apprentissage et d'essayer de comprendre davantage les mécanismes sous-jacents impliqués. La question de recherche était donc d'étudier plus particulièrement l'implication de la nouveauté contextuelle dans l'amélioration de la mémoire dépendante de l'hippocampe lorsque les mots étaient encodés avec deux niveaux de profondeur différents (profond et superficiel). L'influence des traits de personnalité a également été explorée.

Cette question de recherche a été établie en tirant l'inspiration de deux études (Fenker et al., 2008 ; Schomaker et al., 2014b) montrant des améliorations de mémoire temporellement étendues après l'exposition à la nouveauté dues au système dopaminergique mésolimbique. L'une d'entre elles (Fenker et al., 2008) a étudié la nouveauté à l'aide de jugement de nouvelles scènes avant l'apprentissage de mots pour ensuite tester la récupération à l'aide d'un jugement de reconnaissance recollection/familiarité. Il en est ressorti que les mots étaient mieux appris après un jugement de nouvelles scènes. De plus, l'étude étant réalisée en IRMf, les chercheurs ont observé une activation de la SN / ATV et de l'hippocampe à la suite de la détection de la nouveauté. Néanmoins, cette activation n'était pas en corrélation avec les améliorations de la mémoire. L'autre étude (Schomaker et al., 2014b) a étudié la nouveauté de manière plus active à l'aide de la réalité virtuelle afin de se rapprocher davantage des études animales. Les participants devaient explorer un environnement virtuel avant de réaliser une tâche de mémoire (encodage, rappel libre, reconnaissance). Les résultats ont montré qu'après avoir exploré un nouvel environnement virtuel, le rappel (dépendant de l'hippocampe) a été amélioré, tandis que ce ne fut pas le cas pour la reconnaissance (indépendante de l'hippocampe), indiquant une implication hippocampique. En outre, les différences individuelles (degré de motivation) ont également affecté l'apprentissage. Des traits de personnalité comme la curiosité et la recherche de nouveauté auraient un lien avec l'amélioration de l'apprentissage médiée par la nouveauté (Kidd & Hayden, 2015 ; Krebs et al., 2009 ; Zald et al., 2008). Une personne curieuse serait plus encline et plus motivée à rechercher la nouveauté, ce qui activerait le système lié à la récompense, c'est-à-dire le système dopaminergique.

Afin de nous rapprocher davantage des études animales, nous voulions répliquer le plus fidèlement possible l'étude de Schomaker et al. (2014b). Néanmoins, la crise sanitaire ne nous a pas permis d'utiliser la réalité virtuelle et nous avons dû adapter l'étude pour qu'elle soit réalisable en ligne. Nous avons décidé de garder la méthodologie de l'étude que nous voulions répliquer à la base et modifié la tâche d'induction à la nouveauté en la remplaçant par le

jugement de nouvelles scènes venant de l'étude de Fenker et al. (2008) ainsi qu'en ajoutant un jugement recollection/familiarité dans la tâche de reconnaissance. Nous avons également voulu mesurer l'impact des traits de personnalité à l'aide des dimensions d'ouverture de l'inventaire du NEO PI-3 et la dimension de recherche de nouveauté du TCI-R.

Les résultats ont montré un échec de l'implémentation de la nouveauté. En effet, les participants n'ont pas détecté la nouveauté, c'est-à-dire qu'ils n'étaient pas plus lents pour juger des scènes nouvelles que des anciennes, ce qui est contraire à notre hypothèse (Daffner et al., 1992). Etant donné que la détection de la nouveauté n'était pas présente, il a été difficile de pouvoir étudier les éventuels effets de la nouveauté sur l'apprentissage et tester nos autres hypothèses. L'effet de la condition sur la mémoire dépendante de l'hippocampe et l'effet de la condition sur la profondeur d'encodage n'est pas ressorti. De plus, nous ne pouvons pas noter des résultats significativement concluants pour les corrélations, même si certaines données indiquaient des relations encourageantes (lien entre effet de nouveauté sur le rappel après un encodage profond et sensibilité à la nouveauté). L'échec de l'induction de la nouveauté peut être expliqué en partie par la méthodologie utilisée (biais causé par la passation en ligne, scènes non saillantes et nombreuses, nouveauté contextuelle trop passive, temps d'exposition trop réduit, mesure de détection à la nouveauté imprécise) et par le manque de clarté dans la littérature scientifique au sujet de la définition de la nouveauté (effet de la nouveauté et effet de la violation des attentes confondus) et des mécanismes cérébraux impliqués (théorie du double processus remise en cause). Nous ne pouvons donc pas conclure à une inexistence d'effet de la nouveauté contextuelle sur la mémoire dépendante de l'hippocampe, ni à l'absence d'influence des traits de personnalité dans cette relation, étant donné que nous n'avons pas pu étudier véritablement l'effet de nouveauté.

Notre étude ne nous a donc pas permis de répondre à notre question de recherche. Ainsi, nous ignorons encore en grande partie quel aspect de la nouveauté sous-tend l'effet bénéfique sur la mémoire. De futures recherches pourraient combiner des interventions pharmacologiques, la neuroimagerie et la RV ou utiliser l'EEG mobile pour aider à déterminer si les mécanismes d'amélioration de la plasticité observés chez les animaux existent également chez l'espèce humaine ainsi qu'étudier la base neurobiologique de l'exploration de nouveaux environnements et le mécanisme neuronal sous-jacent aux effets de la nouveauté sur l'apprentissage. Approfondir notre compréhension sur ce thème aiderait à élaborer des interventions d'exposition à la nouveauté afin d'améliorer l'apprentissage et potentiellement contrecarrer et/ou ralentir le déclin de la mémoire lié à l'âge.

RÉFÉRENCES

- Aggleton, J. P., & Brown, M. W. (1999). Episodic memory, amnesia, and the hippocampal-anterior thalamic axis. *The Behavioral and brain sciences*, 22(3), 425–489.
- Aggleton, J. P., & Shaw, C. (1996). Amnesia and recognition memory: a re-analysis of psychometric data. *Neuropsychologia*, 34(1), 51–62. [https://doi.org/10.1016/0028-3932\(95\)00150-6](https://doi.org/10.1016/0028-3932(95)00150-6)
- Allen, T. A., & Fortin, N. J. (2013). The evolution of episodic memory. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 110 Suppl 2(Suppl 2), 10379–10386. <https://doi.org/10.1073/pnas.1301199110>
- Alperin, B. R., Mott, K. K., Rentz, D. M., Holcomb, P. J., & Daffner, K. R. (2014). Investigating the age-related "anterior shift" in the scalp distribution of the P3b component using principal component analysis. *Psychophysiology*, 51(7), 620–633. <https://doi.org/10.1111/psyp.12206>
- Aluja, A., & Blanch, A. (2011). The Five and Seven Factors Personality Models: Differences and Similitude between the TCI-R, NEO-FFI-R and ZKPQ-50-CC. *The Spanish Journal of Psychology*, 14(2), 659-666. doi:10.5209/rev_SJOP.2011.v14.n2.14
- Arora, A., Chakraborty, P., Bhatia, M., & Mittal, P. (2020). Role of Emotion in Excessive Use of Twitter During COVID-19 Imposed Lockdown in India. *Journal of technology in behavioral science*, 1–8. Advance online publication. <https://doi.org/10.1007/s41347-020-00174-3>
- Atkinson, R. C., Hermann, D. J., & Wescourt, K. T. (1974). *Search processes in recognition memory*. In R. L. Solso (Ed.), *Theories in cognitive psychology: The Loyola Symposium*. Lawrence Erlbaum.
- Averbeck, B., Djamshidian, A., O'Sullivan, S., Housden, C., Roiser, J., & Lees, A. (2013). Uncertainty About Mapping Future Actions Into Rewards May Underlie Performance on Multiple Measures of Impulsivity in Behavioral Addiction: Evidence From Parkinson's Disease. *Behavioral Neuroscience*, 127(2), 245–255. <https://doi.org/10.1037/a0032079>
- Axmacher, N., Cohen, M. X., Fell, J., Haupt, S., Dümpelmann, M., Elger, C. E., Schlaepfer, T. E., Lenartz, D., Sturm, V., & Ranganath, C. (2010). Intracranial EEG correlates of expectancy and memory formation in the human hippocampus and nucleus accumbens. *Neuron*, 65(4), 541–549. <https://doi.org/10.1016/j.neuron.2010.02.006>
- Bäckman, L., Nyberg, L., Lindenberger, U., Li, S. C., & Farde, L. (2006). The correlative triad among aging, dopamine, and cognition: current status and future prospects. *Neuroscience and biobehavioral reviews*, 30(6), 791–807. <https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2006.06.005>
- Baddeley, A. (2001). The Concept of Episodic Memory. *Philosophical Transactions: Biological Sciences*, 356(1413), 1345-1350. <http://www.jstor.org/stable/3067094>
- Baker, J. T., Sanders, A. L., Maccotta, L., & Buckner, R. L. (2001). Neural correlates of verbal memory encoding during semantic and structural processing tasks. *Neuroreport*, 12(6), 1251–1256. <https://doi.org/10.1097/00001756-200105080-00039>
- Baker, K. B., & Kim, J. J. (2002). Effects of stress and hippocampal NMDA receptor antagonism on recognition memory in rats. *Learning & memory (Cold Spring Harbor, N.Y.)*, 9(2), 58–65. <https://doi.org/10.1101/lm.46102>
- Baldassarre, G., & Mirolli, M. (2013). *Intrinsically motivated learning systems: An overview*. In G. Baldassarre & M. Mirolli (Eds.), *Intrinsically motivated learning in natural and artificial systems* (p. 1–14). Springer Science + Business Media. https://doi.org/10.1007/978-3-642-32375-1_1
- Ballarini, F., Martínez, M. C., Díaz Perez, M., Moncada, D., & Viola, H. (2013). Memory in Elementary School Children Is Improved by an Unrelated Novel Experience. *PloS one*, 8(6), e66875. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0066875>

- Barkaszi, I., Czigler, I., & Balázs, L. (2013). Stimulus complexity effects on the event-related potentials to task-irrelevant stimuli. *Biological Psychology*, 94(1), 82–89. <https://doi.org/10.1016/j.biopsycho.2013.05.007>
- Bastin, C. (2021, 16 mars). *Vieillesse et Mémoire*. [Diapositives].
- 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. <http://doi.org/10.1037/0894-4105.17.1.14>
- Berlyne, D. E. (1960). *McGraw-Hill series in psychology. Conflict, arousal, and curiosity*. McGraw-Hill Book Company. <https://doi.org/10.1037/11164-000>
- Besson, G., Ceccaldi, M. & Barbeau, E. (2012). L'évaluation des processus de la mémoire de reconnaissance. *Revue de neuropsychologie*, 4(4), 242–254. <https://doi.org/10.3917/rne.044.0242>
- Biel, D., & Bunzeck, N. (2019). Novelty Before or After Word Learning Does Not Affect Subsequent Memory Performance. *Frontiers in psychology*, 10, 1379. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2019.01379>
- Biwer, F., Wiradhany, W., Oude Egbrink, M., Hospers, H., Wasenitz, S., Jansen, W., & de Bruin, A. (2021). Changes and Adaptations: How University Students Self-Regulate Their Online Learning During the COVID-19 Pandemic. *Frontiers in psychology*, 12, 642593. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2021.642593>
- Blackford, J. U., Buckholz, J. W., Avery, S. N., & Zald, D. H. (2010). A unique role for the human amygdala in novelty detection. *NeuroImage*, 50(3), 1188–1193. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2009.12.083>
- Blanchard, D. C., Griebel, G., Pobbe, R., and Blanchard, R. J. (2011). Risk assessment as an evolved threat detection and analysis process. *Neurosci. Biobehav. Rev.* 35, 991–998. doi: 10.1016/j.neubiorev.2010.10.016
- Blumenfeld, R. S., & Ranganath, C. (2007). Prefrontal cortex and long-term memory encoding: an integrative review of findings from neuropsychology and neuroimaging. *The Neuroscientist: a review journal bringing neurobiology, neurology and psychiatry*, 13(3), 280–291. <https://doi.org/10.1177/1073858407299290>
- Blumenfeld, R. S., & Ranganath, C. (2019). The lateral prefrontal cortex and human long-term memory. *Handbook of clinical neurology*, 163, 221–235. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-804281-6.00012-4>
- Bódi, N., Kéri, S., Nagy, H., Moustafa, A., Myers, C. E., Daw, N., Dibó, G., Takáts, A., Bereczki, D., & Gluck, M. A. (2009). Reward-learning and the novelty-seeking personality: a between- and within-subjects study of the effects of dopamine agonists on young Parkinson's patients. *Brain: a journal of neurology*, 132(Pt 9), 2385–2395. <https://doi.org/10.1093/brain/awp094>
- Bouvier, P. (2009). *La présence en réalité virtuelle, une approche centrée utilisateur* (Thèse de doctorat, Université Paris-Est). Consulté sur <http://www.theses.fr/2009PEST1035>.
- Bunzeck, N., & Düzel, E. (2006). Absolute coding of stimulus novelty in the human substantia nigra/VTA. *Neuron*, 51(3), 369–379. <https://doi.org/10.1016/j.neuron.2006.06.021>
- Bunzeck, N., Doeller, C. F., Dolan, R. J., & Düzel, E. (2012). Contextual interaction between novelty and reward processing within the mesolimbic system. *Human brain mapping*, 33(6), 1309–1324. <https://doi.org/10.1002/hbm.21288>
- Bunzeck, N., Guitart-Masip, M., Dolan, R. J., & Düzel, E. (2014). Pharmacological dissociation of novelty responses in the human brain. *Cerebral cortex (New York, N.Y.: 1991)*, 24(5), 1351–1360. <https://doi.org/10.1093/cercor/bhs420>
- Capanna, C., Struglia, F., Riccardi, I., Daneluzzo, E., Stratta, P., & Rossi, A. (2012). Temperament and Character Inventory—R (TCI—R) and Big Five Questionnaire (BFQ) : Convergence and

Chakraborty, P., Mittal, P., Gupta, M. S., Yadav, S., & Arora, A. (2021). Opinion of students on online education during the COVID-19 pandemic. *Human Behavior and Emerging Technologie*, 3(3), 357–365. <https://doi.org/10.1002/hbe2.240>

Chowdhury, R., Guitart-Masip, M., Bunzeck, N., Dolan, R. J., & Düzel, E. (2012). Dopamine modulates episodic memory persistence in old age. *The Journal of neuroscience: the official journal of the Society for Neuroscience*, 32(41), 14193–14204. <https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.1278-12.2012>

Cloninger, C. R., Przybeck, T. R., Svrakic, D. M., & Wetzel, R. D. (1994). The Temperament and Character Inventory (TCI): a guide to its development and use. St Louis, Missouri: Center for psychobiology of personality, Washington University.

Cohen, J., McClure, S., & Yu, A. (2007). Should I stay or should I go? How the human brain manages the trade-off between exploitation and exploration. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 362(1481), 933–942. <https://doi.org/10.1098/rstb.2007.2098>

Costa, P. T., McCrae, R. R., & Dye, D. A. (1991). Facet scales for agreeableness and conscientiousness: A revision of the NEO Personality Inventory. *Personality and Individual Differences*, 12(9), 887–898.

Costa, V. D., Tran, V. L., Turchi, J., & Averbeck, B. B. (2014). Dopamine modulates novelty seeking behavior during decision making. *Behavioral Neuroscience*, 128(5), 556–566. <https://doi.org/10.1037/a0037128>

Craik, F. I. M. (1986). A functional account of age differences in memory. In F. Klix & H. Hagendorf (Eds.), *Human memory and cognitive capabilities: Mechanisms and performances* (pp. 409–421). North Holland, Netherlands: Elsevier.

Craik, F. I. M., & McDowd, J. M. (1987). Age differences in recall and recognition. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 13(3), 474–479. <https://doi.org/10.1037/0278-7393.13.3.474>

Daffner, K. R., Scinto, L. F., Weintraub, S., Guinessey, J. E., & Mesulam, M. M. (1992). Diminished curiosity in patients with probable Alzheimer's disease as measured by exploratory eye movements. *Neurology*, 42, 320–328.

De Fruyt, F., De Wiele, L. V., & Van Heeringen, C. (2000). Cloninger's psychobiological model of temperament and character and the Five-Factor Model of personality. *Personality and Individual Differences*, 29(3), 441–452. [https://doi.org/10.1016/S0191-8869\(99\)00204-4](https://doi.org/10.1016/S0191-8869(99)00204-4)

Debener, S., Emkes, R., De Vos, M. et al (2015). Unobtrusive ambulatory EEG using a smartphone and flexible printed electrodes around the ear. *Sci Rep* 5, 16743. <https://doi.org/10.1038/srep16743>

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>

Duan, X., Dai, Q., Gong, Q., & Chen, H. (2010). Neural mechanism of unconscious perception of surprised facial expression. *NeuroImage*, 52(1), 401–407. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2010.04.021>

Duarte, A., Henson, R. N., & Graham, K. S. (2011). Stimulus content and the neural correlates of source memory. *Brain research*, 1373(2), 110–123. <https://doi.org/10.1016/j.brainres.2010.11.086>

Dubois, D., & Poitou, J. (2002). Des « normes catégorielles » : structuration cognitive et/ou linguistique des catégories sémantiques. *Intellectica*, 5, 31–104. <https://doi.org/10.3406/intel.2002.1668>

Duncan, K. D., & Schlichting, M. L. (2018). Hippocampal representations as a function of time, subregion, and brain state. *Neurobiology of learning and memory*, 153(Pt A), 40–56. <https://doi.org/10.1016/j.nlm.2018.03.006>

- Duszkiewicz, A. J., McNamara, C. G., Takeuchi, T., & Genzel, L. (2019). Novelty and Dopaminergic Modulation of Memory Persistence: A Tale of Two Systems. *Trends in neurosciences*, 42(2), 102–114. <https://doi.org/10.1016/j.tins.2018.10.002>
- Düzel, E., Bunzeck, N., Guitart-Masip, M., & Düzel, S. (2010). NOvelty-related motivation of anticipation and exploration by dopamine (NOMAD): implications for healthy aging. *Neuroscience and biobehavioral reviews*, 34(5), 660–669. <https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2009.08.006>
- Düzel, E., Vargha-Khadem, F., Heinze, H. J., & Mishkin, M. (2001). Brain activity evidence for recognition without recollection after early hippocampal damage. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 98(14), 8101–8106. <https://doi.org/10.1073/pnas.131205798>
- Düzel, E., Yonelinas, A. P., Mangun, G. R., Heinze, H. J., & Tulving, E. (1997). Event-related brain potential correlates of two states of conscious awareness in memory. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 94(11), 5973–5978. <https://doi.org/10.1073/pnas.94.11.5973>
- Eagle, A. L., Fitzpatrick, C. J., & Perrine, S. A. (2013). Single prolonged stress impairs social and object novelty recognition in rats. *Behavioural brain research*, 256, 591–597. <https://doi.org/10.1016/j.bbr.2013.09.014>
- Eichenbaum, H., Yonelinas, A. P., & Ranganath, C. (2007). The medial temporal lobe and recognition memory. *Annual review of neuroscience*, 30, 123–152. <https://doi.org/10.1146/annurev.neuro.30.051606.094328>
- Etienne, A. M. (2018, 20 novembre). *Psychologie de la santé*. [Diapositives].
- Fenker, D. B., Frey, J. U., Schuetze, H., Heipertz, D., Heinze, H. J., & Düzel, E. (2008). Novel scenes improve recollection and recall of words. *Journal of cognitive neuroscience*, 20(7), 1250–1265. <https://doi.org/10.1162/jocn.2008.20086>
- Fernandez, A., & Glenberg, A. M. (1985). Changing environmental context does not reliably affect memory. *Memory & cognition*, 13(4), 333–345. <https://doi.org/10.3758/bf03202501>
- Fletcher, P. C., Shallice, T., & Dolan, R. J. (1998). The functional roles of prefrontal cortex in episodic memory. I. Encoding. *Brain: a journal of neurology*, 121 (Pt 7), 1239–1248. <https://doi.org/10.1093/brain/121.7.1239>
- Fletcher, P. C., Stephenson, C. M., Carpenter, T. A., Donovan, T., & Bullmore, E. T. (2003). Regional brain activations predicting subsequent memory success: an event-related fMRI study of the influence of encoding tasks. *Cortex: a journal devoted to the study of the nervous system and behavior*, 39(4-5), 1009–1026. [https://doi.org/10.1016/s0010-9452\(08\)70875-x](https://doi.org/10.1016/s0010-9452(08)70875-x)
- Francis, Z., & Inzlicht, M. (2016). Proximate and ultimate causes of ego depletion. In E. Hirt (Ed.), *Self-regulation and ego control* (pp. 373–398). New York: Elsevier.
- Furtak, S. C., Wei, S. M., Agster, K. L., & Burwell, R. D. (2007). Functional neuroanatomy of the parahippocampal region in the rat: the perirhinal and postrhinal cortices. *Hippocampus*, 17(9), 709–722. <https://doi.org/10.1002/hipo.20314>
- Fuster J. M. (2001). The prefrontal cortex--an update: time is of the essence. *Neuron*, 30(2), 319–333. [https://doi.org/10.1016/s0896-6273\(01\)00285-9](https://doi.org/10.1016/s0896-6273(01)00285-9)
- Galli G. (2014). What makes deeply encoded items memorable? Insights into the levels of processing framework from neuroimaging and neuromodulation. *Frontiers in psychiatry*, 5, 61. <https://doi.org/10.3389/fpsy.2014.00061>
- Galli, G., Feurra, M., Pavone, E. F., Sirota, M., & Rossi, S. (2017). Dynamic changes in prefrontal cortex involvement during verbal episodic memory formation. *Biological psychology*, 125, 36–44. <https://doi.org/10.1016/j.biopsycho.2017.02.008>

- Gimbel, S. I., & Brewer, J. B. (2011). Reaction time, memory strength, and fMRI activity during memory retrieval: Hippocampus and default network are differentially responsive during recollection and familiarity judgments. *Cognitive neuroscience*, 2(1), 19–23. <https://doi.org/10.1080/17588928.2010.513770>
- Giovannini, M. G., Rakovska, A., Benton, R. S., Pazzagli, M., Bianchi, L., & Pepeu, G. (2001). Effects of novelty and habituation on acetylcholine, GABA, and glutamate release from the frontal cortex and hippocampus of freely moving rats. *Neuroscience*, 106(1), 43–53. [https://doi.org/10.1016/s0306-4522\(01\)00266-4](https://doi.org/10.1016/s0306-4522(01)00266-4)
- Gocłowska, M. A., Ritter, S. M., Elliot, A. J., & Baas, M. (2019). Novelty seeking is linked to openness and extraversion, and can lead to greater creative performance. *Journal of personality*, 87(2), 252–266. <https://doi.org/10.1111/jopy.12387>
- Godden, D., & Baddeley, A. (1980). When does context influence recognition memory? *British Journal of Psychology*, 71(1), 99–104. <https://doi.org/10.1111/J.2044-8295>
- Grey, J., and McNamara, N. (2003). *The Neuropsychology of Anxiety: an Enquiry into the Functions of the Septo-Hippocampal System* (2^e éd.). New York, NY: Oxford University Press.
- Hansenne, M., Delhez, M., & Cloninger, C. R. (2005). Psychometric properties of the temperament and character inventory-revised (TCI-R) in a Belgian sample. *Journal of personality assessment*, 85(1), 40–49. https://doi.org/10.1207/s15327752jpa8501_04
- Hawco, C., & Lepage, M. (2014). Overlapping patterns of neural activity for different forms of novelty in fMRI. *Frontiers in human neuroscience*, 8, 699. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2014.00699>
- Henson, R. N., Shallice, T., & Dolan, R. J. (1999). Right prefrontal cortex and episodic memory retrieval: a functional MRI test of the monitoring hypothesis. *Brain: a journal of neurology*, 122 (Pt 7), 1367–1381. <https://doi.org/10.1093/brain/122.7.1367>
- Herweg, N., Sommer, T., & Bunzeck, N. (2018). Retrieval Demands Adaptively Change Striatal Old/New Signals and Boost Subsequent Long-Term Memory. *The Journal of Neuroscience*, 38(3), 745–754. <https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.1315-17.2017>
- Houillon, A., Lorenz, R. C., Boehmer, W., Rapp, M. A., Heinz, A., Gallinat, J., & Obermayer, K. (2013). The effect of novelty on reinforcement learning. *Progress in brain research*, 202, 415–439. <https://doi.org/10.1016/B978-0-444-62604-2.00021-6>
- Hunt, J. M. (1965). The endogenous-exogenous partition in attribution theory. *Psychological review*, 8, 189–282.
- Imundo, M. N., Pan, S. C., Bjork, E. L., & Bjork, R. A. (2021). Where and how to learn: The interactive benefits of contextual variation, restudying, and retrieval practice for learning. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 74(3), 413–424. <https://doi.org/10.1177/1747021820968483>
- Innocenti, I., Giovannelli, F., Cincotta, M., Feurra, M., Polizzotto, N. R., Bianco, G., Cappa, S. F., & Rossi, S. (2010). Event-related rTMS at encoding affects differently deep and shallow memory traces. *NeuroImage*, 53(1), 325–330. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2010.06.011>
- Islam, M. A., Barna, S. D., Raihan, H., Khan, M., & Hossain, M. T. (2020). Depression and anxiety among university students during the COVID-19 pandemic in Bangladesh: A web-based cross-sectional survey. *PloS one*, 15(8), e0238162. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0238162>
- Iterbeke, Kaat, & De Witte, Kristof. (2020). Helpful or harmful? The role of personality traits in student experiences of the COVID-19 crisis and school closure. KU Leuven – Faculty of Economics and Business. <https://lirias.kuleuven.be/retrieve/589583> [freely available]
- Jacinto, L. R., Reis, J. S., Dias, N. S., Cerqueira, J. J., Correia, J. H., & Sousa, N. (2013). Stress affects theta activity in limbic networks and impairs novelty-induced exploration and familiarization. *Frontiers in behavioral neuroscience*, 7, 127. <https://doi.org/10.3389/fnbeh.2013.00127>

- Jonassaint, C. R., Boyle, S. H., Williams, R. B., Mark, D. B., Siegler, I. C., & Barefoot, J. C. (2007). Facets of openness predict mortality in patients with cardiac disease. *Psychosomatic medicine*, 69(4), 319–322. <https://doi.org/10.1097/PSY.0b013e318052e27d>
- Joubert, S. (2018, March 24). *How to Be a Successful Online Learner: 9 Tips & Strategies*. www.northeastern.edu/bachelors-completion/news/six-tips-online-learning-success/.
- Kafkas, A., & Montaldi, D. (2014). Two separate, but interacting, neural systems for familiarity and novelty detection: a dual-route mechanism. *Hippocampus*, 24(5), 516–527. <https://doi.org/10.1002/hipo.22241>
- Kafkas, A., & Montaldi, D. (2015). Striatal and midbrain connectivity with the hippocampus selectively boosts memory for contextual novelty. *Hippocampus*, 25(11), 1262–1273. <https://doi.org/10.1002/hipo.22434>
- Kafkas, A., & Montaldi, D. (2018). How do memory systems detect and respond to novelty? *Neuroscience letters*, 680, 60–68. <https://doi.org/10.1016/j.neulet.2018.01.053>
- Kamiński, J., Mamelak, A. N., Birch, K., Mosher, C. P., Tagliati, M., & Rutishauser, U. (2018). Novelty-Sensitive Dopaminergic Neurons in the Human Substantia Nigra Predict Success of Declarative Memory Formation. *Current biology: CB*, 28(9), 1333–1343.e4. <https://doi.org/10.1016/j.cub.2018.03.024>
- Kaplan, R., Doeller, C. F., Barnes, G. R., Litvak, V., Düzel, E., Bandettini, P. A., & Burgess, N. (2012). Movement-related theta rhythm in humans: coordinating self-directed hippocampal learning. *PLoS biology*, 10(2), e1001267. <https://doi.org/10.1371/journal.pbio.1001267>
- Kaplan, R., Horner, A. J., Bandettini, P. A., Doeller, C. F., & Burgess, N. (2014). Human hippocampal processing of environmental novelty during spatial navigation. *Hippocampus*, 24(7), 740–750. <https://doi.org/10.1002/hipo.22264>
- Kemp, A., & Manahan-Vaughan, D. (2008). The hippocampal CA1 region and dentate gyrus differentiate between environmental and spatial feature encoding through long-term depression. *Cerebral cortex (New York, N.Y.: 1991)*, 18(4), 968–977. <https://doi.org/10.1093/cercor/bhm136>
- Kidd, C., & Hayden, B. Y. (2015). The Psychology and Neuroscience of Curiosity. *Neuron*, 88(3), 449–460. <https://doi.org/10.1016/j.neuron.2015.09.010>
- Kishiyama, M. M., Yonelinas, A. P., & Lazzara, M. M. (2004). The von Restorff effect in amnesia: the contribution of the hippocampal system to novelty-related memory enhancements. *J. Cogn. Neurosci.*, 16, 15–23. doi: 10.1162/089892904322755511
- Kishiyama, M. M., Yonelinas, A. P., & Knight, R. T. (2009). Novelty enhancements in memory are dependent on lateral prefrontal cortex. *J. Neurosci.*, 29, 8114–8118. doi: 10.1523/JNEUROSCI.5507-08.2009
- Konkle, T., Brady, T. F., Alvarez, G. A., & Oliva, A. (2010). Conceptual distinctiveness supports detailed visual long-term memory for real-world objects. *Journal of experimental psychology. General*, 139(3), 558–578. <https://doi.org/10.1037/a0019165>
- Krebs, R. M., Fias, W., Achten, E., & Boehler, C. N. (2013). Picture novelty attenuates semantic interference and modulates concomitant neural activity in the anterior cingulate cortex and the locus coeruleus. *NeuroImage*, 74, 179–187. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2013.02.027>
- Krebs, R. M., Schott, B. H., & Düzel, E. (2009). Personality traits are differentially associated with patterns of reward and novelty processing in the human substantia nigra/ventral tegmental area. *Biological psychiatry*, 65(2), 103–110. <https://doi.org/10.1016/j.biopsych.2008.08.019>
- Kumaran, D., & Maguire, E. A. (2009). Novelty signals: a window into hippocampal information processing. *Trends in cognitive sciences*, 13(2), 47–54. <https://doi.org/10.1016/j.tics.2008.11.004>

- Lavenex, P., & Amaral, D. G. (2000). Hippocampal-neocortical interaction: a hierarchy of associativity. *Hippocampus*, 10(4), 420–430. [https://doi.org/10.1002/1098-1063\(2000\)10:4<420::AID-HIPO8>3.0.CO;2-5](https://doi.org/10.1002/1098-1063(2000)10:4<420::AID-HIPO8>3.0.CO;2-5)
- Le Corff, Y., & Busque-Carrier, M. (2016). Structural validity of the NEO Personality Inventory 3 (NEO-PI-3) in a French-Canadian sample. *International Journal of Arts & Sciences*, 9(3), 449.
- Li, L., Miller, E. K., & Desimone, R. (1993). The representation of stimulus familiarity in anterior inferior temporal cortex. *Journal of neurophysiology*, 69(6), 1918–1929. <https://doi.org/10.1152/jn.1993.69.6.1918>
- Li, S., Cullen, W. K., Anwyl, R., & Rowan, M. J. (2003). Dopamine-dependent facilitation of LTP induction in hippocampal CA1 by exposure to spatial novelty. *Nature neuroscience*, 6(5), 526–531. <https://doi.org/10.1038/nn1049>
- Lisman, J. E., & Grace, A. A. (2005). The hippocampal-VTA loop: controlling the entry of information into long-term memory. *Neuron*, 46(5), 703–713. <https://doi.org/10.1016/j.neuron.2005.05.002>
- Lisman, J. E., & Otmakhova, N. A. (2001). Storage, recall, and novelty detection of sequences by the hippocampus: elaborating on the SOCRATIC model to account for normal and aberrant effects of dopamine. *Hippocampus*, 11(5), 551–568. <https://doi.org/10.1002/hipo.1071>
- Liu, T., & Shi, J. (2008). Event-related potentials during preattentive processing of color stimuli. *NeuroReport*, 19(12), 1221–1225. <https://doi.org/10.1097/WNR.0b013e328309a0dd>
- Lockhart, R. S. (2000). *Methods of memory research*. In E. Tulving & F. I. M. Craik (Eds.), *The Oxford handbook of memory* (p. 45–57). Oxford University Press.
- MacDonald, D. A., & Holland, D. (2002). Examination of relations between the NEO Personality Inventory-Revised and the Temperament and Character Inventory. *Psychological Reports*, 91(3,Pt1), 921–930. <https://doi.org/10.2466/PRO.91.7.921-930>
- Manns, J. R., Hopkins, R. O., Reed, J. M., Kitchener, E. G., & Squire, L. R. (2003). Recognition memory and the human hippocampus. *Neuron*, 37(1), 171–180. [https://doi.org/10.1016/s0896-6273\(02\)01147-9](https://doi.org/10.1016/s0896-6273(02)01147-9)
- Martin, A. (1999). Automatic activation of the medial temporal lobe during encoding: Lateralized influences of meaning and novelty. *Hippocampus*, 9(1), 62–70. doi: 10.1002/(SICI)1098-1063(1999)9:1<62::AID-HIPO7>3.0.CO;2-K
- Marzi, T., & Viggiano, M. P. (2010). Deep and shallow encoding effects on face recognition: an ERP study. *International journal of psychophysiology: official journal of the International Organization of Psychophysiology*, 78(3), 239–250. <https://doi.org/10.1016/j.ijpsycho.2010.08.005>
- Mayer, J. S., Kim, J., & Park, S. (2011). Enhancing visual working memory encoding: The role of target novelty. *Visual cognition*, 19(7), 863–885. <https://doi.org/10.1080/13506285.2011.594459>
- McElree, B., Dolan, P. O., & Jacoby, L. L. (1999). Isolating the contributions of familiarity and source information to item recognition: a time course analysis. *Journal of experimental psychology. Learning, memory, and cognition*, 25(3), 563–582. <https://doi.org/10.1037//0278-7393.25.3.563>
- McGaugh, J. L. (2005). Emotional arousal and enhanced amygdala activity: new evidence for the old perseveration-consolidation hypothesis. *Learn. Mem.* 12, 77–79. doi: 10.1101/lm.93405
- McNamara, C. G., & Dupret, D. (2017). Two sources of dopamine for the hippocampus. *Trends in neurosciences*, 40(7), 383–384. <https://doi.org/10.1016/j.tins.2017.05.005>
- Medvedeva, A., Materassi, M., Neacsu, V., Beresford-Webb, J., Hussin, A., Khan, N., Newton, F., & Galli, G. (2019). Effects of Anodal Transcranial Direct Current Stimulation Over the Ventrolateral Prefrontal Cortex on Episodic Memory Formation and Retrieval. *Cerebral cortex (New York, N.Y. : 1991)*, 29(2), 657–665. <https://doi.org/10.1093/cercor/bhx347>
- Meeter, M., Murre, J. M., & Talamini, L. M. (2004). Mode shifting between storage and recall based on novelty detection in oscillating hippocampal circuits. *Hippocampus*, 14(6), 722–741. <https://doi.org/10.1002/hipo.10214>

- Melis, M. R., Sanna, F., & Argiolas, A. (2019). Rats selectively bred for showing divergent behavioral traits in response to stress or novelty or spontaneous yawning with a divergent frequency show similar changes in sexual behavior: the role of dopamine. *Reviews in the neurosciences*, 30(4), 427–454. <https://doi.org/10.1515/revneuro-2018-0058>
- Millet, B., & Vanelle, J. M. (2010). *Prescrire les psychotropes*. Elsevier Masson. <https://doi.org/10.1016/C2014-0-02203-4>
- Moncada, D., & Viola, H. (2007). Induction of long-term memory by exposure to novelty requires protein synthesis: evidence for a behavioral tagging. *The Journal of neuroscience : the official journal of the Society for Neuroscience*, 27(28), 7476–7481. <https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.1083-07.2007>
- Moser, E. I., Moser, M. B., & Andersen, P. (1994). Potentiation of dentate synapses initiated by exploratory learning in rats: dissociation from brain temperature, motor activity, and arousal. *Learning & memory (Cold Spring Harbor, N.Y.)*, 1(1), 55–73.
- Murty, V. P., Ballard, I. C., Macduffie, K. E., Krebs, R. M., & Adcock, R. A. (2013). Hippocampal networks habituate as novelty accumulates. *Learning & memory (Cold Spring Harbor, N.Y.)*, 20(4), 229–235. <https://doi.org/10.1101/lm.029728.112>
- Neuroscientifically Challenged (2017). *Long terme potentiation*. <https://www.neuroscientificallychallenged.com/blog/2-minute-neuroscience-long-term-potentiation>
- Niemi, H. M., & Kousa, P. (2020). A case study of students' and teachers' perceptions in a Finnish high school during the COVID pandemic. *International Journal of Technology in Education and Science (IJTES)*, 4(4), 352-369.
- Nyberg L. (2005). Any novelty in hippocampal formation and memory? *Current opinion in neurology*, 18(4), 424–428. <https://doi.org/10.1097/01.wco.0000168080.99730.1c>
- Ober, B. A. (2010). Memory, brain and aging: The good, the bad and the promising. *California Agriculture*, 64(4). https://www.researchgate.net/publication/272654225_Memory_brain_and_aging_The_good_the_bad_and_the_promising/figures?lo=1
- O'Neil, H. F., & Drillings, M. (2012). *Motivation: Theory and Research* (pp. 221-228). Routledge: London.
- Packard, M. G., & White, N. M. (1991). Dissociation of hippocampus and caudate nucleus memory systems by posttraining intracerebral injection of dopamine agonists. *Behavioral Neuroscience*, 105(2), 295–306. <https://doi.org/10.1037/0735-7044.105.2.295>
- Panksepp, J. (1998). *Series in affective science. Affective neuroscience: The foundations of human and animal emotions*. Oxford University Press.
- Park, J., Shimojo, E., & Shimojo, S. (2010). Roles of familiarity and novelty in visual preference judgments are segregated across object categories. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 107(33), 14552–14555. <https://doi.org/10.1073/pnas.1004374107>
- Plancher, G., Barra, J., Orriols, E., and Piolino, P. (2013). The influence of action on episodic memory: a virtual reality study. *Q. J. Exp. Psychol. (Hove)* 66, 895–909. doi: 10.1080/17470218.2012.722657
- Plancher, G., Nicolas, S., et Piolino, P. (2008). Apport de la réalité virtuelle en neuropsychologie de la mémoire : étude dans le vieillissement. *Psychologie & NeuroPsychiatrie du vieillissement*, 6(1), 7-22.
- Plancher, G., Tirard, A., Gyselinck, V., Nicolas, S., and Piolino, P. (2012). Using virtual reality to characterize episodic memory profiles in amnesic mild cognitive impairment and Alzheimer's disease: influence of active and passive encoding. *Neuropsychologia*, 50, 592–602. doi: 10.1016/j.neuropsychologia.2011.12.013
- Porubanova, M., Shaw, D. J., McKay, R., & Xygalatas, D. (2014). Memory for expectation-violating concepts: the effects of agents and cultural familiarity. *PloS one*, 9(4), e90684. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0090684>

- Poucet, B., Alvernhe, A., Hok, V., Renaudineau, S., Sargolini, F., & Save, E. (2010). L'hippocampe et le code neural de la mémoire spatiale [The hippocampus and the neural code of spatial memory]. *Biologie aujourd'hui*, 204(2), 103–112. <https://doi.org/10.1051/jbio/2010009>
- Prefrontal Cortex. (2017, 4 janvier). *The Science of Psychotherapy Podcast*. <https://www.thescienceofpsychotherapy.com/prefrontal-cortex/>
- Ranganath C. (2010). A unified framework for the functional organization of the medial temporal lobes and the phenomenology of episodic memory. *Hippocampus*, 20(11), 1263–1290. <https://doi.org/10.1002/hipo.20852>
- Ranganath, C., & Paller, K. A. (2000). Neural correlates of memory retrieval and evaluation. *Brain research. Cognitive brain research*, 9(2), 209–222. [https://doi.org/10.1016/s0926-6410\(99\)00048-8](https://doi.org/10.1016/s0926-6410(99)00048-8)
- Ranganath, C., & Rainer, G. (2003). Neural mechanisms for detecting and remembering novel events. *Nature reviews. Neuroscience*, 4(3), 193–202. <https://doi.org/10.1038/nrn1052>
- Rangel-Gomez, M. (2015). *Novelty and Memory: Electrophysiological and Pharmacological Studies*. [Doctoral dissertation, Vrije Universiteit of Amsterdam]. Elsevier.
- Rangel-Gomez, M., & Meeter, M. (2016). Neurotransmitters and Novelty: A Systematic Review. *Journal of psychopharmacology (Oxford, England)*, 30(1), 3–12. <https://doi.org/10.1177/0269881115612238>
- Rangel-Gomez, M., Janenaite, S., & Meeter, M. (2015). Novelty's effect on memory encoding. *Acta psychologica*, 159, 14–21. <https://doi.org/10.1016/j.actpsy.2015.05.004>
- Rasmussen, H. (2019). Best ways to study for economics exams <https://www.thoughtco.com/how-to-study-for-your-economics-exam-1146330>.
- Reed, P., Mitchell, C., Nokes, T. (1996). Intrinsic reinforcing properties of putatively neutral stimuli in an instrumental two-lever discrimination task. *Animal Learning & Behavior*, 24(1), 38–45. doi: 10.3758/Bf03198952
- Restorff, H. V. (1933). Ueber die Wirkung von Bereichsbildungen im Spurenfeld. Analyse von Vorgängen im Spurenfeld. I. Von W. Köhler und H. v. Restorff [On the effect of field formations in the trace field. Analysis of processes in the trace field. I. By W. Kohler and H. v. Restorff]. *Psychologische Forschung*, 18, 299–342. <https://doi.org/10.1007/BF02409636>
- Riis, J. L., Chong, H., McGinnis, S., Tarbi, E., Sun, X., Holcomb, P. J., Rentz, D. M., & Daffner, K. R. (2009). Age-related changes in early novelty processing as measured by ERPs. *Biological psychology*, 82(1), 33–44. <https://doi.org/10.1016/j.biopsycho.2009.05.003>
- Rolland, J. (2004). *L'évaluation de la personnalité : Le modèle en cinq facteurs*. Wavre, Belgique: Mardaga.
- Roozendaal, B., McEwen, B. S., and Chattarji, S. (2009). Stress, memory and the amygdala. *Nat. Rev. Neurosci.* 10, 423–433. doi: 10.1038/nrn2651
- 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)
- Schomaker, J. (2019) Unexplored territory: Beneficial effects of novelty on memory. *Neurobiology of Learning and Memory*, 161, 46-50. doi: 10.1016/j.nlm.2019.03.005
- Schomaker, J., & Meeter, M. (2012). Novelty enhances visual perception. *PLoS ONE* 7(12), e50599.
- Schomaker, J., & Meeter, M. (2015). Short- and long-lasting consequences of novelty, deviance and surprise on brain and cognition. *Neuroscience and biobehavioral reviews*, 55, 268–279. <https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2015.05>
- Schomaker, J., & Meeter, M. (2018). Predicting the unknown: Novelty processing depends on expectations. *Brain research*, 1694, 140–148. <https://doi.org/10.1016/j.brainres.2018.05.008>

- Schomaker, J., & Wittmann, B. C. (2021). Effects of active exploration on novelty-related declarative memory enhancement. *Neurobiology of learning and memory*, 179, 107403. <https://doi.org/10.1016/j.nlm.2021.107403>
- Schomaker, J., Berendse, H. W., Foncke, E. M., van der Werf, Y. D., van den Heuvel, O. A., Theeuwes, J., & Meeter, M. (2014a). Novelty processing and memory formation in Parkinson's disease. *Neuropsychologia*, 62, 124–136. <https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2014.07.016>
- Schomaker, J., van Bronkhorst, M. L., & Meeter, M. (2014b). Exploring a novel environment improves motivation and promotes recall of words. *Frontiers in psychology*, 5, 918. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2014.00918>
- Schwabe, L., & Wolf, O. T. (2010). Learning under stress impairs memory formation. *Neurobiology of learning and memory*, 93(2), 183–188. <https://doi.org/10.1016/j.nlm.2009.09.009>
- Schweizer, T. (2006). The Psychology of Novelty-Seeking, Creativity and Innovation: Neurocognitive Aspects within a Work-Psychological Perspective. *Behavioral & Experimental Economics*.
- Shallice, T., Fletcher, P., Frith, C. D., Grasby, P., Frackowiak, R. S. J., & Dolan, R. J. (1994). Brain regions associated with acquisition and retrieval of verbal episodic memory. *Nature*, 368(6472), 633–635. <https://doi.org/10.1038/368633a0>
- Shin, Y. S., Masís-Obando, R., Keshavarzian, N., Dáve, R., & Norman, K. A. (2021). Context-dependent memory effects in two immersive virtual reality environments: On Mars and underwater. *Psychonomic bulletin & review*, 28(2), 574–582. <https://doi.org/10.3758/s13423-020-01835-3>
- Silvia, P. J. (2012). Curiosity and motivation. In R. M. Ryan (Ed.), *The Oxford handbook of human motivation* (pp. 157–166). Oxford University Press.
- Smith, J., Guimond, F. A., Bergeron, J., St-Amand, J., Fitzpatrick, C., & Gagnon, M. (2021). Changes in students' achievement motivation in the context of the COVID-19 pandemic: A function of extraversion/introversion? *Education Sciences*, 11(1), 1–8. <https://doi.org/10.3390/educsci11010030>
- Smith, S. M. (1979). Remembering in and out of context. *Journal of Experimental Psychology: Human Learning and Memory*, 5(5), 460–471. <https://doi.org/10.1037/0278-7393.5.5.460>
- Smith, S. M., & Vela, E. (2001). Environmental context-dependent memory: a review and meta-analysis. *Psychonomic bulletin & review*, 8(2), 203–220. <https://doi.org/10.3758/bf03196157>
- Smith, S. M., Glenberg, A., & Bjork, R. A. (1978). Environmental context and human memory. *Memory & Cognition*, 6(4), 342–353. <https://doi.org/10.3758/BF03197465>
- Smith, S.M., & Rothkopf, E. (1984). Contextual Enrichment and Distribution of Practice in the Classroom. *Cognition and Instruction*, 1, 341–358.
- Spielberger, D. C., & Starr, M. L. (2012). *Curiosity and Exploratory Behavior*. Routledge: London.
- Staresina, B. P., & Davachi, L. (2010). Object unitization and associative memory formation are supported by distinct brain regions. *The Journal of neuroscience: the official journal of the Society for Neuroscience*, 30(29), 9890–9897. <https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.0826-10.2010>
- Staresina, B. P., Fell, J., Do Lam, A. T., Axmacher, N., & Henson, R. N. (2012). Memory signals are temporally dissociated in and across human hippocampus and perirhinal cortex. *Nature neuroscience*, 15(8), 1167–1173. <https://doi.org/10.1038/nn.3154>
- Straube, T., Korz, V., Balschun, D., & Frey, J. U. (2003). Requirement of beta-adrenergic receptor activation and protein synthesis for LTP-reinforcement by novelty in rat dentate gyrus. *The Journal of physiology*, 552(Pt 3), 953–960. <https://doi.org/10.1113/jphysiol.2003.049452>
- Swan, G. E., & Carmelli, D. (1996). Curiosity and mortality in aging adults: a 5-year follow-up of the Western Collaborative Group Study. *Psychology and aging*, 11(3), 449–453. <https://doi.org/10.1037/0882-7974.11.3.449>

- Takeuchi, T., Duzskiewicz, A. J., & Morris, R.G. (2013). The synaptic plasticity and memory hypothesis: encoding, storage and persistence. *Philosophical transactions of the Royal Society of London. Series B, Biological sciences*, 369(1633), 20130288. <https://doi.org/10.1098/rstb.2013.0288>
- Takeuchi, T., Duzskiewicz, A. J., Sonneborn, A., Spooner, P. A., Yamasaki, M., Watanabe, M., Smith, C. C., Fernández, G., Deisseroth, K., Greene, R. W., & Morris, R. G. (2016). Locus coeruleus and dopaminergic consolidation of everyday memory. *Nature*, 537(7620), 357–362. <https://doi.org/10.1038/nature19325>
- Touyarot, K., Venero, C., & Sandi, C. (2004). Spatial learning impairment induced by chronic stress is related to individual differences in novelty reactivity: search for neurobiological correlates. *Psychoneuroendocrinology*, 29(2), 290–305. [https://doi.org/10.1016/s0306-4530\(03\)00031-3](https://doi.org/10.1016/s0306-4530(03)00031-3)
- Tulving E. (2002). Episodic memory: from mind to brain. *Annual review of psychology*, 53, 1–25. <https://doi.org/10.1146/annurev.psych.53.100901.135114>
- Tulving, E. (1985). Memory and consciousness. *Canadian Psychology/Psychologie canadienne*, 26(1), 1–12. <https://doi.org/10.1037/h0080017>
- Tulving, E., & Kroll, N. (1995). Novelty assessment in the brain and long-term memory encoding. *Psychonomic bulletin & review*, 2(3), 387–390. <https://doi.org/10.3758/BF03210977>
- Tulving, E., & Markowitsch, H. J. (1998). Episodic and declarative memory: role of the hippocampus. *Hippocampus*, 8(3), 198–204. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1098-1063\(1998\)8:3<198::AID-HIPO2>3.0.CO;2-G](https://doi.org/10.1002/(SICI)1098-1063(1998)8:3<198::AID-HIPO2>3.0.CO;2-G)
- Tulving, E., Markowitsch, H. J., Kapur, S., Habib, R., & Houle, S. (1994). Novelty encoding networks in the human brain: Positron emission tomography data. *Neuroreport: An International Journal for the Rapid Communication of Research in Neuroscience*, 5(18), 2525–2528. <https://doi.org/10.1097/00001756-199412000-00030>
- Uncapher, M. R., & Wagner, A. D. (2009). Posterior parietal cortex and episodic encoding: insights from fMRI subsequent memory effects and dual-attention theory. *Neurobiology of learning and memory*, 91(2), 139–154. <https://doi.org/10.1016/j.nlm.2008.10.011>
- Van der Linden, M. (2004). L'évaluation des troubles de la mémoire épisodique : fondements théoriques et méthodologiques. In M. Van der Linden, *L'évaluation des troubles de la mémoire : présentation de quatre tests de mémoire épisodique (avec leur étalonnage)*. (pp. 11-21). Marseille, France : Solal.
- van Kesteren, M. T., Ruiter, D. J., Fernández, G., & Henson, R. N. (2012). How schema and novelty augment memory formation. *Trends in neurosciences*, 35(4), 211–219. <https://doi.org/10.1016/j.tins.2012.02.001>
- Vandamme, M. J., & Nandrino, J.-L. (2004). Temperament and Character Inventory in Homicidal, Nonaddicted Paranoid Schizophrenic Patients: A Preliminary Study. *Psychological Reports*, 95(2), 393–406. <https://doi.org/10.2466/pr0.95.2.393-406>
- Vankov, A., Hervé-Minvielle, A., & Sara, S. J. (1995). Response to novelty and its rapid habituation in locus coeruleus neurons of the freely exploring rat. *The European journal of neuroscience*, 7(6), 1180–1187. <https://doi.org/10.1111/j.1460-9568.1995.tb01108.x>
- Vargas-López, V., Torres-Berrio, A., González-Martínez, L., Múnera, A., & Lamprea, M. R. (2015). Acute restraint stress and corticosterone transiently disrupts novelty preference in an object recognition task. *Behavioural brain research*, 291, 60–66. <https://doi.org/10.1016/j.bbr.2015.05.006>
- Vianna, M. R., Alonso, M., Viola, H., Quevedo, J., de Paris, F., Furman, M., de Stein, M. L., Medina, J. H., & Izquierdo, I. (2000). Role of hippocampal signaling pathways in long-term memory formation of a nonassociative learning task in the rat. *Learning & memory (Cold Spring Harbor, N.Y.)*, 7(5), 333–340. <https://doi.org/10.1101/lm.34600>

- Viswanathan, J., Rémy, F., Bacon-Macé, N., & Thorpe, S. J. (2016). Long Term Memory for Noise: Evidence of Robust Encoding of Very Short Temporal Acoustic Patterns. *Frontiers in neuroscience*, 10, 490. <https://doi.org/10.3389/fnins.2016.00490>
- Wais, P. E., Squire, L. R., & Wixted, J. T. (2010). In search of recollection and familiarity signals in the hippocampus. *Journal of cognitive neuroscience*, 22(1), 109–123. <https://doi.org/10.1162/jocn.2009.21190>
- Wälti, M. J., Woolley, D. G., & Wenderoth, N. (2019). Reinstating verbal memories with virtual contexts: Myth or reality? *PloS one*, 14(3), e0214540. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0214540>
- Wang, A. L., Mouraux, A., Liang, M., & Iannetti, G. D. (2010a). Stimulus novelty, and not neural refractoriness, explains the repetition suppression of laser-evoked potentials. *Journal of neurophysiology*, 104(4), 2116–2124. <https://doi.org/10.1152/jn.01088.2009>
- Wang, H. X., Karp, A., Herlitz, A., Crowe, M., Kåreholt, I., Winblad, B., & Fratiglioni, L. (2009). Personality and lifestyle in relation to dementia incidence. *Neurology*, 72(3), 253–259. <https://doi.org/10.1212/01.wnl.0000339485.39246.87>
- Wang, S.H., Redondo, R.L., & Morris, R.G. (2010b) Relevance of synaptic tagging and capture to the persistence of long-term potentiation and everyday spatial memory. *Proc Natl Acad Sci U S A*, 107(45), 19537–19542. <https://doi.org/10.1073/pnas.1008638107>
- Wilson, F.A., & Goldman-Rakic, P.S. (1994). Viewing preferences of rhesus monkeys related to memory for complex pictures, colours and faces. *Behav Brain Res.*, 60(1), 79–89.
- Wittmann, B. C., Bunzeck, N., Dolan, R. J., & Düzel, E. (2007). Anticipation of novelty recruits reward system and hippocampus while promoting recollection. *NeuroImage*, 38(1), 194–202. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2007.06.038>
- Xiang, J. Z., & Brown, M. W. (1998). Differential neuronal encoding of novelty, familiarity and recency in regions of the anterior temporal lobe. *Neuropharmacology*, 37(4-5), 657–676. [https://doi.org/10.1016/s0028-3908\(98\)00030-6](https://doi.org/10.1016/s0028-3908(98)00030-6)
- 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., Aly, M., Wang, W. C., & Koen, J. D. (2010). Recollection and familiarity: examining controversial assumptions and new directions. *Hippocampus*, 20(11), 1178–1194. <https://doi.org/10.1002/hipo.20864>
- Yonelinas, A. P., Kroll, N. E., 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>
- Yonelinas, A. P., Otten, L. J., Shaw, K. N., & Rugg, M. D. (2005). Separating the brain regions involved in recollection and familiarity in recognition memory. *The Journal of neuroscience: the official journal of the Society for Neuroscience*, 25(11), 3002–3008. <https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.5295-04.2005>
- Zald, D. H., Cowan, R. L., Riccardi, P., Baldwin, R. M., Ansari, M. S., Li, R., Shelby, E. S., Smith, C. E., McHugo, M., & Kessler, R. M. (2008). Midbrain dopamine receptor availability is inversely associated with novelty-seeking traits in humans. *The Journal of neuroscience: the official journal of the Society for Neuroscience*, 28(53), 14372–14378. <https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.2423-08.2008>
- Zorawski, M., Cook, C. A., Kuhn, C. M., & LaBar, K. S. (2005). Sex, stress, and fear: individual differences in conditioned learning. *Cognitive, affective & behavioral neuroscience*, 5(2), 191–201. <https://doi.org/10.3758/cabn.5.2.191>

ANNEXES

Tableau 6. Contrebalancement entre les sujets (32 versions).

Ordre condition de familiarité (A = Nouveauté en premier ; B= Familiarité en premier)	Contrebalancement des scènes (1 = Version 1 ; 2 = version 2)	Version Tâche de mémoire
A	1	1
A	1	2
A	1	3
A	1	4
A	1	5
A	1	6
A	1	7
A	1	8
B	1	1
B	1	2
B	1	3
B	1	4
B	1	5
B	1	6
B	1	7
B	1	8
A	2	1
A	2	2
A	2	3
A	2	4
A	2	5
A	2	6
A	2	7
A	2	8
B	2	1
B	2	2
B	2	3
B	2	4
B	2	5
B	2	6
B	2	7
B	2	8

Tableau 7. Description statistique (ANOVAs).

Participants (32)		
	Moyenne <i>Deep</i> ¹ (ET ³)	Moyenne <i>Shallow</i> ² (ET)
Rappel condition Familiarité	0.34 (0,11)	0.12 (0.09)
Rappel condition Nouveauté	0.36 (0.13)	0.13 (0.08)
Reconnaissance globale condition Familiarité (H-FA ⁴)	0.84 (0.15)	0.48 (0.17)
Reconnaissance globale condition Nouveauté (H-FA)	0.84 (0.12)	0.52 (0.17)
Recollection condition Familiarité (H-FA)	0.82 (0.17)	0.26 (0.15)
Recollection condition Nouveauté (H-FA)	0.85 (0.14)	0.23 (0.16)
Familiarité condition Familiarité (H-FA)	0.03 (0.19)	0.22 (0.16)
Familiarité condition Nouveauté (H-FA)	-0.02 (0.15)	0.22 (0.16)

¹Profond ²Superficiel ³Ecart-type

⁴Hits - fausses reconnaissances

RÉSUMÉ

Le but de cette étude est de tester l'hypothèse que l'exposition à des stimuli nouveaux favorise les performances dans une tâche d'apprentissage de mots et ce, en améliorant particulièrement le rappel de mots encodés de manière superficielle par rapport à des mots encodés de manière profonde, tout en tenant compte de certains traits de personnalité. Trente-deux jeunes participants ont été exposés à des scènes familières et à de nouvelles scènes afin de procéder à un jugement intérieure/extérieure avant d'effectuer un test de mémoire (encodage profond et superficiel des mots, rappel libre et reconnaissance de type oui/non avec jugement familiarité/recollection). Les résultats ont montré que, contrairement aux prédictions, la condition (Nouveauté ; Familiarité) n'avait pas d'effet significatif sur les scores de rappel. Même si l'encodage profond a conduit à de meilleurs scores de rappel et de reconnaissance que l'encodage superficiel, il n'y a pas eu d'interaction significative entre la condition et la profondeur d'encodage. Cela pourrait être dû à un échec global de la tâche de jugement de scènes à induire une détection de nouveauté car les participants ont traité de nouvelles scènes aussi rapidement que des scènes familières. Néanmoins, les analyses de corrélations ont indiqué que les participants qui passaient plus de temps sur des scènes nouvelles que familières obtenaient un meilleur rappel pour les mots encodés profondément. Cependant, les participants ayant passé plus de temps sur des nouvelles scènes par rapport à des scènes familières ont reconnu moins des mots encodés superficiellement après la condition de nouveauté, par rapport à la condition de familiarité. Les traits de personnalité n'étaient corrélés à aucune mesure sauf une corrélation positive entre l'ouverture et l'effet de nouveauté sur le score de reconnaissance après un encodage profond. L'absence d'effet de nouveauté pourrait s'expliquer par le matériel utilisé. En effet, les scènes présentées n'avaient peut-être pas suffisamment stimulé le sentiment de nouveauté. La méthodologie et les hypothèses confectionnées par nos soins peuvent également être remises en question, étant donné que la définition de la nouveauté ainsi que les régions impliquées restent imprécises et mal définies dans la littérature scientifique. Ainsi, nous ne pouvons pas conclure que l'exposition à des nouveaux stimuli améliore le rappel de mots encodés profondément et superficiellement.