
Apport de la réalité virtuelle pour évaluer la mémoire épisodique

Auteur : Lince, Juliet

Promoteur(s) : Willems, Sylvie; Meulemans, Thierry

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

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

Année académique : 2019-2020

URI/URL : <http://hdl.handle.net/2268.2/10187>

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.

Apport de la réalité virtuelle pour évaluer la mémoire épisodique



Promoteur : Docteur Sylvie WILLEMS

Sous-promoteur : Professeur Thierry MEULEMANS

Lecteurs : Docteur Arnaud D'ARGEMBEAU

Docteur Christine BASTIN

Mémoire présenté par Juliet LINCE

En vue de l'obtention du diplôme de Master en Sciences Psychologiques, à finalité
spécialisée en Psychologie Clinique, filière Neuropsychologie Clinique

Apport de la réalité virtuelle pour évaluer la mémoire épisodique



Promoteur : Docteur Sylvie WILLEMS

Sous-promoteur : Professeur Thierry MEULEMANS

Lecteurs : Docteur Arnaud D'ARGEMBEAU

Docteur Christine BASTIN

Mémoire présenté par Juliet LINCE

En vue de l'obtention du diplôme de Master en Sciences Psychologiques, à finalité
spécialisée en Psychologie Clinique, filière Neuropsychologie Clinique

Remerciements

Avant de commencer, je voudrais remercier l'ensemble des personnes qui ont contribué à l'élaboration de ce mémoire et à la réussite de mes cinq années académiques.

Dans un premier temps, je tiens à remercier le Docteur Sylvie Willems pour avoir été disponible et m'avoir apporté de précieux conseils et éclaircissements lorsqu'ils étaient nécessaires. Évidemment, je remercie également le Professeur Thierry Meulemans pour sa supervision et pour avoir été la personne qui m'a fait découvrir et apprécier la neuropsychologie.

Un tout grand merci au Docteur Arnaud D'Argembeau et au Docteur Christine Bastin pour l'intérêt et le temps consacrés à la lecture de mon mémoire.

Malgré l'annulation des testings dû aux conditions sanitaires, je tiens à témoigner toute ma gratitude à Caroline Laloire, Murielle Wansard, Gaël Delrue et Eric Vincent pour avoir accepté de m'aider dans la recherche des participants au sein de leurs services, ainsi que les quelques personnes qui ont donné de leur temps pour participer à cette étude.

Je voudrais également remercier Madame Maïté Camaralopez, pour sa collaboration et sa flexibilité dans la réalisation de la tâche virtuelle.

A toutes les personnes qui ont accepté de relire et corriger ce travail, merci pour votre patience et tous les conseils bienveillants reçus.

Je remercie de tout cœur mes parents qui m'ont permis de réaliser de belles années d'études, mon papy et ma mamy qui ont toujours cru en moi, mes amis qui m'ont épaulée et soutenue dans les moments difficiles, et enfin, Gauthier qui m'a toujours encouragée à donner le meilleur de moi-même.

Table des matières

INTRODUCTION GÉNÉRALE	1
REVUE DE LITTÉRATURE	3
1. La mémoire	3
2. La mémoire épisodique	4
2.1. Définition	4
2.1.1. Les composantes de la mémoire épisodique	5
2.1.2. Création d'un souvenir épisodique	8
2.2. Lien avec la mémoire sémantique	14
2.3. Lien avec la mémoire autobiographique	15
2.4. Implication des fonctions exécutives	17
2.5. Dysfonctionnement de la mémoire épisodique	19
2.6. La variabilité individuelle	21
2.7. Les évaluations neuropsychologiques classiques	22
2.7.1. Méthodes classiques d'évaluation	23
2.7.2. Les limites de ces méthodes classiques d'évaluation	24
3. La validité écologique et évaluation	27
3.1. Définition	27
3.2. Implication de la validité écologique dans les tâches de mémoire	28
3.3. Les épreuves écologiques actuelles	29
4. La réalité virtuelle	32
4.1. Définition	32
4.1.1. Intérêts de la réalité virtuelle en neuropsychologie	33
4.1.2. Les désavantages et limites de la réalité virtuelle	36
4.2. Les études utilisant la réalité virtuelle en clinique	37
RECU CRITIQUE	41
OBJECTIF ET HYPOTHÈSES	44
1. Hypothèses	45
1.1. Hypothèse 1	45

1.2.	Hypothèse 2	45
1.3.	Hypothèse 3	46
2.	Questions subsidiaires	47
2.1.	Les cybermalaises	47
2.2.	La reviviscence mentale	47
MÉTHODOLOGIE		48
1.	Participants	48
2.	Matériel	50
2.1.	La réalité virtuelle	50
2.2.	Les tests neuropsychologiques classiques	52
2.3.	Les questionnaires	54
3.	Procédure et cotation	55
3.1.	La première séance	55
3.1.1.	Familiarisation avec le matériel	56
3.1.2.	Épreuve de double tâche dans l'environnement virtuel	56
3.1.3.	Tâche en réalité virtuelle	56
3.1.4.	Questionnaires	58
3.2.	La deuxième séance	58
3.2.1.	Voyage mental	58
3.2.2.	Évaluation de la mémoire épisodique en rappel différé	59
3.2.3.	Évaluations neuropsychologiques classiques	60
3.2.4.	Questionnaire	61
3.2.5.	Clôture de la séance	61
RÉSULTATS PRÉLIMINAIRES		62
1.	Analyse des profils de performance	63
1.1.	Sujet 1	64
1.1.1.	Profil cognitif global	64
1.1.2.	Profil mnésique	65
1.2.	Sujet 2	66
1.2.1.	Profil cognitif global	66
1.2.2.	Profil mnésique	66
1.3.	Sujet 3	67

1.3.1.	Profil cognitif global	67
1.3.2.	Profil mnésique.....	68
1.4.	Sujet 4.....	69
1.4.1.	Profil cognitif global	69
1.4.2.	Profil mnésique.....	69
1.5.	Conclusion des résultats	70
2.	Analyse globale de la tâche virtuelle	72
2.1.	Les actions.....	72
2.1.1.	Les scores planchers.....	73
2.1.2.	Les scores plafonds	73
2.1.3.	Le sentiment de reviviscence.....	74
2.2.	Les catégories.....	74
2.3.	La familiarisation avec la tâche.....	76
2.4.	Les questionnaires.....	77
2.4.1.	Les questionnaires d'auto-évaluation de la mémoire (QAM)	77
2.4.2.	ITC-SOPI.....	79
2.4.3.	SSQ.....	80
2.5.	La reviviscence mentale.....	80
	DISCUSSION	82
1.	Discussion des résultats préliminaires obtenus	83
1.1.	Hypothèse 1 : validité écologique.....	83
1.2.	Hypothèse 2 : validité de la tâche.....	84
1.3.	Hypothèse 3 : sentiment de reviviscence.....	85
1.4.	Questions subsidiaires	86
1.4.1.	Les cybermalaises.....	86
1.4.2.	La reviviscence mentale	87
2.	Les limites et forces méthodologiques et les perspectives futures	88
2.1.	Les limites.....	88
2.2.	Les forces	90
	CONCLUSION	91
	BIBLIOGRAPHIE	92

Introduction générale

Si nous sommes tous en mesure de nous souvenir d'un épisode du passé, c'est grâce à l'activation de la mémoire dite « épisodique ». D'après Tulving, celle-ci regroupe l'ensemble des événements que nous avons personnellement vécus, et nous donne la possibilité de faire un voyage mental dans le passé ou dans le futur (Van der Linden, 2003). Nos expériences contribuent à la formation de notre identité personnelle, car les souvenirs qui en découlent sont significatifs et intenses (Pause et al., 2013). De plus, notre cerveau a la capacité de distinguer les différents événements entre eux, sur base de leur caractère émotionnel. La plupart du temps, la création de ces souvenirs, se fait de manière implicite, sans qu'on en ait vraiment conscience. Pourtant, lorsqu'on nous demande par exemple, de nous remémorer nos dernières vacances, nous sommes normalement tous capables de les restituer dans leur contexte temporel et spatial et nous pouvons même avoir l'impression de les revivre mentalement le temps d'un instant. Les troubles de la mémoire épisodique font partie des troubles neuropsychologiques qui sont les plus fréquemment rencontrés et ceux-ci ont de lourdes conséquences sur le quotidien des individus. Il est donc nécessaire que les neuropsychologues possèdent des épreuves qui permettent de l'évaluer de manière adéquate. Cependant, la mémoire épisodique n'est pas simple à mesurer, puisqu'il est presque impossible de pouvoir vérifier la véracité des souvenirs des individus, ce qui limite les professionnels dans leurs évaluations (Becquet et al., 2017). Outre ce fait, les épreuves neuropsychologiques classiques évaluant cette mémoire, ne correspondent pas entièrement aux difficultés que les patients peuvent rencontrer dans leur vie quotidienne (Chaytor & Schmitter-Edgecombe, 2003). Au fil de nos recherches, nous avons mis en évidence le fait que la réalité virtuelle pourrait être un outil dont les neuropsychologues pourraient bénéficier. En effet, cette technologie serait premièrement, plus en accord avec les théories actuelles qui définissent la mémoire épisodique et deuxièmement, plus en lien avec les plaintes des patients. Notre recherche a pour objectif d'évaluer l'intérêt de se servir de la réalité virtuelle, au détriment des tests « papier-crayon » habituellement utilisés par les neuropsychologues, afin d'identifier les difficultés de mémoire que les patients peuvent rencontrer dans leur vie quotidienne. Lors de ce travail nous nous sommes efforcés de mettre en avant les différents critères qui définissent la mémoire épisodique afin de créer une évaluation virtuelle conforme à nos recherches.

En raison de la crise sanitaire (COVID-19), nous avons été contraints d'annuler la récolte de données sur les participants. Notre échantillon a donc été fortement diminué, et nous n'avons pu recevoir que quatre sujets sains avant le confinement. Initialement, nous voulions également recruter des patients ayant une plainte cognitive. Au lieu d'une étude de cas multiples, un essai clinique sera réalisé. Dans ce travail, nous proposerons l'utilisation d'un dispositif virtuel afin d'évaluer la mémoire épisodique sur un petit échantillon de sujets sains. Nous émettrons les hypothèses initiales que nous voulions formuler et donnerons les résultats préliminaires. Pour finir, les résultats attendus ainsi que les perspectives futures seront discutés.

Revue de littérature

1. La mémoire

La mémoire est une fonction complexe qui repose sur une large gamme de processus et de systèmes en interaction (Tulving, 1985). Elle représente le mécanisme qui nous permet d'enregistrer, de conserver, et de restituer des informations venant d'expériences, d'apprentissages ou d'événements divers. Ces trois processus, nous permettent de pouvoir interagir avec notre environnement (Croisile, 2009). La mémorisation ainsi que la récupération d'informations, peuvent se faire aussi bien consciemment qu'inconsciemment. En effet, la mémoire varie en fonction des différents facteurs environnementaux et personnels ; les circonstances et événements, la fatigue, le stress, l'émotivité, la motivation, etc. (Corriveau Lecavalier et al., 2018).

Grâce à William James (1842-1910), on sait actuellement que la mémoire est multiple et subdivisée en sous-systèmes qui sont à la fois interconnectés mais également autonomes (Croisile, 2009). Chaque système de mémoire est spécialisé dans le stockage d'un certain type d'information. Selon Tulving, par exemple, il existerait cinq systèmes principaux de mémoire séparés en deux grandes catégories. Premièrement, la mémoire à court terme, qui comporte uniquement le stock de la mémoire de travail, et deuxièmement on retrouve la mémoire à long-terme, qui regroupe quatre systèmes : la mémoire sémantique, la mémoire épisodique, la mémoire procédurale et le système de représentation perceptive (Tulving, 1985 ; Van der Linden, 2003). Malgré le fait que ces différentes mémoires ne soient pas toutes logées dans la même région cérébrale, et qu'elles ne possèdent pas toutes les mêmes caractéristiques, il a pu être démontré qu'elles interagissent. Ce concept de mémoire multiple a été soutenu par de nombreux cas de patients amnésiques se montrant aptes à acquérir de nouvelles informations sans pour autant être capables de récupérer les épisodes durant lesquels ces éléments ont été acquis (Van der Linden, 2003).

Dans le cadre de cette recherche, nous nous baserons essentiellement sur l'évaluation de la mémoire épisodique, que nous détaillons plus largement ci-après.

2. La mémoire épisodique

2.1. Définition

Dans le début des années 70, Endel Tulving définit la mémoire épisodique comme permettant l'encodage, le stockage et la récupération d'événements personnellement vécus par le sujet, situés dans leur contexte spatio-temporel et permettant de se projeter mentalement vers ces événements du passé (Tulving, 2002). Dans cette définition que nous donne Tulving, on remarque qu'il y a différentes composantes qui caractérisent la mémoire épisodique. Nous allons brièvement les décrire ci-dessous, et nous y reviendront plus largement par la suite dans la partie sur les composantes de la mémoire épisodique.

Premièrement, lorsque l'on se remémore un événement personnellement vécu, on va normalement récupérer le contexte dans lequel celui-ci est apparu. « Qu'est-ce qui s'est passé ? » « Quand est-ce que ça a eu lieu ? » « Qui était là ? » « Où cet événement a eu lieu ? » La construction d'un épisode dépend alors des informations concernant le « What », le « Where », le « Who » et le « When » (Tulving, 2002). Ensuite, contrairement aux autres systèmes de mémoire, qui sont tous dirigés vers le présent, la mémoire épisodique offre la possibilité de voyager dans le passé et le futur (Van der Linden, 2003). Cette mémoire nous permet donc de revivre mentalement une expérience passée rien qu'en y repensant (Van der Linden, 2003). Pour finir, selon Hassabis et Maguire (2007), la mémoire épisodique est « *l'ingrédient essentiel pour façonner la façon dont nous nous percevons* » (p. 299) et celle-ci contribue à la formation de notre identité personnelle.

En raison de sa complexité multidimensionnelle, la mémoire épisodique est alimentée par un vaste réseau au sein des régions cérébrales corticales et sous-corticales (Pause et al., 2013 ; Tulving, 2002 ; Van der Linden, 2003). Il apparaît que la mémoire épisodique ne possède pas de localisation unique concernant l'enregistrement complet de la trace mnésique correspondant à un épisode précis (Van der Linden, 2003). Cependant, de nombreux auteurs s'accordent pour dire que l'hippocampe serait l'une des régions cérébrales centrales dans le soutien neuronal de la mémoire épisodique (Burgess et al., 2001 ; Hassabis & Maguire, 2007). Par ailleurs, Burgess et al. (2001), évoquent également l'implication du circuit de Papez dans le souvenir des informations épisodiques en lien avec l'une des caractéristiques distinctives de la mémoire épisodique qui correspond à la capacité à retrouver le contexte spatio-temporel d'un événement.

2.1.1. Les composantes de la mémoire épisodique

Ci-dessus, nous venons de définir la mémoire épisodique en abordant brièvement ses différentes caractéristiques. Dans cette partie, nous nous attarderons plus largement sur les unités fondamentales qui constituent cette mémoire.

Le contexte :

Comme son nom l'indique, la mémoire épisodique implique la notion d'épisode. Celui-ci correspond à l'événement vécu ainsi qu'au contexte qui y est associé. Pour élaborer un épisode, il nous faut donc des informations sur le contexte de l'événement. Au minimum, il nous faut des éléments sur le « What », le « Where », et le « When ». Ces différents éléments permettent d'offrir à l'épisode, un caractère unique et contextualisé. Cependant, d'autres informations secondaires peuvent s'ajouter à cette liste afin de construire un souvenir épisodique multimodal, comme par exemple, les émotions ressenties, les détails perceptifs visuels et sonores, les détails verbaux, etc.

Pour réaliser une reconstruction d'un événement, il faut que les détails contextuels associés à celui-ci aient été préalablement et correctement connectés entre eux dans la mémoire (Plancher et al., 2013). C'est grâce au processus appelé « Binding » que cette opération de liage entre les différentes composantes de la mémoire épisodique est possible (Van der Linden, 2003). Ce processus sera abordé plus largement par la suite, lorsque nous parlerons de la phase d'encodage.

La conscience auto-noétique :

La mémoire épisodique permet aux personnes de voyager mentalement dans le temps vers des événements passés qui ont donné lieu à un contexte précis ainsi que d'imaginer des expériences futures. Ce voyage mental à travers le temps subjectif est une caractéristique fondamentale de l'expérience humaine consciente (Arzy, Molnar-Szakacs & Blanke, 2008). Elle permet de se souvenir d'un événement grâce à la conscience appelée « auto-noétique », qui est la marque de la mémoire épisodique. Cette conscience, nous permet d'appréhender nos expériences subjectives passées ou futures.

Il existe également une autre conscience appelée « noétique », qui se manifeste par « *la simple conscience de connaissances sur le monde, sur la base d'un sentiment de familiarité* » (Tulving, 1985, p. 3). Cette conscience noétique est associée à la mémoire sémantique dont nous parlerons par la suite.

Le self :

La conscience auto-noétique permet à l'individu de prendre conscience de son identité et de son existence à travers un temps subjectivement perçu (D'Argembeau & Van der Linden, 2006 ; Picard, Eustache & Piolino, 2009) ainsi que d'inclure ces événements dans son histoire personnelle (Pause et al., 2013). Ceci nous amène donc à la dernière notion essentielle dans la mémoire épisodique : le sentiment subjectif d'identité (Self subjectif). Selon Derouesné et Lacomblez (2007), ce sentiment « *émerge de la continuité de la perception de soi dans le temps* », « *la simple conscience de connaissances sur le monde, sur la base d'un sentiment de familiarité* » (p. 2). En effet, au fil des années, des expériences uniques et spécifiques, nous permettent de nous construire un sentiment d'identité et de continuité (Becquet et al., 2017).

La conscience de notre propre existence fait donc référence au concept du « Self » (Tulving, 2002), qui apparaît dans le modèle « Self-Memory System » (SMS) proposé par Conway (2005). Ce modèle sera largement décrit dans la partie théorique sur la mémoire autobiographique.

On peut dire que la conscience auto-noétique peut être définie comme la représentante du croisement entre la conscience de soi (notion du « Self »), et la capacité de voyager mentalement dans le temps vers un événement phénoménologique, donnant l'opportunité aux individus de revivre une expérience passée (Conway, 2001 ; Tulving, 2002). Selon Husserl (cité par Eustache, 2010), la phénoménologie fait référence à l'étude des phénomènes qui apparaissent à la conscience. Ce philosophe considère que la conscience est intentionnelle, et donc, par définition, la phénoménologie l'est également.

L'impression subjective de « revivre » un épisode rien qu'en y repensant fait référence à la notion de « sentiment de reviviscence » (Klein, 2016 ; Picard, Eustache & Piolino, 2009). Par exemple, dans le cas d'un trouble de stress post-traumatique (PTSD), les personnes expriment

avoir des symptômes de reviviscence (souvenirs intrusifs, cauchemars, etc.), puisqu'ils ré-expérimentent constamment l'événement traumatique vécu comme si celui-ci se déroulait « ici et maintenant » (Tapia et al., 2007). Seule la conscience auto-noétique, décrite précédemment, autorise ce sentiment. Selon D'Argembeau et Van der Linden (2006), l'impression que les individus ont de renouveler leurs expériences, est due à la récupération d'un certain nombre de détails phénoménologiques concernant cet événement. En effet, les personnes qui sont capables de récupérer de nombreux détails phénoménologiques (sensations, émotions, perceptions, etc.) concernant un événement, auront un sentiment de reviviscence plus fort, par rapport à ceux qui en récupèrent moins. Pour mesurer ce sentiment, on peut, par exemple, demander aux individus de juger sur une échelle allant de 0 à 10, la vivacité avec laquelle ils se souviennent d'un événement.

Dans son étude, Piolino (2008), s'intéresse au point de vue qui est lié à la manière dont les sujets revivent mentalement l'événement. Selon cet auteur, il existe deux points de vue différents. Tout d'abord, les souvenirs peuvent être rappelés avec une perspective d'acteur, c'est-à-dire lorsque la personne observe la scène avec ses propres yeux (1^{er} personne). Celui-ci est associé à des réponses de type ; « Je me souviens » (remember) qui sont liées à des reconstructions conscientes de la scène dans laquelle les événements ont été vécus. Ce type d'expression fait directement référence à la mémoire épisodique. Ensuite, les souvenirs peuvent également être rappelés avec une perspective d'observateur où les sujets se revoient jouer la scène d'un point de vue extérieur (3^e personne). Ce dernier est associé à des réponses du genre ; « Je sais » (know), qui sont l'expression d'un processus plus automatique, un sentiment de familiarité qui implique la mémoire sémantique et non le Self subjectif. D'Argembeau, Van der Linden, d'Acremont et Mayers (2006), soutiennent que le point de vue utilisé est le reflet des caractéristiques affectives et cognitives du souvenir. La position d'acteur est adoptée plus fréquemment par les individus lorsque les souvenirs sont associés au Self et qu'ils possèdent une valence positive, alors qu'ils emploieront davantage le point de vue d'observateur, si les souvenirs sont associés à une image négative de soi (D'Argembeau, Van der Linden, d'Acremont & Mayers, 2006).

2.1.2. Création d'un souvenir épisodique

La mémoire épisodique est composée de trois étapes essentielles à la formation d'un souvenir. Il est important de différencier ces trois phases car au sein de la mémoire épisodique, elles ne seront pas affectées de la même manière.

L'encodage et la segmentation :

Dans le processus de mémorisation, on retrouve premièrement la phase d'encodage. Ce mécanisme va permettre aux individus de traiter et de transformer de nouvelles informations en une trace mnésique. Le modèle multi-système de la mémoire à long terme élaboré par Tulving, le modèle SPI, postule que l'encodage est sériel, que le stockage est parallèle, et que la récupération est indépendante (Bastin & Van der Linden, 2003). Selon ce modèle, les éléments respectent un ordre spécifique pour entrer en mémoire : une nouvelle information sensorielle passera d'abord par le système des représentations perceptives, puis elle ira dans la mémoire sémantique et enfin, elle finira sa route dans la mémoire épisodique. Ainsi, tout en considérant que la mémoire sémantique et la mémoire épisodique sont deux systèmes distincts, le modèle SPI conçoit qu'ils possèdent une relation « d'imbrication », puisque l'encodage en mémoire épisodique dépend de l'encodage en mémoire sémantique (Bastin & Van der Linden, 2003). De ce fait, ce modèle prédit alors qu'un patient présentant un déficit majeur de la mémoire épisodique devrait être capable d'apprendre de nouvelles informations sémantiques, mais l'inverse ne serait pas possible (Graham et al., 2002). Ensuite, le modèle SPI postule également que le stockage est parallèle, car il existe différents niveaux de représentations pour une même information et que la récupération est indépendante.

La majorité des informations que nous traitons dans notre vie quotidienne est encodée de manière incidente, c'est-à-dire, sans la mise en œuvre de stratégies particulières. Néanmoins, un encodage conscient est également réalisable. Celui-ci est appelé « effortful », puisqu'il nécessite l'effort de mettre en œuvre des capacités attentionnelles. Pour garantir la bonne qualité de l'encodage, il est essentiel de mettre en place des stratégies. Plus le traitement de l'information sera riche et élaboré, meilleur sera l'encodage. Une trace mnésique est donc en premier lieu stabilisée par un bon encodage initial. Avec l'avancée en âge, on peut identifier un déclin des capacités d'encodage. Ce déficit peut être expliqué par une diminution des ressources attentionnelles ainsi qu'un moins bon traitement de l'information (Insignini & Taconnat, 2008).

Cependant, comme explicité précédemment, une grande partie des informations que nous encodons quotidiennement se fait de manière implicite ou automatique et donc en dehors de tout contrôle attentionnel. D'ailleurs, selon Conway (2009), les connaissances épisodiques sont traitées automatiquement alors que les connaissances sémantiques nécessitent un traitement plus large des informations.

Le processus de binding prend place lors de la phase d'encodage. Celui-ci correspond à la création de liens entre les différents épisodes (Van der Linden, 2003). Les traits constitutifs d'un événement doivent être liés entre eux lors de l'encodage dans le but de créer des représentations cohérentes en mémoire. Baddeley (1982) suggère donc que le contexte d'apprentissage détermine la manière dont une information va être encodée en mémoire. Cet auteur distingue donc deux types différents de contextes : le contexte interactif qui correspond à celui qui va directement venir influencer la trace mnésique et le contexte indépendant dans lequel le stimulus et la situation n'interagissent pas. Ils sont donc traités séparément. Selon Quinette et al. (2013), l'association en mémoire des informations qui proviennent de sources différentes, en une représentation uniforme et cohérente, est réalisée au moyen du « buffer épisodique », qui est un sous-système de la mémoire de travail. Ce processus autorise un espace de stockage multimodal temporaire des informations que nous enregistrons. Ces représentations permettraient donc aux personnes de conserver une conscience de soi dans le temps et dans l'espace (Quinette et al., 2013). Kessels, Hobbel et Postma (2007), démontrent que les souvenirs du contexte spatial se dégradent avec l'avancée en âge et que la liaison de ces informations contextuelles avec un contenu spécifique est rendu compliqué.

Dans la vie quotidienne, nous sommes tous confrontés à un flux riche et continu d'événements. Or, la mémoire épisodique ne conserve pas d'enregistrement complet de ce flux d'informations, elle conserve plutôt des représentations résumées de l'expérience passée (Conway, 2009). Les épisodes se distinguent entre eux par le mécanisme de « segmentation ». La segmentation est considérée comme une technique pour intégrer les informations d'un événement (Kurby & Zacks, 2007). En 2007, Kurby et Zacks développent la « Théorie de la Segmentation des Événements (EST) ». Selon ces auteurs, la segmentation du flux d'informations correspond au mécanisme par lequel les personnes segmentent une activité continue en événements distincts et pertinents. Par ailleurs, ce processus est essentiel pour la formation des épisodes. Zacks et al.

(2007), définissent un événement comme étant un « *segment de temps à un endroit donné qui est conçu par un observateur pour avoir un début et une fin* » (p. 273). Les personnes divisent les activités en respectant une certaine hiérarchie, puisque selon Zacks et Swallow (2007), il existe deux frontières qui séparent le souvenir épisodique. Premièrement, la frontière du début, qui correspond à l'action, et deuxièmement la frontière de fin, qui fait référence aux faits ou aux conséquences de l'action.

Par ailleurs, la segmentation d'événements est une composante automatique du traitement perceptuel en cours (Zacks & Swallow, 2007). Une conséquence importante de la segmentation est que les segments résultants peuvent constituer la base de la mémoire et de l'apprentissage. En effet, la façon dont les personnes segmentent l'activité en cours a des effets importants sur leur mémorisation ultérieure. Si on arrive à réduire un flux continu d'activités en un nombre plus restreint d'événements, cela sera favorable à notre mémorisation. La segmentation nous permet également de ne pas nous surcharger d'informations « inutiles » (Zacks et al., 2007). Dans leur étude, Zacks et Swallow (2007) montrent que les personnes les plus à même de segmenter une activité en événements sont également celles qui seront le plus en mesure de s'en souvenir par la suite.

Le stockage et l'oubli :

Deuxièmement, on retrouve la phase de stockage. Cette étape consiste à consolider les informations encodées, pour qu'elles se maintiennent dans le temps et s'organisent dans la mémoire à long terme (Bastin & Van der Linden, 2003). La consolidation est une stratégie dans laquelle les nouveaux souvenirs subissent un ensemble de modifications afin qu'ils deviennent résistants aux interférences, leur permettant ainsi d'être remémorés correctement (Gerbier & Koenig, 2015). Il a été observé que la consolidation d'une trace mnésique fraîche commence dans l'heure qui suit le premier apprentissage (Croisile, 2009).

Les émotions agissent prioritairement sur cette étape de consolidation à long terme (Croisile, 2009). En effet, elles sont considérées comme pouvant faciliter ou au contraire perturber la mémorisation ou l'apprentissage d'une information, selon la valence émotionnelle perçue. Nos souvenirs, surtout s'ils sont positifs et agréables, seront plus riches et plus durables. Au

contraire, s'ils sont perçus négativement ou comme étant non adéquats, ils seront alors ignorés ou simplement effacés de la mémoire.

Dans l'opération d'encodage on retrouve également les oublis qui font partie du fonctionnement normal de la mémoire. Plusieurs auteurs suggèrent que la mémorisation décroît au fil du temps et que ce déclin correspond à l'oubli passif (Gerber & Koenig, 2015). Au contraire, l'oubli actif correspond à la suppression d'éléments car ceux-ci sont en concurrence avec d'autres préalablement stockés en mémoire. Ebbinghaus réalise une courbe de l'oubli en 1880, dans le but d'illustrer la manière dont les informations disparaissent avec le temps. Selon cette courbe, chez toutes personnes, les oublis apparaissent dans les 24 heures qui suivent l'apprentissage initial (Murre & Dros, 2015). Ce philosophe met également en évidence que la vitesse de l'oubli dépend de la manière dont l'information a initialement été encodée, de la difficulté de la tâche, de la fréquence d'utilisation et de la représentation que l'on possède sur celle-ci (Murre & Dros, 2015). Furman et al. (2007), démontrent que les souvenirs épisodiques sont affectés par le décours temporel. Ils décrivent dans leurs résultats, un déclin progressif du rappel des événements (figure 1). Les épisodes seraient donc bien récupérés la semaine qui suit l'épreuve, puis après trois mois les premiers oublis commencent à se marquer.

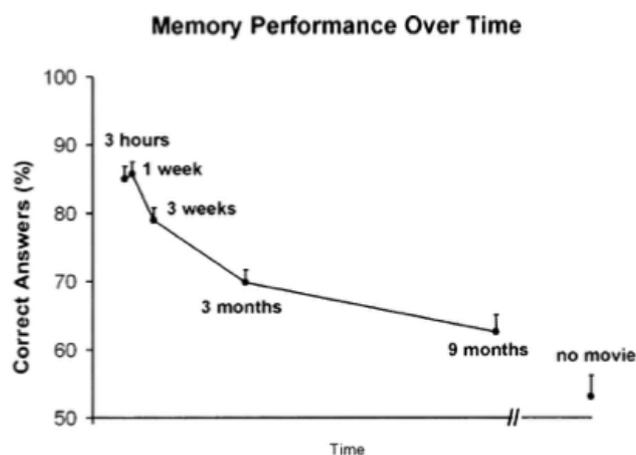


Figure 1. Courbe d'oubli : rappel des événements (Furman et al., 2007).

Diminution des réponses correctes à travers le temps. Les auteurs ont observé une différence significative entre les performances à court terme (3 heures, 1 et 3 semaines) et à long terme (3 mois et 9 mois).

Par ailleurs, en 2012, Furman et ses collaborateurs réalisent une nouvelle étude pour démontrer que les souvenirs épisodiques se modifient également dans le temps. Leurs résultats indiquent

que le contexte spatio-temporel se fragilise au fil du temps et donc que ces souvenirs deviennent beaucoup moins riches.

Dans la littérature actuelle, nous pouvons également apercevoir que le sommeil, tout comme le concept de temporalité que nous venons de voir, constitue un facteur pouvant influencer la mémorisation et mener à des oublis. Par exemple, dans l'étude de Rauchs et al. (2010), ces auteurs mettent en évidence que chez les sujets âgés mais également dans la maladie d'Alzheimer, il y a un effet bénéfique du sommeil pour la consolidation des aspects temporels, spatiaux et la richesse des détails phénoménologiques d'un souvenir. Puisque les plaintes de perturbation de sommeil sont très fréquentes chez les patients ayant une affection neurologique (Tramoni & Felician, 2017), il semble nécessaire de prendre en compte leur qualité de sommeil lors des évaluations de leur capacité mnésique.

La récupération :

La phase de récupération permet de ramener à la conscience des informations qui ont été préalablement encodées et stockées. Il faut savoir que pour récupérer un épisode, il faut avant tout le reconstruire. « *La capacité à rappeler un événement dépend de la qualité et de la force des associations créées entre l'information centrale les caractéristiques contextuelles* » (Kessels et al., 2007, p. 796). En effet, nous avons pu voir que grâce au processus de binding, les différents aspects de l'épisode étaient assemblés en un tout cohérent lors de l'encodage. Soulignons toutefois que les reconstructions des épisodes sont motivées par un ensemble de facteurs qui sont personnels à chacun (liés à la notion de « Self »), il n'est donc pas impossible qu'un même événement ne soit pas rappelé de la même manière par tous les individus.

Pour que la récupération s'opère, il faut en priorité que les individus aient accès à la trace mnésique correcte, puis il faut qu'ils sélectionnent les informations qui sont pertinentes à propos de cette trace. Un processus de vérification est donc d'application afin de s'assurer que les souvenirs rappelés ne sont pas des faux souvenirs (Conway & Loveday, 2015). Van der Linden (2003), appelle ce processus le « reality monitoring ». C'est donc l'état de conscience qui est associé au souvenir épisodique qui est important, car il va nous permettre de distinguer si un souvenir a réellement été récupéré ou si celui-ci est le fruit d'un sentiment de familiarité (Becquet et al., 2017).

Dans le modèle de Conway (1992), il existe deux mécanismes en ce qui concerne la récupération d'un souvenir : d'une part, le processus de recollection, qui est en lien avec le jugement R (remember) et d'autre part le processus de familiarité, qui correspond au jugement K (know) (Conway & Loveday, 2015 ; Sadeh et al., 2014).

Dans le *processus de recollection*, on retrouve la récupération indirecte faisant appel à une recherche volontairement initiée par l'individu (Conway, 2009). Celui-ci fait référence aux processus stratégiques qui impliquent un effort cognitif de la part des patients. Selon ce mécanisme, les personnes explorent leurs souvenirs en passant en premier lieu par des éléments plus généraux de l'événement pour parvenir ensuite aux détails plus spécifiques de l'épisode recherché. Dans les épreuves classiques de mémoire, on retrouve les rappels libres, qui consistent à demander aux patients de rappeler ce qu'ils ont appris sans leur donner d'indice, et les rappels indicés, qui correspondent à fournir un indice aux patients afin de les aider à récupérer une information. Les rappels libres sont donc ceux qui font le plus appel aux processus de récupération indirecte ou stratégique (Croisile, 2009). On peut faire un lien avec la théorie de la spécificité de l'encodage de Tulving et Thompson (1973), qui stipule l'existence d'une relation entre le contexte d'encodage et le contexte de récupération d'informations (Baddeley, 1982). En effet, si un indice est présent lors de l'apprentissage d'un élément, sa réinstallation lors de la phase de rappel devrait faciliter la réactivation de l'élément. On retrouve également la technique de reconnaissance, qui est la dernière manière permettant de mesurer la récupération d'un événement. Dans la reconnaissance de type « Oui/Non », il est demandé aux patients de juger si le mot ou l'image qui leur est présenté individuellement, a déjà été appris ou s'il ne l'est pas.

Cependant, si les patients sont confrontés à deux items en même temps et qu'ils doivent juger lequel a déjà été présenté précédemment lors de la phase d'encodage, on procède alors à une reconnaissance dite « à choix forcé ». Avec cette dernière, les individus peuvent uniquement se fier à un *sentiment de familiarité*. La reconnaissance à choix forcé crée alors un phénomène d'amorçage puisqu'un mot vu auparavant aura plus de chances d'induire une familiarité au patient qu'un mot non-vu (Sadeh et al., 2014). Ce sentiment correspond au deuxième processus de récupération exprimé dans le modèle de Conway (1992), qui est qualifié de direct car celui-ci ne dépend pas de la volonté de l'individu. En effet, un souvenir peut surgir à la conscience

par la simple et inattendue confrontation avec un élément en lien avec celui-ci (un son, une odeur, une image, etc.). Ce processus nous permet donc d'accéder à un élément mémorisé, par le biais de mécanismes d'activation automatiques (Sadeh et al., 2014).

Un test nécessitant le rappel libre, le rappel indicé ou la reconnaissance n'aura pas le même impact sur les performances des patients (Rhodes, Greene & Nayed-Benjamin, 2019). Il est donc crucial de considérer cette différence puisqu'en fonction de la nature du trouble de la mémoire épisodique, on pourra observer différents patterns de déficits (Croisile, 2009). Par exemple, les performances en rappel libre des patients avec une atteinte frontale sont altérées, alors qu'elles sont préservées en rappel indicé (Egis & Eusop-Roussel, 2008). Par ailleurs, l'avancée en âge perturbe les processus de récupération contrôlés, alors que les processus de récupération plus automatiques, basés sur le sentiment de familiarité, sont préservés (Clarys et al., 2007)

2.2. Lien avec la mémoire sémantique

La mémoire épisodique est à différencier de la mémoire sémantique. Même si dans le modèle de Squire (2004), ces deux mémoires font partie de la mémoire déclarative, il apparaît que ces deux systèmes sont fonctionnellement et anatomiquement différents (Bastin & Van der Linden, 2003 ; Tulving, 1984). La mémoire sémantique comprend les connaissances générales que les individus possèdent sur le monde (Tulving, 1984). C'est un large concept qui est le résultat d'un apprentissage conscient. D'après Croisile (2009), les savoirs sémantiques sont habituellement indépendants d'indices personnels, c'est-à-dire qu'ils sont encodés de manière décontextualisée. En opposition, on retrouve la mémoire épisodique qui concerne uniquement les événements personnellement expérimentés par les individus et qui sont porteurs de sens dans leur vie. Le souvenir épisodique englobe un contexte d'apprentissage distinct, qui n'a pas forcément bénéficié d'un encodage explicite.

D'autre part, ces deux mémoires ne sont pas caractérisées par le même type de conscience et donc par une phénoménologie temporelle différente (Klein, 2005). La mémoire sémantique implique une forme de conscience nommée « noétique ». Celle-ci correspond à l'état de conscience que nous éprouvons quand nous pensons à quelque chose que nous connaissons, elle se limite à « l'ici et maintenant » (Tulving, 1985 ; 2002). Celle-ci n'offre donc pas la

possibilité au propriétaire d'expérimenter un sentiment subjectif de revenir mentalement dans le temps, comme c'est le cas avec la conscience autoéotique de la mémoire épisodique.

Néanmoins, la mémoire épisodique et la mémoire sémantique s'assemblent sur certains concepts. Dans le modèle SPI (sériel / parallèle / indépendant) de Tulving, on retrouve les relations qui existent entre la mémoire épisodique, la mémoire sémantique et le système de représentation perceptif (Bastin & Van der Linden, 2003). Pour rappel, l'idée centrale de ce modèle est qu'il existe une relation d'imbrication entre la mémoire épisodique et la mémoire sémantique. Une information peut donc être encodée en mémoire sémantique indépendamment de la mémoire épisodique, mais par contre, elle doit être encodée en mémoire épisodique via la mémoire sémantique (Graham et al., 2002). La mémoire épisodique dépend donc de la mémoire sémantique.

Dans la littérature, il existe également des souvenirs personnels qui font partie de la mémoire sémantique, comme par exemple notre date de naissance. En effet, on ne se souvient de ces informations uniquement parce qu'on nous les a communiquées et non parce que nous nous souvenons de les avoir vécues. Ces données que nous connaissons sur nous sont représentées dans la mémoire autobiographique que nous allons décrire dans la partie suivante.

2.3. Lien avec la mémoire autobiographique

La mémoire autobiographique correspond aux savoirs et aux informations que nous connaissons sur nous-même depuis notre naissance (notre nationalité, notre lieu de travail, nos goûts, le nom de nos amis, etc.) (Croisile, 2009). Cette dernière ne doit pas non plus être confondue avec la mémoire épisodique. Selon Conway (2001), la durée des intervalles de rétention des connaissances perceptuelles et sensorielles de la mémoire épisodique est courte (minutes et heures), alors que dans la mémoire autobiographique, les informations peuvent se maintenir sur des intervalles de rétention beaucoup plus longs (mois, semaines et années).

Au sein de chaque mémoire autobiographique, Conway (2005), distingue différents types de connaissances : une connaissance épisodique faisant référence aux événements personnels situés dans le temps et dans l'espace ainsi qu'une connaissance sémantique, possédant une spécificité contextuelle faible, qui regroupe les savoirs généraux sur le monde et sur soi.

Conway élabore le modèle « Self-memory System » (SMS), qui lie le self et la mémoire autobiographique.

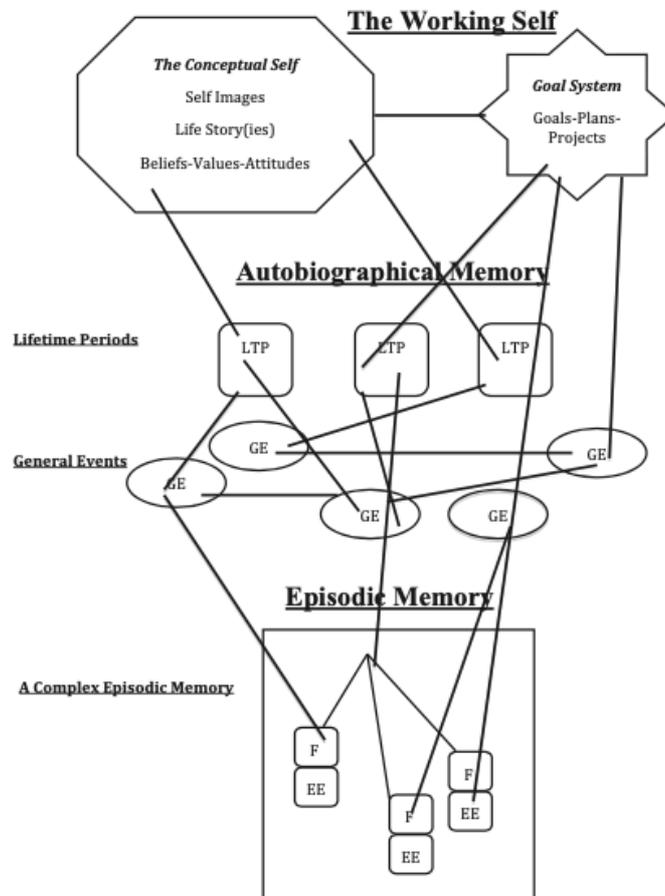


Figure 2. Self-Memory System (SMS) (Conway & Loveday, 2014).

Les connaissances autobiographiques correspondent aux connaissances de soi. Dans le modèle SMS, ces connaissances sont réparties en trois grands domaines (Conway & Pleydell-Pearce, 2000 ; Croisile, 2009). Premièrement, *les périodes de vie* qui font référence à de longues époques que l'on peut mesurer en années ou décennies, et qui sont composées d'informations générales concernant les lieux, les personnages et les activités (par exemple, le moment où on a commencé à travailler). Deuxièmement, on retrouve *les événements généraux* qui sont plus spécifiques que les périodes de vie et qui correspondent à des moments plus restreints (jours, semaines, mois) (par exemple, le premier déménagement). Ceux-ci sont également constitués des événements répétés ou liés par un thème commun. Finalement, il y a alors *les détails sensoriels et perceptifs* d'événements spécifiques. Ceux-ci sont bien plus courts que les domaines précédents, puisqu'ils se mesurent en secondes, minutes ou heures.

La mémoire autobiographique dévoile une structure hiérarchique où les épisodes précis se situent tout en bas de la hiérarchie, nichés dans des événements plus généraux, eux-mêmes représentés dans des périodes de vie plus larges, qui définissent le « Self » (Conway & Pleydell-Pearce, 2000).

Le « Working self » correspond au self exécutif ou littéralement au « moi qui travaille ». Cette partie du modèle SMS regroupe le « Self conceptuel » qui correspond aux images que nous avons sur nous-même, et le « Goal system » qui concerne nos croyances et valeurs. Le self exécutif a pour objectif de vérifier que la construction des souvenirs autobiographiques est en accord avec nos croyances et buts personnels et en cohérence avec l'événement originellement vécu (Conway, 2005). Ce traitement permet de satisfaire la cohérence du « Self ». Conway et Loveday (2014), déclarent que « *les souvenirs sont façonnés dans leur construction par le moi qui travaille et le moi qui travaille détermine quelles connaissances dérivées de l'expérience deviennent encodées dans la base de connaissances autobiographiques* » (p. 576). Dans ce modèle, les objectifs personnels jouent donc un rôle essentiel dans la formation, l'accès et la réalisation de souvenirs distincts (Conway, 2001).

Pour résumer, selon Conway, un souvenir spécifique est le résultat de la récupération simultanée de souvenirs épisodiques et de connaissances sémantiques liées au même événement, sous l'influence du self exécutif.

2.4. Implication des fonctions exécutives

Les fonctions exécutives correspondent à l'ensemble des processus cognitifs supérieurs nécessaires au contrôle et à l'intégration des autres fonctions cognitives (Douchemane, Isingrini & Souchay, 2007 ; Krolak-Salmon & Thomas-Antérion, 2010). Celles-ci font référence à une variété d'exercices cognitifs que nous réalisons quotidiennement, tels que : la mise en œuvre de stratégie, la capacité à tenir une conversation et l'aptitude à ignorer des informations qui ne sont pas pertinentes, etc. (Clarys et al., 2007). Dans le modèle de Norman et Shallice (1986), les fonctions exécutives permettent de dépasser le mode automatique de résolution de problèmes pour que les individus puissent reprendre le contrôle dit « conscient », sur une situation donnée. En effet, lorsque nous sommes face à des épreuves ou événements inhabituels

et nouveaux, les réponses automatiques ne suffisent plus et c'est le système attentionnel superviseur qui se déclenche, permettant un traitement contrôlé de l'information.

En 1994, Tulving et ses collaborateurs proposent un modèle nommé « HERA » (Hemispheric Encoding/Retrieval Asymmetry) pour rendre compte de la forte incidence que les régions corticales préfrontales opèrent dans le fonctionnement de la mémoire épisodique (Insignini & Taconnat, 2008 ; Krolak-Salmon & Thomas-Antérion, 2010). Dans ce modèle, les auteurs font une dissociation des zones du cortex frontal qui sont impliquées dans l'encodage et la récupération des événements épisodiques. La phase d'encodage est plus particulièrement associée au cortex préfrontal gauche, alors que l'opération de récupération, est plutôt liée au cortex préfrontal droit (Insignini & Taconnat, 2008).

La mémoire épisodique possède donc des sous-basements cérébraux communs avec les processus exécutifs (Picard, Eustache & Piolino, 2009), puisque les souvenirs épisodiques dépendent des fonctions exécutives pour être encodés et récupérés. De nombreux auteurs montrent qu'une atteinte au niveau des fonctions exécutives aura un impact sur les capacités mnésiques (Craik & Bialystok, 2006). En effet, une lésion du cortex frontal peut premièrement affecter la capacité à réaliser un encodage profond d'une information lors de la mémorisation, ainsi qu'entraver la mise en œuvre de stratégies de récupération efficaces en mémoire épisodique. Par exemple, chez les patients présentant un syndrome dysexécutif, dit « frontal », on pourra plus rapidement observer des performances déficitaires lors des tâches de rappels libres puisque celles-ci nécessitent un contrôle attentionnel plus important, en comparaison aux épreuves de rappels indicés.

De plus, il existe de nouvelles formes d'évaluations de la mémoire épisodique, comme celles présentées dans l'étude de Jebara et al. (2014), qui dépendent des compétences exécutives. En effet, si celles-ci sont perturbées, cela pourrait impacter négativement les performances mnésiques des patients. Les fonctions exécutives semblent donc jouer un rôle dans le fonctionnement de la mémoire épisodique.

L'implication des fonctions exécutives au sein de la mémoire épisodique peut être exemplifiée via divers profils cognitifs. Par exemple, il est généralement reconnu qu'avec l'avancée en âge,

il existe un affaiblissement des activités quotidiennes complexes, et plus particulièrement des performances mnésiques liées à l'âge, dû à un dysfonctionnement frontal (Douchemane, Isingrini & Souchay, 2007 ; Isingrini & Tacconat, 2008). Cette hypothèse est soutenue par de nombreux auteurs, qui suggèrent que, le déclin du contrôle exécutif est la caractéristique essentielle du vieillissement de la mémoire. Dans la littérature, le vieillissement cognitif est en effet marqué d'un déclin important des processus de contrôle, entraînant par la suite des problèmes d'accès aux connaissances déjà existantes en mémoire, des difficultés d'intégration de nouvelles informations ainsi que le décodage des informations en une action adéquate (Craik & Bialystok, 2006 ; Isingrini & Tacconat, 2008).

2.5. Dysfonctionnement de la mémoire épisodique

En neuropsychologie, les troubles ainsi que les plaintes de la mémoire épisodique sont très fréquemment rencontrés chez les patients. Comme nous venons de le voir, on retrouve des difficultés en mémoire épisodique au sein du vieillissement normal. Par ailleurs, on retrouve également ces déficits dans de nombreuses maladies dégénératives (MCI, Alzheimer, Maladie d'Huntington, Parkinson, etc.), dans certaines maladies neurologiques (traumatisme crânien, sclérose en plaques, etc.), mais également dans des maladies psychiatriques (dépression, schizophrénie, etc.) (Pause et al., 2013). Ainsi, nous sommes conscients de la multitude de pathologies pouvant engendrer des troubles de la mémoire épisodique. Toutefois, au sein de cette partie, nous souhaitons mentionner et caractériser certains profils de patients présentant ces troubles.

Vieillesse normale :

Selon Craik et Bialystok (2006), les plaintes de mémoire sont celles qui sont le plus couramment exprimées chez les personnes âgées. Cette mémoire épisodique semble en effet être plus impactée avec l'avancée en âge, par rapport aux autres systèmes de mémoire comme la mémoire sémantique par exemple (Kessels, Hobbel & Postma, 2007). Hassabis et Maguire (2007), explique cette vulnérabilité par le fait que la mémoire épisodique repose sur un vaste réseau de régions cérébrales. De cette manière, la dégradation d'une partie cérébrale, endommagera l'ensemble des fonctions cognitives qui en dépendent. Jebara et al. (2014), mettent en évidence que les personnes âgées ont des difficultés pour aller rechercher des épisodes spécifiques de leur passé en comparaison aux recherches d'éléments plus généraux de

leur vie. Cependant, plusieurs études ont démontré que les sujets âgés sont normalement capables de stocker des informations sur de longues périodes de temps sans altération. Ces données suggèrent donc que les difficultés mnésiques quotidiennes rencontrées chez les personnes âgées ne sont pas uniquement provoquées par une dégradation de la mémoire à long terme en tant que telle, mais par d'autres processus cognitifs qui y sont associés, tels que les fonctions exécutives par exemple (Fjell et al., 2005).

Vieillesse pathologique :

La maladie d'Alzheimer (MA) est caractérisée par le développement de troubles cognitifs qui affectent progressivement l'ensemble du fonctionnement cognitif (Egis & Eusop-Roussel, 2008). Malgré la particularité d'hétérogénéité de cette démence, plusieurs études s'alignent pour dire que certaines fonctions sont plus précocement atteintes que d'autres (Guyard & Piolino, 2006). Parmi les systèmes de mémoire atteints, le fonctionnement épisodique serait l'un des premiers à décliner chez les personnes ayant la MA. Les difficultés des patients reflètent une perturbation spécifique à une ou plusieurs opérations d'encodage, de stockage et/ou de récupération (Egis & Eusop-Roussel, 2008). Au niveau des difficultés de récupération, les capacités en rappel libre s'avèrent faibles et ne s'améliorent pas même après de nombreux essais d'apprentissage. De plus, les personnes atteintes de la MA sont peu sensibles à l'indiçage sémantique et cet effet s'empire au fur et à mesure que la maladie progresse. Ces individus font également preuve de problèmes de stockage puisque les informations encodées en mémoire, s'oublent anormalement vite.

Lésions cérébrales :

Les patients ayant subi un traumatisme crânien font également partie de ceux qui se plaignent le plus régulièrement de troubles de la mémoire épisodique. En effet, ces patients sont connus pour avoir un ensemble de déficits affectant significativement leur vie quotidienne ; difficultés attentionnelles, dysfonctionnements exécutifs et problèmes de mémoire (Arvind et al., 2014 ; Vallat-Azouvi & Chardin-Lafont, 2012). Valik et al. (2019) ont démontré que le rappel verbal et le rappel libre sont plus sensibles aux effets du traumatisme crânien modéré à sévère en comparaison au rappel visuel et à la reconnaissance. Par ailleurs, ces auteurs indiquent également que ces effets sont plus prononcés lorsque les durées de rappel se réalisent en différé.

De nombreuses études ont également été menées dans le but de mesurer le fonctionnement de la mémoire épisodique chez les personnes présentant un syndrome amnésique (Van der Linden, 2006). Ce syndrome correspond à un dysfonctionnement important et permanent concernant la mémorisation de nouveaux épisodes, mais aussi à un trouble d'intensité variable de la récupération d'épisodes passés, installés en mémoire bien avant l'arrivée de la lésion cérébrale. Le syndrome amnésique est donc caractérisé par la présence d'une amnésie antérograde caractérisée par l'incapacité à apprendre de nouvelles informations, et d'une amnésie rétrograde entraînant la perte de mémoire pour les informations apprises avant le début de l'amnésie (Conway, 2009 ; Squire & Alvarez, 1995). Les déficits spécifiques de la mémoire épisodique chez les personnes amnésiques sont le résultat d'un mauvais traitement de l'information, d'une capacité de stockage réduite et/ou d'une récupération erronée (Van der Linden, 2006). Il existe différentes théories en ce qui concerne les déficits présents dans le syndrome amnésique. Certains auteurs suggèrent qu'il y a un déficit des processus physiologiques qui se déroule lors de l'établissement de la représentation initiale d'une information (Kopelman, 2002). Cette altération aurait donc pour conséquence de perturber la consolidation de l'information en une trace solide. Par exemple, selon l'étude de Kessels, Hobbel et Postma (2007), les informations contextuelles ne seraient pas stockées de manière optimale en mémoire à long terme chez les patients amnésiques, comme c'est le cas chez les personnes âgées. D'autres théories, affirment qu'il y a plutôt un déficit concernant les processus psychologiques qui prennent place lors de l'enregistrement d'une information dans le syndrome amnésique (Kopelman, 2002).

L'ensemble des dysfonctionnements de la mémoire épisodique mentionnés précédemment, nous font prendre conscience de la grande variabilité qui existe au sein des profils de mémoire.

2.6. La variabilité individuelle

De manière naturelle, nous ne sommes pas tous égaux, et les différences qui nous séparent sont susceptibles d'expliquer les différences inter individuelles dans les réponses observées (âge, sexe, nationalité, niveau socio-culturel, etc.). De plus, face à une même situation, nous ne réagirons pas tous de la même manière car nous sommes influencés par nos connaissances personnelles. La variabilité inter individuelle prend sens avec le « Self », c'est-à-dire que nous nous distinguerons dans certains domaines en fonction des divers caractéristiques définissant cette notion (objectifs, motivation, etc.). Soulignons qu'en neuropsychologie, il est important

de prendre en compte cette variabilité dans l'analyse des performances des individus. En effet, la variabilité inter individuelle peut expliquer les différences de performances que les professionnels peuvent observer chez deux sujets présentant une pathologie similaire.

La notion de réserve cognitive permet d'expliquer ces variabilités dans les performances des individus, et celle-ci peut être définie de deux manières différentes (Bastin et al., 2013). Tout d'abord, la réserve cognitive peut faire référence à l'hypothèse de la taille du cerveau, qui considère qu'un plus grand cerveau pourrait tolérer une plus grande quantité de déficits. Cette première forme correspond donc à un concept quantitatif et passif. Ensuite, la réserve cognitive peut également être représentée sous une forme plus dynamique, où les individus n'engageraient pas les mêmes réseaux et les mêmes processus cognitifs pour traiter une certaine information.

Plusieurs études montrent que l'implication dans des activités cognitivement stimulantes (Lapre et al., 2012 ; Lachman et al., 2010) ainsi qu'un niveau socio-culturel élevé (Lachman et al., 2010 ; Lalanne & Piolino, 2013) influencent positivement la réserve cognitive offrant dès lors, la possibilité aux personnes d'obtenir des performances cognitives supérieures. En effet, certains symptômes cliniques de pathologies neurodégénératives pourraient apparaître plus tardivement chez les individus ayant une bonne réserve cognitive. Même si elle ne peut empêcher une maladie de se développer, elle offre tout de même une meilleure résistance aux changements cérébraux liés à celle-ci (Bastin et al., 2013). Dans leur étude, Lachman et ses collaborateurs (2013) montrent les effets positifs qu'une réserve cognitive solide et bien entretenue peut avoir sur les performances dans une épreuve de mémoire.

2.7. Les évaluations neuropsychologiques classiques

Les troubles de la mémoire épisodique sont considérés comme étant les troubles qui sont les plus fréquemment rencontrés chez les patients en neuropsychologie. En raison du rôle important que la mémoire épisodique prend dans notre vie quotidienne, on peut facilement comprendre que les troubles liés à cette mémoire peuvent être handicapants. De plus, les plaintes mnésiques qu'expriment les patients sont d'une grande diversité, dû au fait que la mémoire épisodique est composée de nombreuses composantes. Ces éléments rendent l'évaluation neuropsychologique de ce système de mémoire encore plus complexe (Becquet et al., 2017).

2.7.1. Méthodes classiques d'évaluation

Actuellement, les neuropsychologues sont armés de nombreux tests qui leur permettent d'évaluer la mémoire épisodique. Les méthodes les plus classiquement utilisées sont les épreuves d'apprentissage d'un matériel visuel ou verbal. La grande variété d'épreuves, permet aux professionnels d'évaluer les différentes composantes spécifiques de la mémoire épisodique (verbale, visuelle, rétrograde, etc.).

Premièrement, il existe les *échelles de mesures globales* de la mémoire mesurant pour la plupart, l'ensemble de ces composantes. Parmi les échelles de mémoire les plus couramment utilisées, on retrouve les échelles cliniques de mémoire de Wechsler (MEM-IV, 4^e édition ; Wechsler, 2012, adaptation française ECPA), la WMS-R (Wechsler, 1945 ; version révisée) ainsi que la Batterie d'Efficiences Mnésiques (BEM 144 ; Signoret, 1991). Celles-ci offrent des normes solides pour les différentes tranches d'âges et permettent ainsi de juger le caractère déficitaire ou non d'une performance sur base d'un groupe de référence. Néanmoins, ces échelles de mémoire ne fournissent qu'un bilan global du fonctionnement mnésique et ne donnent donc aucune information concernant les mécanismes spécifiques affectés, tels que le processus de « binding » par exemple.

Ensuite, pour ce qui est des épreuves évaluant le versant verbal de la mémoire épisodique, les neuropsychologues utilisent communément les « *listes de mots* ». Parmi les épreuves d'apprentissage de mots, on retrouve le California Verbal Learning Test (CVLT ; Poitrenaud, Deweer, Kalafat & Van Der Linden, 2008), le RL/RI 16 (Grober & Buschke, 1987) duquel découle des variantes tel que le « RI 48 » (Adam, 2004), et parmi les épreuves les plus anciennes, on peut également trouver le test des 15 mots de Rey (RAVLT ; Rey, 1964). Lors de la phase d'encodage, ces épreuves impliquent un apprentissage intentionnel d'une série de mots donnés oralement. Concernant la récupération des informations verbales, ces tests sont tous composés d'un rappel libre, d'un rappel indicé et d'une reconnaissance. La plupart de ces tâches possèdent également une étape de rappel différé, qui permet une mesure de l'évaluation de la consistance de cet apprentissage dans le temps. Ces différentes épreuves permettent ainsi d'obtenir de nombreux indices sur le fonctionnement de la mémoire épisodique verbale : courbe d'apprentissage, stratégies d'encodage et de récupération, constance des rappels (dans le temps) et la sensibilité à l'interférence, ce qui n'est pas réalisable avec des échelles de mémoire.

Le *versant visuel* de la mémoire épisodique est également mesurable au moyen de diverses épreuves. On retrouve parmi celles-ci, le DMS 48 (Barbeau, 2004) qui inclut une phase d'apprentissage incident, ou encore le test des portes (« Doors and People » ; Baddeley et al., 1994) qui est axé sur la reconnaissance visuelle.

Il existe également d'autres types de tâches permettant l'évaluation de la mémoire épisodique. Les *questionnaires* sur les événements de vie autobiographiques permettent d'évaluer le versant rétrograde de cette mémoire. On retrouve premièrement le questionnaire semi-structuré intitulé « Autobiographical Memory Inventory » (AMI ; Kopelman, Wilson & Baddeley, 1990) qui évalue les souvenirs biographiques épisodiques et sémantiques personnels dans trois périodes de vie distinctes (Michel & Sambuchi, 2011). Ensuite, il y a le test épisodique de la mémoire du passé autobiographique (TEMPau ; Piolino, Desgranges & Eustache, 2000) qui regroupe les mesures de la capacité à revivre mentalement les détails phénoménologiques et contextuels pour cinq périodes de vie (Michel & Sambuchi, 2011).

2.7.2. Les limites de ces méthodes classiques d'évaluation

Malgré le fait que l'ensemble des épreuves explicitées précédemment possèdent des atouts majeurs dans l'évaluation de la mémoire, celles-ci disposent également de certaines limites.

Les épreuves classiques évaluant la mémoire épisodique, telles que les listes de mots, ont démontré qu'elles possédaient une bonne validité théorique. Néanmoins, ces tâches ont été conçues il y a quelques années, et avec l'évolution des concepts reliés à ce système de mémoire, ces tâches ne seraient donc plus en parfait accord avec les théories et les modèles actuels définissant la mémoire épisodique. En effet, comme nous avons pu le voir, notre mémoire épisodique implique la récupération des souvenirs que nous avons personnellement vécus dans leur contexte spatio-temporel. Les épisodes doivent dès lors contenir des informations sur le « What », le « Where », le « Who » et le « When ». Par ailleurs, les souvenirs épisodiques nous font également prendre conscience d'avoir vécu un événement dans le passé comme si nous voyagions mentalement dans le temps. Ce processus nous permet donc de revivre subjectivement une expérience ou un événement vécu dans le passé ou de nous projeter vers le futur (Tulving, 2002 ; Van der Linden, 2003). Or, les épreuves actuelles mesurant la mémoire épisodique n'autorisent pas ce voyage mental dans le temps, ce sentiment de reviviscence, ou

l'intégration des caractéristiques phénoménologiques (Corriveau Lecavalier et al., 2018 ; Pause et al., 2013). La notion de « self » qui est également une composante importante de la mémoire épisodique n'est pas appréhendée par nos tâches classiques. Pourtant, ces informations sont nécessaires dans l'analyse des performances des patients, puisque, comme nous avons pu le voir, les déficits observés diffèrent d'une personne à l'autre. Il semble donc nécessaire de réaliser des évaluations plus précises.

Le *manque de validité écologique* est le principal problème des tâches neuropsychologiques habituellement utilisées pour évaluer la mémoire épisodique (Chaytor & Schmitter-Edgecombe, 2003 ; Becquet et al., 2017). En effet, les scores obtenus au moyen de ces épreuves ne sont pas toujours représentatifs des capacités réelles des patients dans leurs activités quotidiennes.

Premièrement, la phase d'encodage de la plupart des outils actuellement utilisés pour évaluer la mémoire épisodique pose un problème écologique. Becquet et al. (2017) disent que « *la majorité des informations que nous traitons dans notre vie de tous les jours est codée de manière incidente* » (p. 255), c'est-à-dire, sans la mise en œuvre de stratégies particulières d'encodage. En effet, dans notre quotidien, nous encodons beaucoup d'informations sans savoir à l'avance si nous serons questionnés sur celles-ci. L'évaluation de l'encodage implicite semble donc avoir un intérêt écologique certain. Cependant, seul un petit nombre des tâches classiques de la mémoire épisodique que nous venons de passer en revue envisage l'évaluation de celle-ci en utilisant cette forme d'encodage.

Deuxièmement, l'intervalle de rétention constitue également une des limites que possèdent les épreuves classiques évaluant la mémoire épisodique. Les événements quotidiens se produisent sur des périodes de temps assez longues, alors que les situations de tests se produisent elles, sur de courtes périodes. Ces deux comportements ne sont donc pas similaire. Or, les tâches de mémoire épisodique utilisent des intervalles de rétention beaucoup trop courts (20 minutes) par rapport à ce que les patients expérimentent lorsqu'ils sont amenés à rappeler des événements personnels dans leur quotidien (Chaytor & Schmitter-Edgecombe, 2003). Les rappels des tests de mémoire doivent être effectués après un intervalle de rétention de minimum 60 minutes après

la présentation d'une information épisodique afin que celle-ci soit considérée comme faisant partie de la mémoire à long terme (Pause et al., 2013).

Pour finir, les conditions de passation des tests ne sont pas le reflet de la réalité. En effet, ce qu'un patient peut faire dans un environnement de test artificiel n'est pas nécessairement ce qu'il fait dans son environnement quotidien (Chaytor & Schmitter-Edgecombe, 2003). Dans un cabinet clinique, les professionnels s'efforcent de réduire au maximum toutes les interférences susceptibles d'influencer les performances des patients. Or, dans la vie réelle, la mémorisation est souvent réalisée dans des environnements bruyants, et se produit souvent lors de l'exécution d'autres tâches, telles que la marche, la conversation, etc. (Corriveau Lecavalier et al., 2018). Par conséquent, lorsque les professionnels optimisent un environnement idéal pour la réalisation de leurs tests, cela leur permet seulement d'obtenir des informations sur la meilleure performance des patients et non sur leurs performances habituelles.

Alors qu'il nous semble essentiel que les patients puissent trouver une utilité à leur prise en charge dans leur quotidien, on trouve difficilement un lien entre nos épreuves neuropsychologiques classiques et les difficultés que les patients rencontrent dans leur quotidien. Dans la littérature, un certain nombre d'études montre une faible association entre les plaintes mnésiques des sujets et leurs performances à des tests de mémoire verbale (Plancher et al., 2010).

3. La validité écologique et évaluation

Nous venons de voir qu'une des plus grandes limites des évaluations neuropsychologiques actuelles est la validité écologique des tests proposés. Ainsi, lors de cette partie, nous souhaitons faire le point sur ce qu'est la validité écologique, son importance lors de l'évaluation, ainsi que divers moyens permettant d'évaluer les fonctions cognitives en respectant celle-ci.

3.1. Définition

Auparavant, l'objectif de la neuropsychologie clinique était essentiellement le diagnostic et la localisation des pathologies cérébrales. Grâce à l'émergence des techniques d'imagerie en neurosciences, le rôle du neuropsychologue se concentre de plus en plus sur la réalisation de prédictions valides écologiquement et sur la compréhension de l'impact des lésions cérébrales sur les capacités quotidiennes des patients (Spooner & Pachana, 2006). Dans la littérature, la validité écologique fait référence au niveau auquel les performances des individus à une épreuve concordent avec les performances qu'ils rencontrent dans leur vie de tous les jours (Parsons, 2011). Cela signifie que les tests qui ont été créés pour être valides écologiquement doivent pouvoir mettre en évidence les plaintes et les difficultés que les patients éprouvent quotidiennement. Cependant, comme nous venons de le voir, la principale limite des épreuves actuelles repose sur le manque de validité écologique, alors que les neuropsychologues s'efforcent de mesurer le fonctionnement cognitif quotidien des patients.

Au vu des conséquences importantes que les différents troubles cognitifs peuvent avoir sur la vie quotidienne des individus, il semble capital de pouvoir garantir la validité écologique des tâches neuropsychologiques (Chaytor & Schmitter-Edgecombe 2003). Par ailleurs, comme nous avons pu le voir précédemment, les études sur le vieillissement cognitif et les neuropathologies telles que les lésions cérébrales traumatiques montrent que les neuropsychologues bénéficient de la compréhension du fonctionnement de la mémoire dans le cadre de la vie quotidienne et ce, afin de permettre un diagnostic et une réintégration sociale optimale (Arvind et al., 2014).

Plusieurs auteurs soulignent que le concept de validité écologique est soutenu par deux composantes : la « vraisemblance » (vérisimilitude) et la « véracité » (véridicalité) (Chaytor &

Schmitter-Edgecombe 2003 ; Franzen & Wilhelm, 1996). Premièrement, la *vraisemblance* correspond au degré de ressemblance théorique entre les exigences cognitives des tests et les exigences cognitives de l'environnement quotidien (Franzen & Wilhelm, 1996). Cette notion renvoie aux épreuves qui ont été conçues de manière identique à ce que l'on peut retrouver dans notre quotidien pour permettre l'identification des situations problématiques chez les patients. Deuxièmement, la *véracité* fait référence au niveau de corrélation entre les épreuves existantes, et les mesures du fonctionnement quotidien (Franzen & Wilhelm, 1996). Les épreuves qui possèdent une bonne véracité offrent la possibilité aux professionnels de prédire de manière adéquate les capacités globales des patients. Dans l'idéal, les tests actuels devraient donc posséder ces deux concepts afin de pouvoir identifier au maximum les difficultés des individus et prédire au mieux leur fonctionnement.

3.2. Implication de la validité écologique dans les tâches de mémoire

Dans le contexte d'évaluation clinique, les tests de mémoire possèdent une meilleure corrélation avec les mesures de mémoire quotidienne, par rapport aux mesures générales des capacités cognitives d'un individu dans son quotidien (Chaytor & Schmitter-Edgecombe 2003). Les épreuves évaluant la mémoire doivent respecter un ensemble de critères pour posséder une bonne validité écologique et donc permettre la mesure adéquate des difficultés des patients dans leur quotidien (Pause et al., 2013). Voici les différents critères à suivre :

Tout d'abord, il est nécessaire que la création des souvenirs épisodiques se réalise dans un contexte clinique dit de « laboratoire », afin de pouvoir vérifier avec exactitude la véracité de ceux-ci. Ainsi, ce système permet aux professionnels d'avoir un contrôle permanent sur les différentes variables qui composent la mémoire épisodique. De même, en réalisant des évaluations dans de telles conditions, on peut se rapprocher au mieux des environnements quotidiens des patients. Dans la réalité, les personnes sont souvent confrontées à des désagréments pouvant compliquer la mémorisation d'une information. De cette manière, il ne faut pas s'efforcer de réduire au maximum toutes les interférences possibles, mais plutôt tenter d'obtenir des performances dans des conditions habituelles.

Ensuite, permettre un encodage incident des éléments peut également augmenter la validité écologique d'une tâche. En effet, comme nous l'avons expliqué précédemment, nous traitons

un grand nombre d'informations chaque jour dans notre quotidien sans mettre en place une quelconque stratégie (mode automatique, inconscient). Pour que les tests de mémoire épisodique soient au plus représentatifs de ce que les patients rencontrent dans leur quotidien, il faut donc les prendre au dépourvu. Ceci permet de diminuer l'implication de la mémoire sémantique lors de la phase de récupération de l'information puisqu'il n'y a pas de préparation cognitive préalable (Pause et al., 2013). Afin que cela soit réalisable, il est donc nécessaire que les professionnels ne donnent aucun indice aux sujets pouvant les mettre sur la voie de l'objectif d'une évaluation de leur capacité de mémoire.

Pour finir, il faut également que les épreuves écologiques travaillent sur les intervalles de rétention qui sont jugés comme étant trop courts dans les tâches actuelles. Afin d'obtenir une évaluation comparable aux événements quotidiens qui se réalisent sur de longues périodes de temps, il faut que les rappels s'effectuent après un intervalle de rétention d'au minimum 60 minutes après la présentation d'une information épisodique.

3.3. Les épreuves écologiques actuelles

Selon Van der Linden (2006), une évaluation de la mémoire ne peut pas se contenter des situations de test créées en « laboratoire », elle doit pouvoir comprendre et intégrer les déficits mnésiques rencontrés par les patients dans leur vie quotidienne. Actuellement, il existe quelques outils permettant d'évaluer la mémoire dans des conditions proches de la réalité, et en se rapprochant au maximum des difficultés des patients (Picq et al., 2006).

On retrouve premièrement les *questionnaires d'auto-évaluation* de la mémoire. Ceux-ci sont présentés sous forme d'une liste de questions décrivant de nombreuses situations quotidiennes prototypiques où la mémoire est mise à contribution. Les patients sont alors invités à porter un jugement quant à l'efficacité de leur mémoire dans ces différentes situations. Parmi les auto-évaluations les plus connues, on a notamment le QAM (Questionnaire d'Auto-évaluation de la Mémoire ; Van der Linden, Wyns, Coyette, Frenckell & Seron, 1989), le PRMQ (Prospective and Retrospective Memory Questionnaire ; Hannon & al., 1995), le EMQ (Everyday Memory Questionnaire ; Sunderland, Harris & Baddeley, 1983 ; 1984), et le CRQ (Cognitive Failure Questionnaire ; Broadbent, Cooper, Fitzgerald & Parkes, 1982), ou encore le questionnaire de la mémoire prospective (Prospective Memory Questionnaire ; Hannon & al., 1995).

Ces questionnaires sont habituellement accompagnés d'une version pour les proches des patients qui sont normalement bien informés des difficultés rencontrées par leurs intimes. La confrontation des deux évaluations s'avère intéressante dans le but de déterminer le degré de conscience du sujet et ainsi vérifier que le trouble de mémoire ne s'accompagne pas d'une anosognosie. De plus, les questions de ces auto-évaluations portent toujours sur des situations qui peuvent être vécues quotidiennement par les individus. Par conséquent, la relation entre les performances réelles et ces questionnaires d'auto-évaluation devrait permettre une bonne validité écologique des tests de mémoire (Arvind et al., 2014). Néanmoins, si aucune relation n'est observée, on pourrait conclure à un manque de validité écologique ou alors à une sous-estimation ou une surestimation des difficultés rencontrées par le patient.

Deuxièmement, on retrouve *les agendas et les check-lists*. En ce qui concerne l'agenda, il est demandé aux patients de noter tous les problèmes de mémoire ou un type particulier de problèmes que ceux-ci détectent dans leurs activités quotidiennes et ce, pendant une période déterminée. Dans cette méthode, les patients peuvent retranscrire librement les difficultés qu'ils observent. Ce premier outil peut poser problème si l'on est face à un patient qui possède des difficultés d'organisation, alors qu'avec les check-lists, les personnes sont amenées à cocher, sur une liste déjà établie de déficits, ceux qui sont survenus à différents moments de la journée. Cette méthode offre donc plus de structure aux patients, même si de ce fait, elle peut s'avérer moins riche en informations. D'après Larson (2014), les techniques d'agenda sont un moyen fiable d'investiguer la vie quotidienne des patients durant toutes les étapes de la journée. Cependant, dans ces méthodes, l'accent est mis sur les comportements et jamais sur la façon dont les individus pensent ou se sentent dans les différents moments de leur vie. Dès lors, Larson et Csikszentmihalyi (1983) (cité par Larson, 2014) ont développé une procédure appelée l'ESM (Experience Sampling Method), qui intègre l'évaluation des pensées et des sensations, afin de remédier aux limites des agendas n'évaluant que les aspects comportementaux.

Troisièmement, il existe des *méthodes d'observation directe* qui consistent à accompagner les patients dans leur quotidien afin de directement observer leurs déficits (Juillerat Van der Linden, 2003). Ces techniques d'observation sont moins couramment utilisées en comparaison aux méthodes citées précédemment, et ne sont presque applicables qu'aux patients qui ne vivent pas en institution. En effet, la réalisation de celles-ci possède certaines limites pratiques (Picq

et al., 2006). Tout d'abord, certains déficits ne sont pas très fréquents, et pourtant très handicapants dans le quotidien des patients. Ces situations sont donc coûteuses en temps et en énergie. De plus, afin d'être observables, certains déficits exigent la confrontation avec des situations pouvant être compliquées ou difficilement réalisables par les personnes. Enfin, les observations directes rendent l'identification des stratégies d'encodage et de récupération également difficile.

Pour finir, on retrouve les *simulations d'activités de la vie quotidienne*, qui correspondent à la manière la plus simple d'évaluer les déficits mnésiques des patients dans leur vie de tous les jours. Lors de cette technique, les individus sont amenés à mémoriser des informations dans des situations proches de celles de la vie courante. Le Rivermead Behavioural Memory Test (RBMT-3 ; Wilson et al., 2008) constitue l'une des premières tentatives de simulations d'activités quotidiennes. Cette batterie permet de mesurer la mémoire prospective qui correspond à la mémoire des intentions ou des actions à réaliser dans le futur (Becquet et al., 2017 ; Croisile, 2009). Le RBMT-3 est considéré comme étant une épreuve valide écologiquement, puisque celle-ci a principalement pour objectif de mettre en avant les difficultés de mémoire dans la vie quotidienne des patients. Néanmoins, cette batterie fournit trop peu d'informations concernant la nature du trouble car elle manque encore de vraisemblance (Becquet et al., 2017). De plus, depuis les modifications de la version originale du RBMT, le RBMT-3 est devenu beaucoup plus laborieux et long pour les patients, ce qui peut avoir pour impact de diminuer leur motivation (Wester et al., 2013).

Actuellement, le développement de nouvelles technologies donne l'opportunité de créer de nouvelles formes de simulations. La réalité virtuelle fait partie des nouvelles technologies en pleine expansion, qui fait ses preuves dans le domaine de l'évaluation neuropsychologique du fonctionnement quotidien des patients. Cet outil a l'avantage d'être flexible et de pouvoir offrir aux professionnels une large gamme d'environnements multimodaux reflétant la vie courante. Quelques études ont vu le jour ces dernières années, démontrant que ces épreuves sont prometteuses pour l'avenir des évaluations neuropsychologiques de la mémoire épisodique de manière écologique (Corriveau Lecavalier et al., 2018). La réalité virtuelle fait l'objet de la partie suivante. Dans celle-ci, nous nous efforcerons de l'introduire, et de présenter certaines études qui ont été réalisées tout en utilisant cet outil.

4. La réalité virtuelle

4.1. Définition

La réalité virtuelle (RV) est un outil scientifique qui permet aux utilisateurs d'interagir avec un environnement artificiel : réel ou imaginaire. Les environnements virtuels créés par cette technologie sont dynamiques, dans le sens où ils autorisent les participants à y exercer des activités cognitives et sensorimotrices (Corriveau Lecavalier et al., 2018). Le terme « activité sensorimotrice » utilisé précédemment correspond à l'action de percevoir et d'agir physiquement sur le monde virtuel par la médiation d'interfaces sensorielles et motrices (Plancher et al., 2010). La réalité virtuelle permet donc la création de situations réalistes, presque semblables à ce que l'on peut vivre dans notre quotidien (Corriveau Lecavalier et al., 2018 ; Rose, Attree & Brooks, 1997).

La réalité virtuelle déclenche un sentiment d'immersion puissant qui fait référence à l'expérience subjective d'être psychologiquement dans l'environnement virtuel, alors qu'on est physiquement dans un autre (Corriveau Lecavalier et al., 2018 ; Lecouvey et al., 2012). Dans la littérature, ce mécanisme est également couramment qualifié de « présence ». Ce sentiment subjectif peut être mesuré à l'aide de plusieurs questionnaires : le QPI (Questionnaire sur la propension à l'immersion ; Laboratoire de Cyberpsychologie de l'UQO, 2002), le QEP (Questionnaire sur l'état de présence ; Laboratoire de Cyberpsychologie de l'UQO, 2002), ou encore le ITC-SOPI (ITC-Sense of Presence Inventory ; Independent Television Commission, 2000 ; traduction libre du Laboratoire de Cyberpsychologie de l'UQO, 2006). Ces questionnaires évaluent la qualité de l'interaction avec l'environnement, la cohérence de l'expérience avec celle du monde réel, ainsi que la qualité et la facilité de l'interface choisie. Dans les questionnaires, un sentiment d'immersion puissant sera donc représenté par un score élevé aux différents items représentant ces critères.

Nash et al. (2000) démontrent qu'au plus les individus évoquent avoir eu un sentiment de présence fort en réalité virtuelle, au plus leurs performances en mémoire épisodique étaient impactées positivement. Certaines études rapportent que la présence peut être optimisée par des environnements significatifs avec un réalisme visuel et par des conditions qui permettent des interactions actives entre l'utilisateur et l'environnement virtuel (Plancher et al., 2013). On peut dire que la qualité de l'immersion va donc dépendre : du matériel qui est mis à disposition des

personnes, de l'interaction possible avec l'environnement, ainsi que du degré de ressemblance de cet environnement avec les expériences de la vie quotidienne (Lecouvey et al., 2012 ; Wilson & Soranzo, 2015).

Actuellement, il existe de nombreux dispositifs virtuels utilisables. Cependant, ils ne provoquent pas tous les mêmes sensations lors de la navigation (Schultheis, Himmelstein, & Rizzo, 2002 ; Smith, 2019). Les formes les plus immersives, comme les « casques RV » ou encore les « simulators », font partie de celles qui permettent d'expérimenter le plus grand sentiment de présence. Cependant, il existe également des formes « non-immersives », qui sont très efficaces (« Desktop-VR » : projection d'un environnement virtuel sur un écran d'ordinateur), malgré que le sentiment d'immersion soit plus faible.

En raison de l'engagement psychologique, physique et cognitif que la réalité virtuelle offre, les professionnels de la santé tels que les neuropsychologues pourraient bénéficier de cet outil dans le cadre de leurs évaluations du fonctionnement cognitif des patients, ainsi que dans le cadre d'une utilisation thérapeutique. La réalité virtuelle permet d'intégrer deux aspects de la neuropsychologie : l'utilisation des outils d'évaluation psychométrique qui permettent de poser un diagnostic, et la création de données pour comprendre le fonctionnement du cerveau grâce à l'examen de séquelles (Schultheis, Himmelstein, & Rizzo, 2002). De plus, cette technologie a déjà fait ses preuves dans diverses professions, notamment en médecine, où elle est utilisée afin de traiter les troubles phobiques, de réaliser des interventions de distraction pour la douleur, ou encore comme formation médicale et chirurgicale (Schultheis, Himmelstein & Rizzo, 2002). La réalité virtuelle permet donc de créer une nouvelle forme de thérapie cognitive et comportementale (Lecouvey et al., 2012), ce qui en fait une approche innovante dans la compréhension des relations cerveau-comportement.

4.1.1. Intérêts de la réalité virtuelle en neuropsychologie

Il peut y avoir beaucoup d'avantages à utiliser la réalité virtuelle en neuropsychologie. L'atout majeur de la réalité virtuelle, comme nous l'avons déjà précisé antérieurement, est que celle-ci permet d'augmenter la validité écologique des interventions sur la mémoire (Corriveau Lecavalier et al., 2018 ; Schultheis, Himmelstein & Rizzo, 2002). Dans leur étude, Plancher et al. (2008) démontrent que les fonctions cognitives sollicitées dans les tâches de réalité virtuelle

prédissent mieux le fonctionnement quotidien des patients. En effet, la réalité virtuelle offre la possibilité de créer des expériences d'immersion qui sont multi-sensorielles (elle stimule tous nos sens), ce qui permet d'obtenir une meilleure ressemblance avec les expériences que l'on vit au quotidien. De plus, cette technologie nous permet de contrôler les interférences et de créer des environnements sans distracteur, ce qui peut être bénéfique notamment pour les sujets qui présentent des troubles de l'attention (Rizzo et al., 2002). Ainsi, cet outil virtuel donne l'occasion aux professionnels de mesurer objectivement l'ensemble des fonctions cognitives dans des contextes dit « dynamiques » et plus représentatifs de la vie de tous les jours (Schultheis, Himmelstein & Rizzo, 2002 ; Besnard et al., 2015). En d'autres termes, cette technique offre un moyen d'examiner directement la relation existante entre les fonctions cognitives et les déficits qui pourraient potentiellement apparaître dans le monde « réel » et de permettre l'évaluation des coûts.

De plus, la réalité virtuelle permet de résoudre une autre des limites accordées aux tests classiques de mémoire, qui est la non-prise en compte de l'ensemble des caractéristiques définissant la mémoire épisodique. Grâce à cette technologie, les utilisateurs sont plongés dans un environnement dans lequel ils peuvent réaliser des actions (« What »), à des endroits précis (« Where »), et à un moment donné (« When ») permettant donc la création d'un contexte d'encodage spécifique. L'un des avantages les plus importants de ces associations contextuelles est qu'elles offrent la possibilité d'évaluer le processus « binding » (Abichou, La Corte & Piolino, 2017). De plus, grâce à la création d'un contexte initial, il est possible de vérifier avec exactitude la véracité des souvenirs épisodiques. Dès lors, les participants pourront utiliser leur conscience auto-néotique afin de voyager dans le temps vers l'expérience virtuelle vécue et ainsi la revivre mentalement, de la même manière que lorsqu'ils se souviennent de leurs événements personnels.

Un autre avantage de la réalité virtuelle est que celle-ci est flexible (Plancher et al., 2010), puisqu'une infinité d'environnements et de tâches expérimentales stimulant tous les sens peut être créée. Cette technologie est donc personnalisable en fonction des besoins des individus. Cet atout pourrait permettre d'individualiser les évaluations et les traitements en fonction des déficits des patients (Claessen et al., 2016 ; Reggente et al., 2018). Par ailleurs, Schultheis, Himmelstein et Rizzo (2002) suggèrent également que la réalité virtuelle limite les problèmes de

manque de motivation. Néanmoins, cet avantage est à double tranchant, puisqu'avec son caractère récréatif, la réalité virtuelle pourrait également limiter l'effort cognitif investi dans la tâche et ainsi impacter les performances des patients (Besnard et al. 2015).

Ensuite, la réalité virtuelle offre aux professionnels un contrôle total de la présentation du stimulus et de la mesure des réponses. Ainsi, la réalité virtuelle leur permet de créer des expériences qui seraient soit irréalisables car trop dangereuses, soit trop coûteuses dans la réalité (par exemple : confronter les individus à leur phobie dans le cadre d'une thérapie, former les pilotes débutants à la navigation d'un avion, etc.) (Abichou, La Corte & Piolino, 2017). Puisque la réalité virtuelle est flexible, elle permet également d'évaluer les patients qui ont des problèmes de mobilité ou d'équilibre dans différents endroits d'un environnement virtuel (Besnard et al., 2015).

Pour finir, de nombreuses études ont démontré que les tâches en réalité virtuelle possédaient une bonne validité théorique. Il est important de différencier la validité écologique de la validité théorique, car ces deux notions n'ont pas le même objectif de mesure. Pour rappel, la validité théorique vise à s'assurer que l'instrument utilisé mesure bel et bien la fonction pour laquelle il a été créé, et que celui-ci donne également une mesure adéquate du modèle théorique sur lequel le test repose. Dans leur étude, Parsons et Rizzo (2008) ont signalé des corrélations positives entre une tâche traditionnelle de mémoire de mots et les performances mnésiques dans une tâche de réalité virtuelle. Ces données suggèrent que les mesures en réalité virtuelle sont cohérentes avec celles des épreuves papier-crayon. (Mathesis et al. 2007 ; Parsons & Rizzo, 2008). La réalité virtuelle bénéficierait dès lors d'une bonne validité écologique ainsi que d'une bonne validité théorique. Par ailleurs, d'autres recherches ont montré que la réalité virtuelle avait une bonne validité discriminante. Par exemple, Mathesis et al. (2007) ont utilisé cet outil afin de mesurer la mémoire de personnes ayant subi une lésion cérébrale traumatique en comparaison à celle de sujets sains. Leurs résultats à l'épreuve virtuelle permettaient de distinguer avec précision les sujets atteints d'un traumatisme et les sujets contrôles, confirmant ainsi la validité théorique de leur tâche. Dans la lignée de ces résultats, Negut et al. (2016) ont également réalisé une étude dans laquelle la réalité virtuelle s'est révélée être sensible à la détection d'un fonctionnement cognitif déficitaire.

4.1.2. Les désavantages et limites de la réalité virtuelle

L'utilisation de la réalité virtuelle dans la pratique clinique comporte deux principaux inconvénients.

Le premier obstacle correspond aux effets secondaires susceptibles de survenir à la suite d'une utilisation de la réalité virtuelle : *les cybermalaises*, aussi appelés « maladie de la réalité virtuelle » (Smith, 2019). Les cybermalaises correspondent aux sentiments dérangeants de nausées, de maux de tête et de désorientation (Schultheis, Himmelstein & Rizzo, 2002), qui représentent certainement la limitation la plus importante pour les utilisateurs et les professionnels (Corriveau Lecavalier et al., 2018). Cependant, ces sensations apparaissent plus fréquemment lorsque la technologie de réalité virtuelle utilisée est la plus immersive (par exemple : le casque de RV). En diminuant le degré d'immersion, il est donc possible de réduire les cybermalaises. Même si, en réalisant cette action, le réalisme de la tâche est diminué, il semble indispensable de le faire. En effet, les sensations de cybermalaises engendrent des distractions importantes lors de la navigation, ce qui entraîne la perturbation des performances des participants. La réalité virtuelle avec un haut degré d'immersion n'est donc pas applicable pour les personnes qui sont susceptibles d'être sensibles à ce type de symptômes (Smith, 2019).

La deuxième limite se rapporte au *coût du matériel virtuel*, qui est parfois assez élevé, ainsi qu'à la programmation et au développement des scènes virtuelles qui nécessitent beaucoup d'efforts (Cao, 2016). Même si à l'heure actuelle, ces outils sont devenus plus accessibles financièrement, il faudra quand même dépenser un certain montant dans le but d'obtenir du matériel à la pointe de la technologie, avec un bon degré d'immersion. En effet, il semblerait qu'il y ait une corrélation positive entre le prix du mécanisme et le degré d'immersion (Plancher et al., 2013). Par exemple, les voûtes virtuelles, qui possèdent le plus haut niveau d'immersion, coûtent plusieurs dizaines de milliers d'euros. Néanmoins, les casques de RV sont plus abordables et conservent un degré d'immersion honnête. Ceci autorise donc les professionnels à intégrer la réalité virtuelle dans leurs pratiques. Malgré le fait que certaines technologies soient plus coûteuses, le rapport coût-bénéfice est très favorable (Schultheis, Himmelstein & Rizzo, 2002).

4.2. Les études utilisant la réalité virtuelle en clinique

Dans cette partie, nous avons réalisé des recherches sur l'utilisation de la réalité virtuelle dans les évaluations de la mémoire épisodique. L'objectif principal de ces recherches est de savoir si la réalité virtuelle est un outil valide écologiquement. En utilisant le canevas « PICO », la question suivante a été formulée : « *La réalité virtuelle est-elle un outil plus écologique que les tests neuropsychologiques classiques pour évaluer la mémoire épisodique ?* ». Afin de formuler cette question, nous nous sommes référés aux différentes catégories du canevas « PICO » : l'intervention envisagée est l'évaluation de la mémoire épisodique, la comparaison est celle entre la réalité virtuelle et les épreuves classiques, et pour finir, l'objectif est de prouver la bonne validité écologique de la réalité virtuelle. Afin de réaliser ces recherches, nous avons utilisé des bases de données analytiques, en nous référant aux outils disponibles à l'Université de Liège, tels que PubMed, Medline Ovid, PsycInfo, Scopus, etc. Nous avons donc réalisé des recherches avancées (« Advanced Search ») en sélectionnant les mots-clés suivants : « Episodic memory », « Neuropsychological assessment » et « Virtual reality ».

Dans leur revue littéraire, La Corte et al. (2019) ont décrit différentes études utilisant la réalité virtuelle pour évaluer la mémoire. Ces auteurs ont classé ces études en fonction du degré d'immersion (NIS = systèmes non immersifs ; FIS = systèmes entièrement immersifs) et du degré d'interaction avec l'environnement virtuel (PS = passif ; SI = interactions complexes au moyen de différents appareils). Cette revue de littérature regroupait beaucoup d'études que nous avons découvertes lors de nos investigations. Nous décrirons donc ci-dessous les quelques études qui nous semblent être pertinentes et cohérentes avec nos questions de recherche.

Ouellet et al. (2018) ont créé une étude afin de mesurer la validité écologique d'une épreuve virtuelle évaluant la mémoire épisodique. Ils ont émis l'hypothèse d'une corrélation entre les performances des participants à leur tâche de réalité virtuelle et les réponses de ceux-ci à un questionnaire mesurant les difficultés quotidiennes liées au shopping. Dans cette étude, il a été demandé aux patients de mémoriser une liste d'achats avant d'être plongés dans un magasin virtuel. Afin de ne pas obtenir un biais de jugement, le questionnaire était administré aux sujets avant la phase de mémorisation. Les sujets devaient ensuite aller dans l'environnement virtuel pour sélectionner les articles de la liste ainsi que les vérifier. Les résultats ont montré qu'il y a bel et bien une relation entre les performances à la tâche virtuelle et les réponses d'auto-

évaluation récoltées au moyen du questionnaire. De même, dans l'étude de Plancher et al. (2012), les plaintes mnésiques quotidiennes des patients étaient plus fortement corrélées avec leurs performances au test virtuel par rapport à leurs performances au test de mémoire classique. Ces résultats confirment alors la validité écologique de la tâche de réalité virtuelle pour cette étude.

Dans l'étude de Plancher et al. (2013), l'environnement virtuel se présente sous la forme d'une ville, dans laquelle les patients sont invités à se déplacer dans une voiture. Les sujets reçoivent pour consignes de mémoriser le plus d'informations possible lors de leur navigation en ville. Le parcours contient différents événements (« What »), ainsi que d'autres éléments (« Where », « When », détails internes, sons, etc.) permettant la mesure d'un score « binding » de la mémoire épisodique. L'objectif de cette étude était de mesurer l'effet de l'action (active / passive) sur les performances des patients. Pour ce faire, trois conditions différentes ont été mises en place : la première est la situation de base dans laquelle les sujets sont uniquement passagers de la voiture. La deuxième condition correspond à celle de la planification, puisque les participants planifient l'itinéraire à l'avance, même si ceux-ci ne conduiront jamais la voiture. Et pour finir, la troisième condition, appelée l'interaction, permet aux patients de conduire la voiture virtuelle mais en suivant un itinéraire qui a déjà été préalablement établi. Les résultats de cette étude montrent que le comportement actif au cours de la navigation dans l'environnement virtuel a une forte influence sur la mémoire spatiale et factuelle. En effet, les participants ayant réalisé la condition d'interaction ou celle de planification présentent des performances en mémoire épisodique significativement plus importantes en comparaison aux sujets du groupe neutre, sans navigation active. Les résultats de cette étude mettent en évidence l'existence d'une relation entre le rappel des souvenirs épisodiques, et l'action. En 2012, Sauzéron et ses collaborateurs confirment également cette hypothèse et obtiennent des résultats similaires avec ceux présentés précédemment.

En 2012, Plancher et al. avaient déjà réalisé une étude dans le but de déterminer si le facteur du type d'exploration (active / passive) avait une répercussion sur les performances en mémoire épisodique dans le vieillissement pathologique. Quel que soit le type d'exploration, les résultats montrent que les scores des patients atteints de la maladie d'Alzheimer sont inférieurs à ceux des patients ayant subi un traumatisme crânien léger et encore plus si on les compare avec ceux

des sujets sains. Cependant, les performances des souvenirs spatiaux et allocentriques, ainsi que le score « binding » sont meilleurs dans tous les groupes. Il y a donc un effet bénéfique d'une navigation active sur les performances en mémoire épisodique dans le vieillissement pathologique.

Brooks et al. (1999) ont eux aussi constaté qu'une condition active dans un environnement virtuel favorisait la mémorisation. Cependant, dans cette étude, les performances s'amélioreraient uniquement dans la condition de rappel de la disposition spatiale, et non pour le rappel des objets visualisés pendant la navigation. Ces auteurs attribuent ce bénéfice à la création d'une trace motrice supplémentaire qui augmenterait la spécificité en mémoire. Ils suggèrent donc que l'effet d'activation n'est valable que pour les aspects qui sont impliqués dans l'interaction sensorimotrice lors de l'exploration virtuelle. Sauzón et al. (2016) obtiennent des résultats similaires.

Jebara et ses collaborateurs (2014) démontrent également que la navigation active dans un environnement virtuel implique l'utilisation des fonctions exécutives, lorsque celle-ci est trop exigeante par rapport aux ressources cognitives disponibles des patients. En effet, lorsque nous marchons dans un environnement (même quotidien), nous sollicitons bien plus qu'une simple aptitude physique. Robitaille et al. (2017) mettent en évidence que n'importe quelle navigation requiert des capacités cognitives telles que : la planification, l'attention, la mémoire, ainsi que la compétence d'interaction sociale. Ces éléments nous suggèrent donc qu'une navigation qui exige un niveau de concentration trop élevé aura pour conséquence de diminuer les performances mnésiques des sujets âgés, puisque ceux-ci possèdent des compétences limitées dans le traitement contrôlé des informations (Jebara et al., 2014 ; Sauzón et al., 2016). Certains auteurs expliquent qu'une exploration active implique des processus cognitifs qui sont différents de ceux utilisés lors d'une navigation passive. Par ailleurs, l'implication personnelle étant plus importante lors de la condition active, on peut facilement déduire que cela puisse entraîner un effet « d'autoréférence », qui est connu pour améliorer les capacités de mémoire (Plancher et al., 2012).

Parsons et Barnett (2017) (cités par La Corte et al., 2019) ont utilisé la tâche VEGS (Virtual Environment Grocery Store ; dispositif non-immersif) afin de mesurer la mémoire épisodique

chez les personnes âgées. L'environnement virtuel de cette tâche représente une épicerie. Dans celle-ci, les participants sont invités à réaliser différentes activités. Ce dispositif a été élaboré afin de mesurer la mémoire prospective (par exemple, « *retourner chez le pharmacien quand ils entendent leur numéro* ») ainsi que la mémoire épisodique rétrospective (par exemple, « *trouver et sélectionner des articles d'une liste de courses qui ont été précédemment appris* ») (La Corte et al., 2019, p. 3). Les résultats de cette étude ont montré que les scores de mémoire à la tâche VEGS étaient significativement corrélés aux scores des épreuves classiques de mémoire verbale épisodique, mais pas à celles des fonctions exécutives. Ces résultats démontrent donc que la tâche VEGS possède une bonne validité de construction.

En 2018, Corriveau Lecavalier et ses collaborateurs ont construit une boutique virtuelle afin de comparer les performances mnésiques de personnes âgées avec celles de personnes plus jeunes. La particularité de cette étude porte sur le fait que ces auteurs ont récolté des informations concernant le niveau de motivation des participants aux différentes tâches proposées. Les résultats montrent des scores de motivation plus importants pour l'épreuve virtuelle par rapport à ceux de la tâche de mémoire classique, et ce dans les deux groupes d'âges. Ces résultats montrent donc que la réalité virtuelle a le potentiel d'impacter positivement le niveau de motivation des utilisateurs, qui, de la même manière influencera les performances des sujets.

Recul critique

Au sein de ce travail écrit, nous avons pu mettre en évidence que les tâches classiques utilisées par les professionnels pour évaluer la mémoire épisodique ne permettent pas de mesurer parfaitement les difficultés quotidiennes des patients. Dès lors, et afin de dépasser ce problème, de nombreux auteurs ont recours à la réalité virtuelle, qui a pour avantage d'être un outil écologique. Grâce à cette introduction théorique, nous avons désormais une vue d'ensemble sur les différents composants de la mémoire épisodique et leurs altérations, sur l'évaluation neuropsychologique et la nécessité d'avoir une validité écologique et pour finir, sur l'application de la réalité virtuelle en clinique. Néanmoins, dans ce recul critique, nous aimerions revenir sur certains points qui, selon nous, devraient être améliorés.

Dans ces études qui utilisent la réalité virtuelle pour évaluer la mémoire épisodique, l'objectif est souvent de démontrer que par rapport aux épreuves classiques de listes de mots, la réalité virtuelle permet davantage d'identifier les difficultés quotidiennes des patients. Ce qui est étonnant dans ces études, c'est que les auteurs critiquent les tests de listes de mots sur de nombreux points, mais les utilisent néanmoins, afin de démontrer la validité théorique de leur tâche virtuelle. Comme, par exemple, dans l'étude de Mathesis et al. (2007), où ces auteurs comparent les résultats des patients dans une épreuve virtuelle avec les performances obtenues à la célèbre épreuve de listes de mots, le CVLT. Ce fonctionnement est donc assez paradoxal. En effet, d'une part, les auteurs reprochent aux épreuves de listes de mots tels que le CVLT, de ne pas totalement être en accord avec les théories actuelles et les composantes de la mémoire épisodique, puis d'autre part, ils les utilisent pour prouver la validité de leurs tâches virtuelles. Il semble donc nécessaire d'être attentifs et prudents lorsque l'on critique ces tâches, car celles-ci possèdent des normes solides, et ont également fait leurs preuves en neuropsychologie.

Il est également surprenant de remarquer que la majorité des études qui créent des épreuves virtuelles dans le but d'évaluer la mémoire épisodique n'inclut pas dans leur protocole un apprentissage implicite de l'information. En effet, les différentes études utilisent très souvent la réalité virtuelle dans un contexte d'apprentissage de l'information qui ne correspond pas à la manière incidente dont nous traitons les informations dans notre quotidien. Pourtant, comme

nous avons déjà pu en discuter, dans notre vie de tous les jours, nous ne sommes pas toujours avertis à l'avance que nos souvenirs seront questionnés.

Par ailleurs, lorsque l'on réalise une recherche dans PsychInfo avec la combinaison de mots clés suivants : « Episodic Memory » AND « Virtual Reality » AND « Incident Encoding », on obtient seulement 3 articles. Parmi ceux-ci, on retrouve l'étude de Plancher et al. (2010), qui se penche sur l'encodage automatique des informations. Dans cette étude, il y a deux conditions différentes : une condition implicite où il est simplement demandé aux participants de traverser une ville virtuelle en voiture, et une condition explicite, dans laquelle on demande aux sujets de naviguer dans la ville et de mémoriser l'environnement. Les résultats de leur recherche montrent que les performances en mémoire épisodique varient en fonction du type d'encodage réalisé. Par exemple, les participants plus âgés qui ont réalisé l'épreuve dans la condition explicite ont des scores de rappel du contexte spatio-temporel plus faibles par rapport aux jeunes, alors qu'il n'y a aucune différence entre les deux groupes lorsque l'encodage est incident (Plancher et al., 2010). Puisque dans notre quotidien les souvenirs épisodiques se créent de manière implicite, il semble donc légitime de faire de même lors de l'évaluation de cette mémoire.

Lors de nos investigations, nous avons également été étonnés de découvrir certaines études qui utilisent la réalité virtuelle sans pour autant tirer profit de tout son potentiel (contexte spatio-temporel, voyage mental dans le temps, etc.). Dans l'étude de Corriveau Lecavalier et al. (2018) par exemple, les sujets encodent visuellement des articles de magasin, puis ils sont invités à les trouver dans une boutique virtuelle. Même si leur boutique virtuelle a démontré qu'elle possédait des propriétés de validité correctes pour refléter la mémoire épisodique, nous trouvons qu'il est dommage que ces auteurs ne l'utilisent que dans le cadre de la récupération des informations. Dans cette étude, il n'est donc pas possible d'obtenir un score « binding », comme c'est le cas, par exemple, dans l'étude de Plancher et al. (2013).

De plus, le sentiment de présence est également un des aspects de l'expérience en réalité virtuelle qui semble être négligé dans de nombreuses études évaluant la mémoire épisodique. Ce fait est interpellant en sachant l'importance qui est donnée à ce concept dans la littérature et le lien qu'il a avec les performances en mémoire épisodique (Nash et al., 2000). Il nous semble

donc important de questionner le sentiment de présence des individus après une tâche en réalité virtuelle.

Pour finir, La Corte et al. (2019) déclarent : « *Il est surprenant que la dimension d'immersion de la réalité virtuelle n'ait pas été étudiée de manière approfondie* » (p. 4). En effet, lors de nos recherches, nous nous sommes rendu compte que les différentes études utilisant la réalité virtuelle pour évaluer la mémoire épisodique n'utilisaient pas toutes les mêmes dispositifs virtuels et qu'elles n'employaient pas non plus le même type d'interaction. La Corte et al. (2019) proposent que les prochaines études comparent les différents systèmes virtuels, en faisant systématiquement varier le degré d'immersion ainsi que le degré d'interaction. Ceci permettrait aux professionnels qui souhaiteraient utiliser la réalité virtuelle dans l'objectif d'évaluer la mémoire épisodique de connaître les options possibles et de choisir celle qui leur semble être la plus adaptée.

Objectif et hypothèses

Bien que les neuropsychologues soient armés de nombreuses épreuves ayant fait leurs preuves pour évaluer la mémoire épisodique, celles-ci possèdent également certaines limites. Effectivement, les tests classiques de listes de mots ne répondent pas entièrement aux différentes caractéristiques de la mémoire épisodique énumérées précédemment et manquent de validité écologique.

L'objectif de cette recherche est donc d'utiliser les avantages potentiels de la réalité virtuelle afin de proposer une évaluation écologique de la mémoire épisodique. De nombreuses études, comme celles de Plancher et al. (2013), ou Ouellet et al. (2018), ont déjà apporté des informations concernant l'utilisation de la réalité virtuelle comme outil écologique en neuropsychologie. De plus, la réalité virtuelle se trouve être un dispositif qui permet d'évaluer la mémoire épisodique en étant en accord avec les théories actuelles et les différents critères de la définition de celle-ci. Dans la lignée de ces études, nous avons élaboré une tâche virtuelle proche des conditions de la vie quotidienne en englobant les différents éléments qui constituent la mémoire épisodique. Grâce à cette épreuve virtuelle, il sera possible d'évaluer des épisodes personnellement vécus dans leur contexte d'apprentissage et le maintien de ceux-ci dans le temps.

Initialement, il était prévu d'utiliser cet outil virtuel sur un échantillon de participants important, composé de patients et de sujets contrôles. Cependant, au vu du caractère inédit de la présente crise sanitaire, nous avons été forcés d'annuler tous nos rendez-vous et donc la partie pratique de cette recherche. Toutefois, avant le début du confinement, nous avons complété quatre évaluations sur des sujets sains. Ces données nous permettent donc de remplacer notre étude de groupe initiale par une étude de cas. Dans la partie suivante, nous décrirons la méthodologie que nous avons suivie afin de réaliser cette évaluation. Ainsi, avant cela, il convient d'énoncer les différentes hypothèses investiguées au long de ce travail.

1. Hypothèses

1.1. Hypothèse 1

Premièrement, nous avons pu voir dans les études précédentes que la réalité virtuelle possède une bonne validité écologique. En effet, cet outil va plonger les participants dans un monde virtuel proche de leur quotidien et donc de leur réalité (Reggente et al., 2018). Nous avons également mis en lumière les limites écologiques des tests neuropsychologiques classiques évaluant la mémoire épisodique.

Nous faisons donc l'hypothèse que les performances des participants à la tâche de réalité virtuelle auront une corrélation plus forte, d'une part avec la vision que ceux-ci ont de leur propre performance en mémoire (à l'aide de questionnaires d'auto-évaluation de la mémoire) et d'autre part, avec les plaintes évoquées par les participants lors de l'anamnèse, comparativement à la corrélation entre le test classique de mémoire (CVLT) et ces auto-évaluations et plaintes. Ainsi, notre épreuve de réalité virtuelle permettra d'apporter une bonne prédiction du fonctionnement quotidien des sujets.

1.2. Hypothèse 2

Deuxièmement, nous émettons l'hypothèse que notre tâche en réalité virtuelle ait une bonne validité. Nous devrions donc obtenir une bonne corrélation entre notre épreuve virtuelle et la tâche classique utilisée pour évaluer la mémoire épisodique (CVLT) qui possède déjà des normes solides et permet de juger le caractère déficitaire ou non d'une performance. De cette manière, nous devrions observer des concordances concernant le classement des scores (le participant qui a de bonnes performances à l'épreuve virtuelle devrait également en obtenir aux épreuves classiques de mémoire).

Lors de cette recherche, nous n'avons pas eu l'occasion de comparer les performances de nos participants à celles de patients ayant une plainte cognitive. Si cela avait été possible, nous aurions été en mesure de vérifier si notre épreuve virtuelle possédait une bonne validité discriminante (si elle permet de différencier les patients et les sujets sains).

1.3. Hypothèse 3

Ensuite, nous faisons également l'hypothèse que le score donné par le sujet concernant le sentiment de vivacité sera corrélé positivement avec la quantité de détails obtenus à l'épreuve de réalité virtuelle. Cela signifie donc qu'au plus le sujet donnera un score élevé au sentiment de vivacité, au plus le score total de rappel différé sera élevé. La vivacité du souvenir correspond au concept du sentiment de reviviscence précédemment décrit au sein de la revue de littérature (Klein, 2016 ; Picard, Eustache & Piolino, 2009). Cette hypothèse est avancée en lien avec la conception que plus le sentiment de reviviscence est élevé, au plus la consolidation est forte (Klein, 2016).

Par ailleurs, nous supposons également qu'il existera un lien entre la vivacité du souvenir et les plaintes énoncées par les sujets. Nous devrions donc observer une corrélation négative entre ces deux données, c'est à dire qu'au plus le sentiment de vivacité est faible, au plus on s'attend à ce que les sujets évoquent beaucoup de plaintes de mémoire.

2. Questions subsidiaires

Lorsque nous avons élaboré cette étude, en plus de nos hypothèses principales, nous trouvions intéressant de répondre à certaines questions complémentaires.

2.1. Les cybermalaises

Nous avons précédemment abordé le sujet de cybermalaise comme étant le principal inconvénient de la réalité virtuelle. Au vu des répercussions que ceux-ci peuvent avoir sur le bon déroulement d'une tâche, nous voulons vérifier qu'une sensation de cybermalaise, relevée par le sujet (au moyen du questionnaire sur les cybermalaises, SSQ) diminuera ses performances à l'épreuve de rappel de la réalité virtuelle. Cependant, dans notre travail, nous nous sommes efforcés de contrôler ce risque en diminuant le degré d'immersion, car les résultats du mémoire de Remacle Amandine (2019) indiquaient une présence importante de cybermalaises chez ses patients. En admettant que nous ayons eu la possibilité d'utiliser notre dispositif virtuel sur des patients, nous aurions également pu vérifier que, par rapport aux résultats indiqués dans le mémoire de Remacle Amandine (2019), nos patients auraient rencontré moins de sensation de cybermalaise.

2.2. La reviviscence mentale

Pour finir, nous nous sommes également intéressés à la durée de reviviscence mentale des souvenirs. Comme nous avons pu le voir précédemment, le temps et l'espace sont deux composantes clés de la mémoire épisodique. Jeunehomme et al. (2018) déclarent que « *se souvenir d'un événement prend généralement moins de temps que de le vivre, ce qui suggère que la mémoire épisodique représente l'expérience passée d'une manière temporellement compressée* » (p. 1). Néanmoins, plusieurs auteurs s'accordent pour dire que l'on sait peu de choses quant à la façon dont ces informations temporelles sont encodées en mémoire (Brunec et al., 2017 ; Jeunehomme et al., 2018). Nous voulions expérimenter le voyage mental avec nos participants afin de voir si nous obtiendrions des résultats similaires à ceux observés dans l'étude de Jeunehomme et al. (2018). C'est-à-dire, où leurs participants revivaient mentalement l'événement 8 fois plus rapidement.

Méthodologie

1. Participants

Initialement, cette étude devait comporter deux groupes de participants, à savoir un groupe de patients avec des plaintes cognitives et un groupe contrôle. Chacun des deux groupes devait être composé de 30 participants. Lors de la sélection de participants, il était prévu que nous contrôlions certaines variables susceptibles d'impacter leurs performances, à savoir : l'âge, le sexe, le nombre d'années d'études réalisées, le niveau professionnel, le délai du rappel différé, le niveau d'utilisation de l'ordinateur, le cybermalaise, le degré d'immersion et les fonctions attentionnelles et exécutives.

Par ailleurs, nous avons prévu d'exclure de la recherche toute personne ayant eu des problèmes psychologiques ou neurologiques au cours des dix dernières années, les sujets avec des troubles auditifs ou visuels ainsi que tous les sujets consommant des psychotropes ou prenant un traitement médicamenteux pouvant affecter leurs performances. Nous n'aurions également pas retenu les personnes susceptibles d'être sensibles aux sensations de cybermalaise provoquées par la tâche de réalité virtuelle : trouble d'équilibre, sensation de vertige régulière, migraines importantes, céphalées importantes devant les écrans ou en lecture, et facilement nauséux dans les transports. De plus, il est important de préciser que pour tous les participants, la langue maternelle devait obligatoirement être le français.

Cependant, au vu du contexte sanitaire auquel nous avons dû faire face, nous avons été contraints d'annuler l'ensemble de nos testings. Nous nous sommes donc référés aux quelques participants qui ont su prendre part à notre étude avant d'être confinés, afin de réaliser une étude de faisabilité. Notre échantillon se compose donc de 4 sujets sains (tableau 1).

Tableau 1. *Données démographiques des participants*

Sujets	Sexe	Age (années)	Niv. Prof.	Niv. Sco. (années)	Fréquence d'utilisation	Expérience informatique	Délai imm./diff. (jours)	EMPAN -1
S1	H	54	1	15	0	1	6	5
S2	F	24	2	15	1	2	6	5
S3	F	51	2	15	2	1	6	5
S4	F	29	2	16	0	2	6	5

Pour chaque sujet, nous avons pris en compte leur niveau d'utilisation de l'ordinateur, réparti en deux catégories : la fréquence d'utilisation de l'ordinateur et le niveau d'expérience en informatique. Ces données seront récoltées grâce au questionnaire ITC-SOPI (voir point 2.3). Pour la première catégorie, *la fréquence d'utilisation* varie entre « 0 » et « 4 » ; « 0 » : aucune utilisation de l'ordinateur, « 1 » : utilisation occasionnelle de l'ordinateur (1 ou 2 fois par mois), « 2 » : utilisation régulière mais moins de 50% du temps, « 3 » : utilisation à 50% du temps ou plus, et « 4 » utilisation quotidienne de l'ordinateur. Pour ce qui est du *niveau d'expérience en informatique*, les scores varient entre « 0 » et « 3 » ; « 0 » : aucune expérience, « 1 » : débutant, « 2 » : intermédiaire, et « 3 » : expert.

2. Matériel

2.1. La réalité virtuelle

La tâche en réalité virtuelle que nous utilisons dans le cadre de ce travail nécessite l'utilisation du logiciel R.O.G.E.R. (Realistic Observations in Game and Experience in Rehabilitation). Celui-ci a été développé par le centre de réadaptation fonctionnelle neurologique ambulatoire pour adultes (CRFNA) de l'hôpital Érasme en partenariat avec la société Fishing Cactus. Ce programme comporte un ensemble d'environnements virtuels réalistes et paramétrables. Grâce à la collaboration avec Maïté Camaralopez, étudiante doctorante à l'ULB, nous avons créé une tâche spécifique à l'évaluation de la mémoire épisodique. Le déroulement de cette tâche virtuelle sera développé plus en détail dans la partie suivante.

Cette épreuve virtuelle nécessite un ordinateur suffisamment performant pour accueillir le logiciel R.O.G.E.R. ainsi que d'une manette Nunchuk © (figure 3). En la tenant dans la main de leur choix, les sujets peuvent librement se déplacer et interagir avec les objets dans l'environnement virtuel.



Figure 3. Manette Nunchuk ©.

Cependant, la navigation des participants sera guidée tout du long par un avatar virtuel (figure 4). Celui-ci va les accompagner pour leur donner des indications sur les actions à réaliser durant leur expérience. Le scénario de mémoire épisodique ne diffère pas d'un sujet à un autre. Les seules différences qui peuvent apparaître sont les déplacements du participant dans l'environnement virtuel et les imprévus (objets qui tombent, verbalisations du sujet, etc.).



Figure 4. Avatar virtuel (R.O.G.E.R.).

La maison est composée de plusieurs pièces. Dans notre scénario, nous ne prendrons en compte que certaines d'entre elles : le hall d'entrée (1), la cuisine (2), la salle à manger (3), le salon (4), le jardin (5) et la buanderie (6) (figure 5).

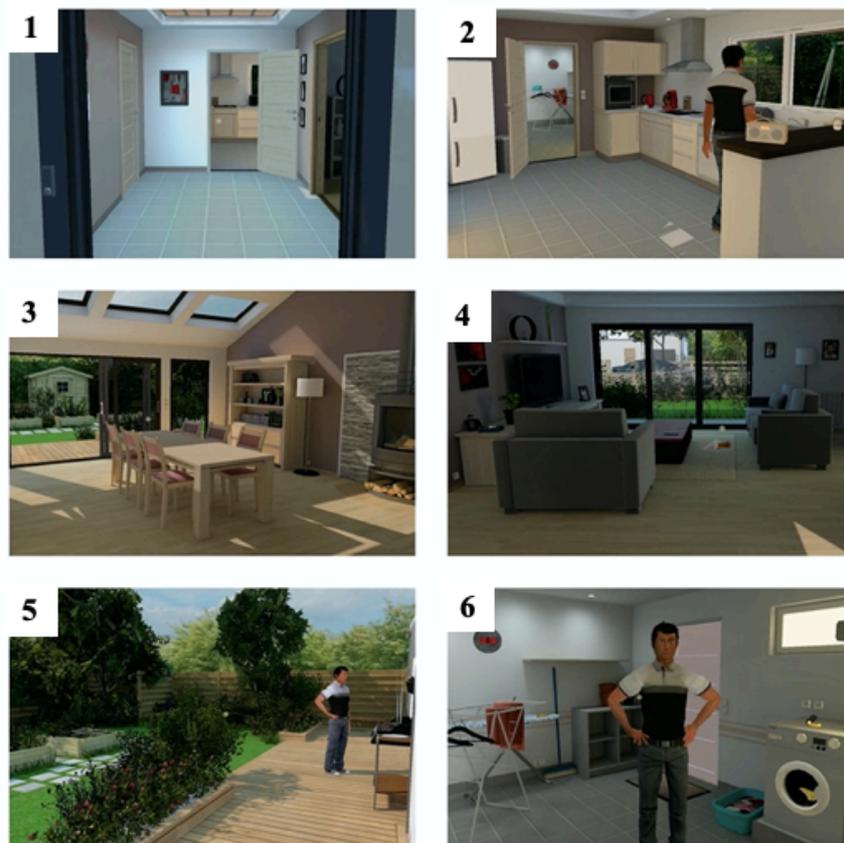


Figure 5. Illustrations de la maison virtuelle (R.O.G.E.R.).

2.2. Les tests neuropsychologiques classiques

Nous avons aussi sélectionné quelques tests neuropsychologiques classiques évaluant la mémoire épisodique, la mémoire de travail, les fonctions attentionnelles et exécutives.

Le « California Verbal Learning Test » (CVLT ; Poitrenaud, Deweer, Kalafat et Van Der Linden, 2008) est une épreuve de base qui a pour objectif d'évaluer la mémoire épisodique verbale. Cette tâche permet d'évaluer le fonctionnement mnésique du patient dans une situation où aucune aide ne lui est fournie au moment de l'encodage. Ce test consiste à mémoriser une série de 16 mots donnés oralement. Les mots peuvent être regroupés en quatre catégories sémantiques différentes, mais à aucun moment on ne mentionne aux patients que celles-ci existent. Cela nous permet d'observer si le patient met en place par lui-même des stratégies ou pas. Pour commencer, on présente au patient une première liste (liste « A »), celui-ci possède cinq essais pour la rappeler librement. Ensuite, lorsque les cinq essais sont finis ou que l'ensemble des mots ont correctement été rappelés, on présente alors une liste interférente (liste « B »), où il n'a plus qu'un seul essai pour la rappeler. Par la suite, on demande au patient de revenir sur la première liste afin de pouvoir évaluer un éventuel effet d'interférence. On procède d'abord à un rappel libre puis quand le patient bloque, on réalise un rappel indicé sémantique. Après un délai de 20 minutes, le patient doit encore faire un rappel libre et un rappel indicé sémantique de la liste « A », puis finir avec une reconnaissance de type oui/non de cette même liste.

La « Mémoire des chiffres » (WAIS-III, Wechsler, 2000) est composée de deux parties d'exercices. Dans la première (ordre direct), il est demandé au patient de réciter une série de chiffres dans l'ordre dans lequel ceux-ci lui ont été présentés. Cette étape évalue la boucle phonologique de la mémoire à court-terme. Dans la deuxième partie (ordre indirect), le patient doit réciter une autre série de chiffres dans l'ordre inverse dans lequel ils lui ont été présentés. Celle-ci évalue la boucle phonologique ainsi que l'administrateur central de la mémoire de travail. Dans ces deux exercices, on augmente le nombre de chiffres d'un après 3 séries données, dont au moins deux sont réussies. L'empan direct ou indirect correspondra au nombre de chiffres maximum que le patient peut rappeler directement.

Le « Brown Peterson » (Peterson & Peterson, 2010) permet d'évaluer l'administrateur central, la capacité de mise à jour et la capacité de double tâche, étant toutes des fonctions faisant appel

à la mémoire de travail. Cette épreuve est administrée au moyen d'un programme informatique. Le patient voit apparaître successivement à l'écran trois lettres qu'il doit essayer de mémoriser pendant un certain laps de temps qui ne lui sera pas communiqué au préalable (0 seconde - 5 secondes - 10 secondes - 20 secondes). Pendant cette période d'intervalle, nous donnons des paires de chiffres au patient et celui-ci doit les répéter dans l'ordre inverse. Après le temps imparti, le patient doit donner les trois lettres dans leur ordre d'apparition.

Le « *Stroop* » (Stroop, 1935) est divisé en trois conditions. La première est basée sur la dénomination. Une planche avec des rectangles de trois couleurs différentes est présentée au patient de façon linéaire. Il est demandé à la personne de dénommer la couleur des rectangles en respectant le sens de la lecture, sans sauter de rectangles et en allant le plus rapidement possible. La deuxième condition est une épreuve de lecture des trois couleurs. Le patient est invité à lire les mots en respectant toujours le sens de la lecture, et en allant le plus rapidement possible. Ces deux tâches évaluent la vitesse de traitement. Dans la troisième condition (d'interférence), les noms des couleurs sont écrits dans des couleurs différentes. L'individu doit alors se focaliser sur la couleur de l'encre pour la citer tout en inhibant ce qui est écrit. Comme pour les deux conditions précédentes, le patient doit énoncer la couleur le plus rapidement possible. Ce dernier exercice permet d'évaluer l'inhibition verbale et la sensibilité à l'interférence. Pour ce test, nous tenons compte de la vitesse de la réalisation de la tâche, du nombre d'erreurs corrigées et d'erreurs non-corrigées.

Le « *Trail Making Test* » (TMT ; Reitan, 1955) permet d'évaluer la capacité de flexibilité. Cette épreuve est composée de deux conditions. La première (partie « A ») évalue la vitesse de traitement visuo-motrice. Dans cette condition, le patient doit relier sur une feuille des chiffres dans l'ordre croissant, le plus rapidement possible, sans faire d'erreur. Dans la deuxième condition (partie « B »), les chiffres sont mélangés avec des lettres sur une feuille. Le patient doit donc relier en alternance les chiffres et les lettres en respectant l'ordre chronologique ainsi que l'ordre alphabétique en allant le plus rapidement possible et en essayant de ne pas commettre d'erreur. Lors de cette tâche, nous comptabilisons la vitesse de traitement et le nombre d'erreurs réalisées par le patient.

2.3. Les questionnaires

Le « *Simulator Sickness Questionnaire* » (SSQ, traduit de Kennedy, R.S. et al., 1993) est utilisé afin d'évaluer les désagréments rencontrés lors de l'exploration, c'est-à-dire, le sentiment de cybermalaise. Celui-ci est composé de 16 items sous forme d'une échelle de Lickert. Les symptômes proposés vont de « pas du tout » (0) à « sévèrement » (3). Un score élevé à ce questionnaire met en évidence une forte présence de symptômes désagréables de nausées ou au niveau oculo-moteur.

Le « *ITC-Sense of Presence Inventory* » (ITC-SOPI; Independent Television Commission, 2000 ; traduction libre du Laboratoire de Cyberpsychologie de l'UQO, 2006) a pour objectif d'évaluer l'impression de réalisme ou le sentiment d'immersion dans la réalité virtuelle. Ce questionnaire comporte 44 items pour lesquels il est demandé aux patients de donner leur accord sur une échelle de Lickert allant de « fortement en désaccord » (1) à « fortement en accord » (5). Un score élevé à celui-ci témoigne un sentiment d'immersion positif par rapport à l'expérience en réalité virtuelle.

Le « *Questionnaire d'auto-évaluation de la mémoire* » (QAM ; Van der Linden, Wyns, Coyette, Frenckell, & Seron, 1989) permet d'obtenir des données sur la vision que le patient se fait de sa mémoire. Ce questionnaire comporte 10 rubriques correspondant à des problèmes mnésiques que les sujets sont susceptibles de rencontrer dans leur quotidien. Les patients sont invités à juger la fréquence d'apparition de ces difficultés sur une échelle de Lickert allant de « jamais » (0) à « toujours » (5). Un score élevé à ce questionnaire signifie une auto-évaluation négative concernant sa propre mémoire.

3. Procédure et cotation

Les participants ont pris part à 2 séances (figure 6) : la première (environ 40 minutes) consistait en une brève anamnèse afin de récolter les quelques informations importantes sur les sujets (ex : date de naissance, niveau scolaire, niveau professionnel, antécédents psychologiques ou neurologiques, etc. Voir annexe A), ainsi que la passation de la tâche en réalité virtuelle. La deuxième séance (environ 1h30 – 2h) était séparée de la première de minimum 48 heures et de maximum six jours. Cette dernière commençait par le rappel différé de la tâche en réalité virtuelle, ensuite les sujets devaient réaliser une série de tests classiques neuropsychologiques évaluant leur fonctionnement cognitif (CVLT, TMT, Stroop, et Brown-Peterson).

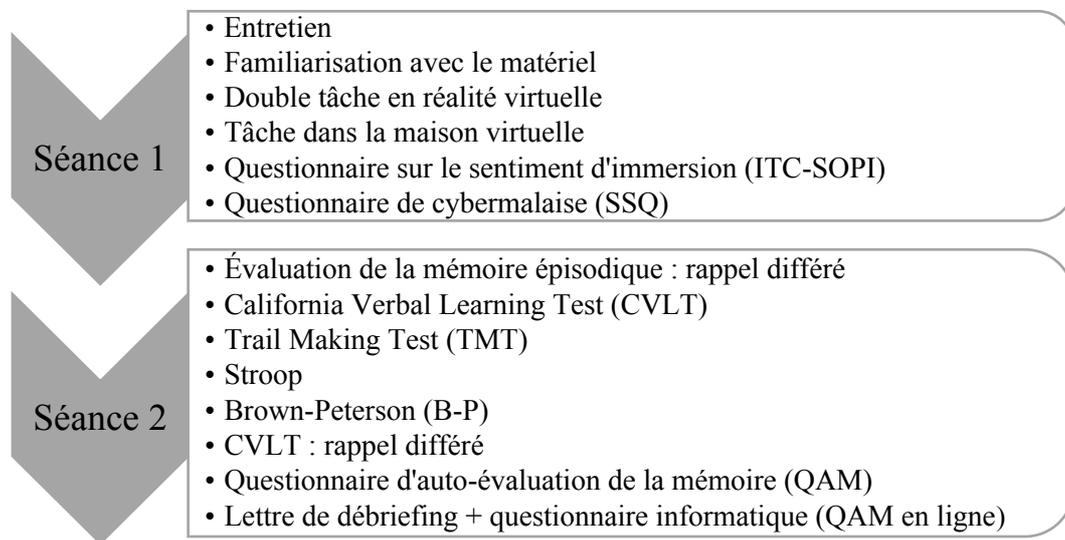


Figure 6. Déroulement des séances.

3.1. La première séance

Dans cette première séance, les participants ne seront pas directement informés de l'objectif réel de l'étude afin de réaliser un apprentissage implicite. Étant donné que nous souhaitons évaluer la mémoire dans des conditions proches de la vie quotidienne, c'est-à-dire sans que les participants sachent à l'avance que leurs souvenirs seront questionnés, il est nécessaire de masquer ou d'éluder certaines informations de prime abord. Après avoir récolté les informations personnelles des participants, nous leur avons donc fourni le faux objectif concernant notre étude, qui est : mesurer le sentiment d'immersion dans une tâche de réalité virtuelle.

3.1.1. Familiarisation avec le matériel

Tout d'abord, chaque participant a bénéficié d'une familiarisation d'une durée approximative de dix minutes, avec le matériel virtuel. Celle-ci est composée de deux étapes différentes. Premièrement, les sujets sont amenés dans une salle d'entraînement virtuelle, où un avatar leur apprend l'ensemble des fonctionnalités des trois boutons situés sur la manette. Il y a un gros bouton carré, un petit bouton rond et ce que l'on appelle un « joystick » que l'on peut pousser vers le haut, le bas, la gauche ou la droite. Ce matériel permet aux individus de réaliser trois actions différentes dans l'environnement virtuel : marcher, regarder et prendre ou interagir avec un objet. Ensuite, lors de la deuxième étape de familiarisation, les participants vont dans la maison virtuelle qui fera l'objet de l'évaluation de la mémoire épisodique par la suite, afin de s'entraîner à prendre un objet et à le déposer dans un espace précis.

3.1.2. Épreuve de double tâche dans l'environnement virtuel

Après que les participants se soient bien familiarisés avec le matériel, nous réalisons une épreuve classique de mémoire des chiffres (voir ci-dessus), afin de connaître l'empan des sujets en ordre direct. Après avoir réalisé cette tâche, les individus sont pour la dernière fois emmenés dans une salle virtuelle afin de réaliser une épreuve de double tâche. En effet, l'utilisation de la réalité virtuelle implique des capacités exécutives telles que la planification et la double tâche. Cette étape nous permet donc de vérifier que ces compétences sont accessibles pour nos participants. L'épreuve de double tâche en réalité virtuelle consiste à demander aux sujets de placer des balles dans un cercle, tout en répétant une série de chiffres correspondants à leur empan préalablement testé, moins un.

3.1.3. Tâche en réalité virtuelle

Par la suite, les sujets sont immergés dans la maison virtuelle avec pour consignes de suivre les indications d'un avatar ainsi que de verbaliser toutes leurs pensées et émotions lors de la passation.

Dans le scénario, les sujets sont invités à réaliser une série d'actions afin d'aider l'avatar, celles-ci sont au nombre de 14 (figure 7). La réalisation de cette tâche dure environ 10 minutes.

Actions		"What"
1	Rencontre	Rencontre avec l'avatar
2	Déplacement dans la maison	Déplacement dans la maison
3	Être dans le jardin	Arriver dans le jardin
4	Téléphone	Téléphoner à la pizzeria
5	Four	Enfourner la pizza
6	Chien	Sortir le chien
7	Chien	Besoin du chien
8	Croquette	Nourrir le chien
9	Thermostat	Éteindre le thermostat
10	Livreur	Ouvrir au livreur
11	Courrier	Relever le courrier
12	Courrier	Déposer le courrier
13	Sèche-linge	Démarrer le sèche-linge
14	Fin	Quitter le scénario

Figure 7. Les différentes actions de la tâche virtuelle avec le « What » associé.

L'objectif de cette épreuve est de leur faire vivre une expérience en réalité virtuelle, sans qu'ils aient conscience qu'ils seront évalués sur ces éléments par la suite. Nous notons sur notre grille d'évaluation (cf. annexe B), tout ce que les participants verbalisent lorsqu'ils naviguent dans la maison virtuelle ainsi que les éventuels événements imprévus (objets qui tombent, incompréhension du sujet, déplacements inattendus, etc.). De plus, durant l'ensemble du scénario, l'écran d'ordinateur sur lequel le programme est lancé, ainsi que les dires du sujet, seront enregistrés. Ces données nous permettront plus tard, de vérifier les déplacements, les verbalisations et les éventuels événements imprévus rencontrés par chaque participant.

Ordre	Éléments	WHAT	DETAILS			WHERE ALLO	WHERE EGO	WHEN	CONSÉQUENCES	PENSÉES / ÉMOTIONS (DETAILS INTERNES)	SOUVENIR	POINT DE VUE
			CAUSE	DÉTAILS PERCEPTIFS CENTRAUX	DÉTAILS PERCEPTIFS PÉRIPHÉRIQUES							
1	Rencontre	<input type="checkbox"/> Rencontre de l'avatar	<input type="checkbox"/> Sonner à la porte	<input type="checkbox"/> Avatar <input type="checkbox"/> vêtement s: jeans, ceinture, polo tricolore (noir, gris blanc) <input type="checkbox"/> couleur de peau (bronzé) <input type="checkbox"/> Cheveux foncé <input type="checkbox"/> Voix grave	<input type="checkbox"/> Carrelage bleu dans le hall <input type="checkbox"/> Mur brun clair	<input type="checkbox"/> Avatar <input type="checkbox"/> Nom : Alexandre <input type="checkbox"/> Avatar demande de l'aide (de le seconder) <input type="checkbox"/> Douleur <input type="checkbox"/> entorse <input type="checkbox"/> poignet <input type="checkbox"/> match de basket <input type="checkbox"/> samedi aprem <input type="checkbox"/> Rien de grave	<input type="checkbox"/> Avatar dans le hall	<input type="checkbox"/> Avatar est face à moi <input type="checkbox"/> Je suis devant la porte d'entrée	<input type="checkbox"/> Prémisse de l'histoire	<input type="checkbox"/> Je suis l'avatar (dans le jardin)	Verbalisé lors de la navigation Vivacité / 10 Autres ?	<input type="checkbox"/> A <input type="checkbox"/> O
Observations :												
Cotation											Total =	

Figure 8. Exemple grille d'évaluation pour la première action.

3.1.4. Questionnaires

Lorsque la passation de la tâche en réalité virtuelle est terminée, nous demandons aux participants de répondre à deux questionnaires afin de terminer la première séance. Le premier questionnaire est le « Sense of Presence Inventory » (voir ci-dessus), qui est administré afin de mesurer le sentiment d'immersion et le degré de réalisme ressenti par les sujets durant leur expérience en réalité virtuelle. Ce questionnaire nous donne des informations concernant le sentiment de présence, les effets négatifs rencontrés, l'engagement personnel investi dans l'exploration de l'environnement virtuel ainsi que l'effet naturel du scénario. Ainsi, nous souhaitons mettre en évidence des scores élevés concernant l'efficacité et l'impression de réalisme avec la réalité virtuelle. De plus, nous voulons voir si un meilleur sentiment d'immersion favorise une meilleure performance en mémoire. Deuxièmement, le questionnaire sur le cybermalaise, le « Simulator Sickness Questionnaire » (voir ci-dessus), est remis aux participants dans le but d'évaluer les potentiels effets désagréables expérimentés lors de l'utilisation de la réalité virtuelle (symptômes de nausées ou au niveau oculo-moteur). Grâce à ce questionnaire, nous espérons identifier s'il existe ou non d'éventuelles limites liées à l'utilisation de cet appareil.

3.2. La deuxième séance

3.2.1. *Voyage mental*

Lors de la deuxième séance, nous avons demandé aux sujets de fermer les yeux et de parcourir mentalement l'histoire qu'ils ont vécue lors de la première séance en réalité virtuelle. L'objectif était donc qu'ils se souviennent du chemin qu'ils ont parcouru dans la maison en repensant à un maximum d'éléments possible : toutes les actions réalisées, les détails visuels et sonores, les détails verbaux, quand ils ont réalisé cette action, où celle-ci a eu lieu, etc. Lors de cette étape, il n'est pas demandé aux participants de verbaliser ce dont ils se souviennent. Cependant, le voyage mental était chronométré afin d'obtenir des mesures concernant la relation entre la durée du voyage mental et la durée réelle de l'événement. Grâce à cette mesure, nous pourrions répondre à notre question concernant la reviviscence mentale.

3.2.2. Évaluation de la mémoire épisodique en rappel différé

Le but de cette évaluation est de demander aux participants de se souvenir des actions qu'ils ont réalisées lors de la première séance. Ils doivent, comme pour l'étape précédente, rappeler un maximum de détails. Notons que les participants ne sont toujours pas au courant de l'objectif réel de notre étude.

Dans un premier temps, nous procédons à un rappel libre, nous laissons donc les sujets raconter l'histoire qu'ils ont vécue en réalité virtuelle, sans leur donner d'indices. Cependant, afin de les aider à intégrer l'ensemble des éléments contextuels dans leur récit, nous leur fournissons un exemple (voir annexe C), qu'ils peuvent garder sous les yeux durant toute la durée du rappel libre. Sur notre grille de cotation (cf. annexe B), on retrouve dix colonnes, qui font référence au contexte d'apprentissage des événements : le « what », la cause, les détails perceptifs centraux, les détails perceptifs périphériques, le « where » allocentrique, le « where » égocentrique, le « when », la conséquence et les pensées et émotions associées. En utilisant le contexte dans lequel le souvenir apparaît, nous sommes plus proches du fonctionnement quotidien de la mémoire. Lors de la narration des participants, nous notons sur cette grille l'ordre des éléments rappelés, les intrusions, les erreurs, nous surlignons en vert toutes les informations qui sont correctement énoncées et nous chronométrons le temps de rappel.

Dans un deuxième temps, lorsque les individus ont fini de rappeler librement les différents événements dont ils se souviennent, nous procédons à un rappel indicé. L'objectif de cette étape est de poser des questions structurées afin d'obtenir les informations non-rappelées ultérieurement. Si le « what » n'a pas été récupéré au préalable, on commence par indiquer les sujets en leur donnant des informations en lien avec le « when » (par exemple : « *Pouvez-vous me dire ce qui est arrivé quand vous avez sonné à la porte ?* »). Seules les actions correctement récupérées feront l'objet d'une analyse structurée par la suite. Deuxièmement, en respectant l'ordre dans lequel les actions ont été exprimées par les participants lors du rappel libre, on interroge les éléments manquants de celles-ci (par exemple, pour les détails perceptifs centraux de la première action : « *Vous m'avez parlé de la rencontre avec l'avatar, pouvez-vous me donner plus de détails visuels ou sonores ?* »). A posteriori, pour chaque « what » correctement rappelé, nous demandons aux participants de juger la vivacité de leur souvenir sur une échelle de 0 à 10 et de donner le point de vue qu'ils ont lorsqu'ils se remémorent la scène

(observateur ou acteur). Comme pour le rappel libre, nous notons sur la grille de cotation : les intrusions et les erreurs. Nous chronométrons et surlignons les informations convenablement rappelées en rouge. Ainsi, la différence de couleur nous permet de différencier les deux rappels.

La notation de la mémoire épisodique à encodage implicite dans notre tâche de réalité virtuelle est basée sur une liste d'éléments que les sujets doivent mentionner afin d'obtenir un score de « binding ». Pour chaque participant, nous réaliserons deux types de cotation. Premièrement, la cotation dite « présence de détails » où nous attribuons un point pour toutes les catégories qui possèdent au moins une information (aucun point si rien n'a été récupéré). Pour cette cotation, nous obtenons un score total de « binding » d'une valeur maximum de 140 points, puisque les participants ont tous vécu le même scénario, composé de 14 actions (chacune d'entre-elles vaut dix points). Ensuite, dans la deuxième cotation dite « nombre de détails », tous les détails de chaque action récupérée valent un point. Pour cette dernière, nous avons jugé qu'il y avait environ 240 détails possibles à récupérer. Cependant, il se peut que les participants amènent de nouvelles informations correctes qui ne sont pas présentes dans notre grille de cotation. Celles-ci seront également comptabilisées dans leur score total.

3.2.3. Évaluations neuropsychologiques classiques

Par la suite, quelques tâches classiques couramment utilisées en neuropsychologie sont administrées aux participants.

Premièrement, le CVLT (cf. ci-dessus), qui est utilisé pour évaluer la mémoire épisodique. Ce test nous permet en comparant les résultats obtenus à l'épreuve virtuelle de vérifier notre hypothèse sur la validité.

Ensuite, avant de procéder au rappel différé du CVLT, nous administrons différentes tâches mesurant les fonctions attentionnelles et exécutives, à savoir le « Trail Making Test » (voir ci-dessus), le « Stroop », (voir ci-dessus) et le Brown-Peterson (voir ci-dessus). Celles-ci nous apportent des données sur les capacités de flexibilité, d'inhibition, de vitesse de traitement de l'information, de mise à jour et de gestion de double tâche. Ces épreuves nous informent également sur l'implication des fonctions attentionnelles et exécutives dans les tâches de mémoire. Comme précisé précédemment, la tâche en réalité virtuelle nécessite une intervention

importante des fonctions attentionnelles et exécutives comparativement aux tâches classiques « papier-crayon ». C'est pourquoi, afin de vérifier que ces capacités n'interfèrent pas sur les performances des sujets, tous les participants ont été familiarisés avec le matériel et ont réalisé une épreuve de double tâche dans un environnement virtuel.

3.2.4. Questionnaire

Pour terminer, nous remettons aux participants le « questionnaire d'auto-évaluation de la mémoire » (cf. ci-dessus). Grâce à cet outil, nous avons la possibilité d'avoir des informations sur la vision que les sujets ont de leur mémoire au quotidien. Nous souhaitons mettre en évidence une bonne corrélation entre les réponses des individus à ce questionnaire et leurs scores dans la tâche en réalité virtuelle, afin de répondre à notre hypothèse sur la validité écologique. De plus, il serait idéal de démontrer un meilleur lien par rapport à celui entre l'auto-évaluation et la tâche classique de mémoire.

3.2.5. Clôture de la séance

Afin de clôturer la dernière séance, tous les participants reçoivent un débriefing à propos de l'objectif réel de l'étude, qui est d'évaluer la mémoire épisodique. Après qu'ils aient correctement été informés des raisons de notre travail, nous leur remettons un nouveau consentement qu'ils peuvent accepter ou non de signer afin de nous permettre d'utiliser les données récoltées lors des deux séances.

Nous avons également conçu un questionnaire en ligne sur base des dix rubriques du « Questionnaire d'auto-évaluation de la mémoire ». Grâce à cet outil, nous espérons obtenir des informations sur les difficultés mnésiques que les sujets peuvent rencontrer dans leur quotidien. Ces informations sont récoltées après les séances, afin d'éviter un biais de jugement. En effet, avec ce biais, les réponses des sujets peuvent éventuellement être influencées par leurs performances perçues lors des épreuves mnésiques réalisées au préalable. Nous permettons aux sujets de choisir le support de questionnaire qui leur convient le mieux : soit au moyen d'une application nommée « Piel Survey » ©, soit au moyen d'un questionnaire en ligne. Tous les jours pendant six jours, nous avons demandé aux participants de répondre au questionnaire en ligne et de nous transférer leurs données par la suite.

Résultats préliminaires

Dans cette partie, nous tenterons, par le biais de différentes analyses, de répondre à nos hypothèses de départ. Pour rappel, nous vérifierons que notre évaluation en réalité virtuelle possède une bonne validité écologique et que celle-ci est en lien avec l'épreuve classique de mémoire épisodique (CVLT). De plus, nous analyserons le lien entre le sentiment de reviviscence et les performances des individus.

Comme expliqué précédemment, nous avons été contraints d'annuler nos testings au vu de la crise sanitaire COVID-19. Notre échantillon a substantiellement diminué. Dès lors, nous avons décidé d'abandonner la conception d'une étude de groupe pour réaliser une étude de cas sur nos quatre participants et de présenter des résultats préliminaires. Il est essentiel de garder à l'esprit que les résultats qui seront présentés dans ce travail n'ont pas été réalisés au moyen d'analyses statistiques, et que nous les avons davantage développés de manière qualitative. En effet, nous ne vérifierons pas la significativité des liens qui existent entre les résultats, et nous procéderons uniquement à des observations hypothétiques. Il est donc nécessaire de rester prudent face à ces différentes analyses.

Pour commencer, nous dresserons le profil de performance des sujets à partir de leurs notes standards aux différentes épreuves cognitives. Pour ce faire, nous réaliserons une analyse de chaque profil cognitif en nous référant aux normes des différents tests, et nous développerons les profils mnésiques des participants en tenant compte des performances de l'échantillon. Pour finir, nous détaillerons les différents résultats obtenus à notre épreuve de réalité virtuelle.

1. Analyse des profils de performance

Comme expliqué dans la méthodologie de cette étude, l'ensemble des participants ont réalisé, en plus de l'épreuve en réalité virtuelle, quatre tâches classiques de neuropsychologie. Pour rappel, il s'agissait du CVLT évaluant les capacités de mémoire épisodique verbale ainsi que du Stroop, du TMT et du Brown-Peterson mesurant les fonctions exécutives et attentionnelles. En nous référant aux normes de ces épreuves, nous avons donc dressé les différents profils cognitifs des sujets (tableau 2).

Tableau 2. *Profils cognitifs des quatre sujets*

Mémoire épisodique verbale

		Sujet 1	Sujet 2	Sujet 3	Sujet 4
CVLT	R1	Z= -1,3	Z= -0,67	Z= 2,31	Z= -0,17
	R5	P25-50	>P50	>P50	>P50
	RL immédiat	Z= -0,68	>P50	Z= 1,37	>P50
	RL différé	Z= -1,11	>P50	Z= 1,09	>P50
	Intrusions	P5-25	>P50	>P50	>P50

Fonctions exécutives

		Sujet 1	Sujet 2	Sujet 3	Sujet 4
Stroop	Dénomination	Z= 0,7	Z= 1,2	Z= 0,3	Z= 0
	Lecture	Z= 0,5	Z= 0,33	Z= -0,67	Z= -0,83
	Interférence	Z= 0,96	Z= 0,27	Z= -0,48	Z= 0,5
TMT	A	Z= 1,5	Z= -0,05	Z= 1,48	Z= 1,57
	B	Z= 1,02	Z= -0,02	Z= 1,09	Z= 1,44
Brown-Peterson	0'	Z= 0,4	Z= 0,19	Z= 0,4	Z= 0,19
	5'	Z= 0,31	Z= 0,51	Z= 0,31	Z= -0,17
	10'	Z= 0,6	Z= 0,13	Z= 0,19	Z= 0,63
	20'	Z= 0,91	Z= -1,7	Z= 0,66	Z= 0,66

Dans cette partie, nous avons également analysé les différents profils mnésiques des participants (figure 9). Pour chaque épreuve de mémoire, les notes standards ont été calculées au moyen de la moyenne et de l'écart-type de l'échantillon. En effet, pour notre tâche virtuelle il n'y a, à l'heure actuelle, aucune norme existante. Il était donc judicieux de respecter le même mode de fonctionnement afin de pouvoir, par la suite, réaliser une comparaison équitable entre les sujets (les données personnelles n'ont pas été prises en compte).

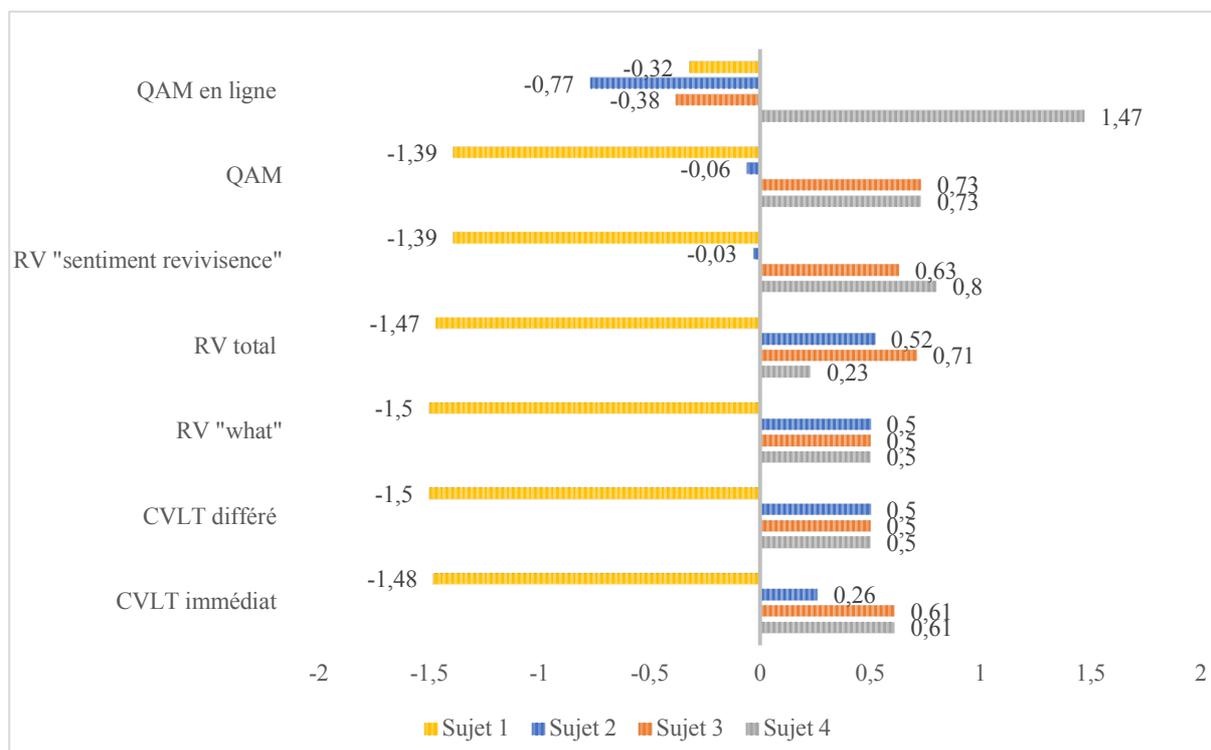


Figure 9. Profils mnésiques des sujets.

1.1. Sujet 1

1.1.1. Profil cognitif global

La mémoire épisodique verbale :

L'acquisition de nouvelles informations verbales en mémoire épisodique ne montre pas de signe de perturbation. La phase d'encodage est préservée, le sujet rappelle 5 mots au premier essai ($Z = -1,3$) et réussi à récupérer 12 mots au dernier essai (P25-50). Sur l'ensemble des 5 rappels, le sujet a récupéré 52 mots ($Z = -0,55$), ce qui est dans les normes. La phase de récupération est également préservée. Lors de la récupération immédiate, le sujet rappelle librement 10 mots ($Z = -0,68$). Après un délai de 20 minutes, le sujet récupère encore librement 10 mots ($Z = -1,11$), ce qui laisse suggérer que la phase de stockage est elle aussi intacte. Cependant, tout au long de la tâche, on remarque de nombreuses intrusions (10 ; P5-25).

Les fonctions exécutives :

Dans l'ensemble, nous pouvons observer que les fonctions exécutives de ce sujet sont préservées. Pour les trois épreuves, aucune erreur n'a été commise. La vitesse de traitement, la capacité de double tâche, la capacité d'alternance et la gestion d'interférence sont donc intacts.

1.1.2. Profil mnésique

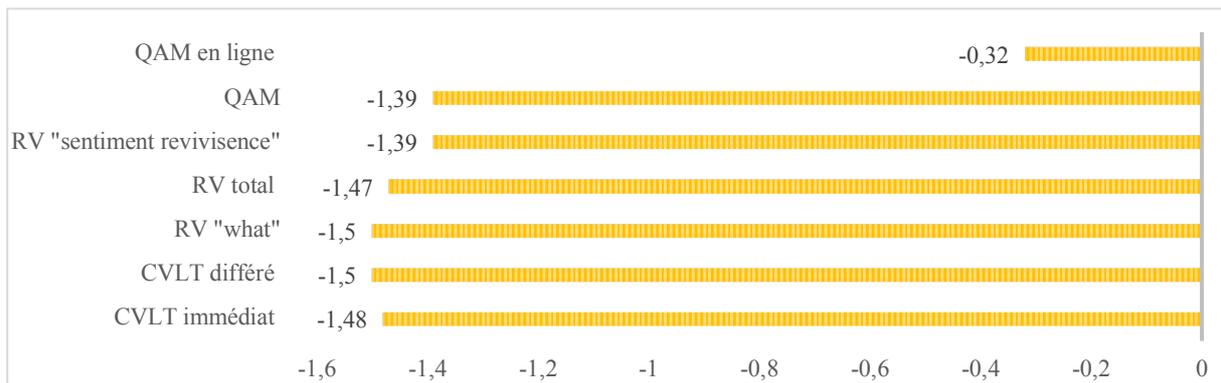


Figure 10. Profil mnésique du premier sujet.

Premièrement, ce qui est intéressant dans ce tableau, c'est que l'on observe une concordance entre la performance totale en réalité virtuelle et la performance aux deux rappels du CVLT. On peut d'ailleurs remarquer que les notes standards de la catégorie « What » et du rappel différé du CVLT sont identiques ($Z = -1,5$). Nous verrons, par la suite, que cette observation est présente dans chacun des profils mnésiques.

Ensuite, le sujet 1 a un sentiment de reviviscence qui est assez faible ($Z = -1,39$). En effet, avec une moyenne de 4,5 sur une échelle de 10, on peut dire que la vivacité de ses souvenirs n'est pas optimale. Ce score peut hypothétiquement expliquer la présence de moins bons résultats en réalité virtuelle, puisque, pour rappel, le sentiment de reviviscence est corrélé positivement avec la consolidation du souvenir (Klein, 2016). De plus, on remarque également une concordance entre le score au sentiment de reviviscence et le score au QAM classique.

Pour finir, il est étonnant de remarquer qu'il n'y a pas de cohérence entre les notes standards des deux QAM. Lorsqu'on analyse les scores totaux moyens de ce sujet aux questionnaires, on retrouve des discordances. En effet, pour ce qui est du QAM en ligne, le premier sujet a rapporté 4 plaintes sur 5 jours ($Z = -0,32$). Ce score est plutôt élevé, car on peut estimer que cette personne a 80% de chance (0,8) d'éprouver une difficulté de mémoire lors d'une journée. Ce score semble être plus cohérent avec les résultats qu'obtient le sujet 1 en réalité virtuelle. Néanmoins, concernant le QAM classique, le premier sujet évoque plus souvent avoir « très rarement » (1) ou « parfois » (2) des difficultés de mémoire dans son quotidien ($Z = -1,39$). Selon les résultats de ce dernier questionnaire, ce sujet ne semble pas éprouver beaucoup de difficultés de mémoire

quotidiennes, alors que c'était le cas pour le questionnaire en ligne. Afin de mieux comprendre cette différence, les plaintes énoncées seront détaillées plus en profondeur dans la partie sur l'analyse de la tâche virtuelle.

1.2. Sujet 2

1.2.1. *Profil cognitif global*

La mémoire épisodique verbale :

L'acquisition de nouvelles informations verbales en mémoire épisodique ne montre pas de signe de perturbation. Comme pour le premier sujet, les trois étapes à la création de souvenirs épisodiques sont préservées. Cette personne récupère 7 mots au premier essai ($Z = -0,67$) et réussit à récupérer l'ensemble des 16 mots dès le troisième rappel ($>P50$). En rappel libre immédiat le sujet réussit à rappeler 15 mots ($>P50$), ce qui se situe dans les normes, et pour finir, après un délai de 20 minutes, le sujet récupère l'ensemble des 16 mots ($>P50$).

Les fonctions exécutives :

Pour la condition de rappel après 20 secondes d'interférence au test de Brown-Peterson, le sujet 2 obtient une note standard en dessous du seuil de normalité ($Z = -1,77$). Néanmoins, le reste des performances à cette épreuve et la gestion d'interférence à l'épreuve Stroop sont dans les normes. Il est donc probable que ce score déficitaire soit le reflet d'un manque d'investissement attentionnel lors de la réalisation de cette tâche. Globalement, on peut voir que les fonctions exécutives sont préservées.

1.2.2. *Profil mnésique*

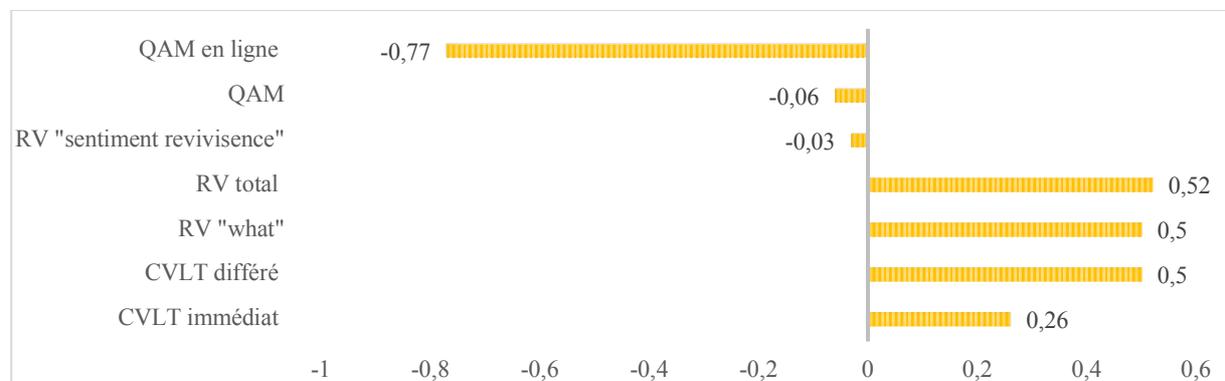


Figure 11. Profil mnésique du deuxième sujet.

Comme annoncé précédemment, on voit sur ce graphique que les notes standards de la catégorie « What » et du rappel différé du CVLT sont totalement identiques ($Z= 0,5$), comme c'était le cas pour le sujet 1. De plus, on retrouve également un lien hypothétique entre la performance totale en réalité virtuelle et la performance au rappel différé du CVLT. Cette observation suggère que ces deux tâches pourraient potentiellement avoir la même validité discriminante.

Le sujet 2 a, en moyenne, exprimé avoir une vivacité de 6,4 sur une échelle de 10 points, aux différentes actions de la tâche virtuelle. Le sentiment de reviviscence exprimé par ce sujet semble être en lien avec ses performances à l'épreuve de réalité virtuelle. Par ailleurs, le score de vivacité des souvenirs de cette personne ($Z= -0,03$) est cohérent avec les plaintes de mémoire énoncées au QAM classique ($Z= -0,06$).

Comme pour le premier sujet, on voit que les scores aux deux questionnaires d'auto-évaluation de la mémoire sont très différents. Au QAM en ligne, le sujet n'a répondu que pendant 3 jours au questionnaire mais il a énoncé 3 plaintes, c'est-à-dire, une plainte par jour en moyenne ($Z= -0,77$). Ce score est très élevé et ne semble pas correspondre aux performances du sujet aux épreuves de mémoire. Cependant, au QAM classique, le sujet 2 a, en moyenne, jugé ses difficultés de mémoire comme apparaissant « très rarement » (1) ($Z= -0,06$). Cette deuxième auto-évaluation semble donc être celle, qui est la plus cohérente avec ses performances mnésiques.

1.3. Sujet 3

1.3.1. *Profil cognitif global*

La mémoire épisodique verbale :

L'acquisition de nouvelles informations verbales en mémoire épisodique ne montre pas de signe de perturbation. La phase d'encodage est préservée, le sujet rappelle déjà 12 mots au premier essai, ce qui le situe dans les normes supérieures ($Z= 2,31$), et réussit à récupérer les 16 mots au troisième rappel ($>P50$). Sur l'ensemble des 5 rappels, le sujet a donc récupéré 75 mots ($Z= 1,82$), ce qui le situe dans les normes. La phase de récupération est également préservée. Lors du rappel immédiat, le sujet rappelle librement les 16 mots ($Z= 1,37$) et réussit à nouveau à les récupérer après un délai de 20 minutes ($Z = 1,09$). Cette performance nous indique donc que la phase de stockage est elle aussi intacte.

Les fonctions exécutives :

Les fonctions exécutives de ce sujet sont préservées, puisqu'aucune performance n'est déficitaire. La vitesse de traitement, la capacité de double tâche, la capacité d'alternance et la gestion d'interférence sont donc intactes. Le sujet 3 n'a commis aucune erreur lors de la réalisation de ces trois tâches.

1.3.2. Profil mnésique

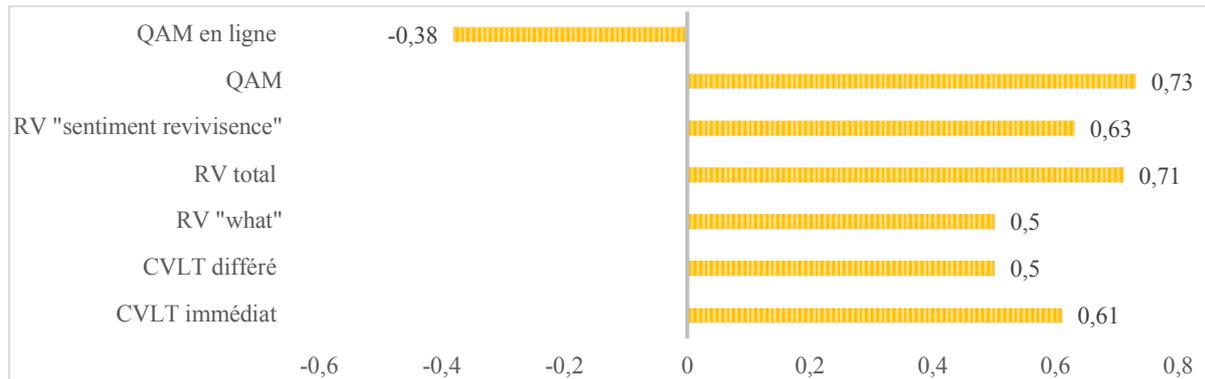


Figure 12. Profil mnésique du troisième sujet.

Pour commencer, on voit que les résultats de la performance totale en réalité virtuelle et de la performance au CVLT sont toujours cohérents chez ce sujet. De plus, les notes standard de la catégorie « What » et du rappel différé du CVLT sont bien identiques ($Z=0,5$) comme pour les sujets précédents.

En ce qui concerne la note standard du sentiment de reviviscence de ce sujet ($Z=0,63$), elle semble concorder avec les résultats qu'il obtient en réalité virtuelle ($Z=0,71$). Le troisième sujet énonce en moyenne avoir une vivacité de 7,3 sur une échelle de 10 points. On peut donc dire que la vivacité des souvenirs est plutôt forte, et qu'elle peut hypothétiquement être en lien avec les bonnes performances obtenues à l'épreuve de rappel en réalité virtuelle. De plus, le score du sentiment de reviviscence correspond bien à l'auto-évaluation que la personne se fait de ses difficultés de mémoire au QAM classique.

Pour finir, les deux questionnaires d'auto-évaluation de la mémoire démontrent, encore une fois, des scores très différents. La sévérité des difficultés énoncées au QAM classique (0,97/5 ; $Z=0,73$), semble plus concorder avec les performances mnésiques du sujet, en comparaison à

celles qui ont été énoncées dans le QAM en ligne ($Z = -0,38$). En effet, pour ce dernier questionnaire, le sujet 3 a répondu les 6 jours et a déclaré avoir rencontré 5 difficultés de mémoire durant cette période. Ce résultat suggère donc que cette personne a 80% (0,8) de chance d'éprouver une difficulté de mémoire dans son quotidien.

1.4. Sujet 4

1.4.1. *Profil cognitif global*

La mémoire épisodique verbale :

L'acquisition de nouvelles informations verbales en mémoire épisodique ne montre pas de signe de perturbation. La phase d'encodage est préservée, le quatrième sujet rappelle 8 mots au premier essai ($Z = -0,17$), et récupère les 16 mots à partir du troisième essai ($>P50$). Les phases de récupération et de stockage sont également préservées, puisque, lors de la récupération libre immédiate, le sujet rappelle tous les mots ($>P50$) et il réussit à nouveau à les rappeler après un délai de 20 minutes ($>P50$).

Les fonctions exécutives :

Comme pour les sujets précédents, on peut voir que l'ensemble des fonctions exécutives de ce sujet sont intactes. Pour les trois épreuves, aucune erreur n'a été commise. On peut donc dire que la vitesse de traitement, la capacité de double tâche, la capacité d'alternance et la gestion d'interférence sont préservées.

1.4.2. *Profil mnésique*

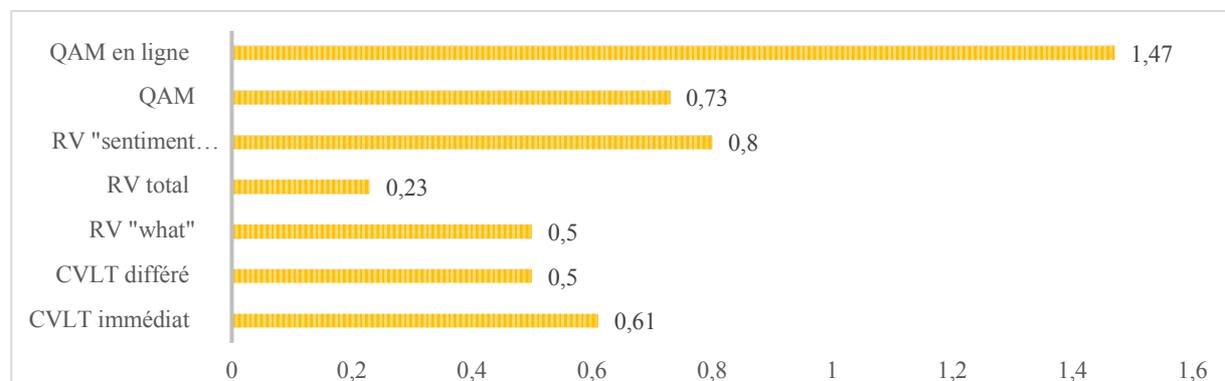


Figure 13. Profil mnésique du quatrième sujet.

Comme pour l'ensemble des autres participants, les performances de ce sujet à l'épreuve virtuelle concordent avec celles que l'on retrouve dans le CVLT. On peut d'ailleurs remarquer que les notes standards de la catégorie « What » et du rappel différé du CVLT sont identiques ($Z=0,5$).

Ensuite, le quatrième sujet a un sentiment de reviviscence qui est assez élevé ($Z=0,63$), avec une vivacité moyenne de 7,5 sur une échelle de 10 points. Ce score est cohérent avec la note standard du rappel total en réalité virtuelle qui est plutôt bonne ($Z=0,23$). De plus, le sentiment de reviviscence concorde avec le score obtenu au QAM classique et au QAM en ligne.

Pour finir, c'est la première fois que l'on ne trouve pas d'écart entre les deux questionnaires d'auto-évaluation de la mémoire. En effet, le quatrième sujet rapporte ne pas éprouver de difficultés de mémoire, et ce de la même manière dans les deux questionnaires. Au QAM classique, cette personne évoque plus souvent avoir « très rarement » (1), voire « jamais » (0), des difficultés de mémoire dans son quotidien ($Z=0,73$). Par ailleurs, au QAM en ligne, le sujet 4 n'a rapporté aucune plainte durant les 6 jours ($Z=1,47$). Ces résultats sont en concordance avec les bonnes performances aux épreuves de mémoire que l'on peut observer chez ce sujet.

1.5. Conclusion des résultats

Afin d'explorer notre hypothèse de validité, malgré que nous n'ayons que quatre sujets sains, nous avons vérifié s'il y avait un lien entre les performances des sujets à l'épreuve classique de mémoire (CVLT) et leurs performances en réalité virtuelle. Comme nous venons de le mentionner dans l'ensemble des profils mnésiques, ces deux épreuves ont mis en lumière des performances assez similaires. On peut donc supposer que ces deux tâches sont en lien et qu'elles permettent de mettre en avant les mêmes profils mnésiques. Afin de visualiser cette concordance, nous avons réalisé un classement des sujets en fonction de leurs performances en réalité virtuelle (figure 14) et au CVLT (figure 15).

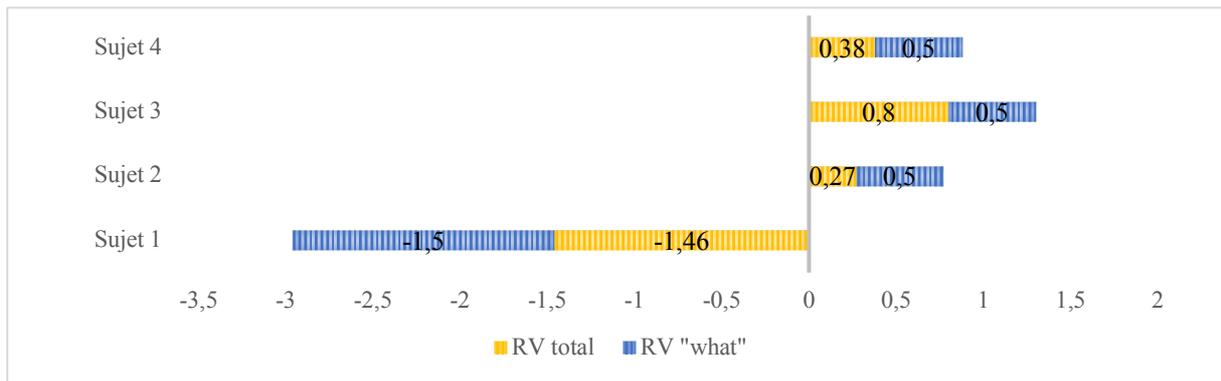


Figure 14. Classement des sujets en réalité virtuelle.

En ce qui concerne le classement en réalité virtuelle, on remarque que le sujet 1 semble être le moins performant et qu'il se différencie vraiment du reste de l'échantillon. Ensuite, les sujets 2 et 4 ont des scores qui sont presque identiques, et le sujet 3 possède les meilleures performances de l'échantillon, mais celui-ci se différencie peu des sujets 2 et 4.

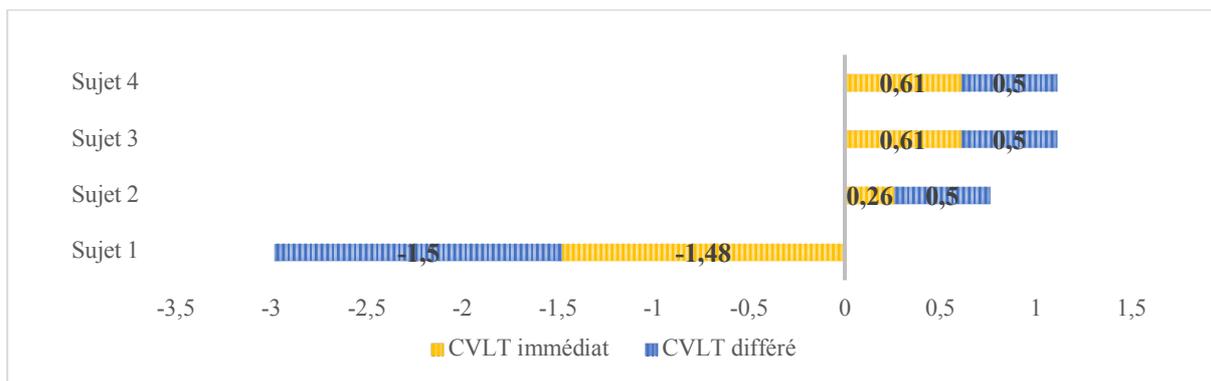


Figure 15. Classement des sujets au CVLT.

Au CVLT, le classement est presque similaire à celui observé auparavant en réalité virtuelle. En effet, les sujets 1 et 2 conservent leur classement, et les deux autres sujets sont à égalité. Ces deux graphiques nous permettent de constater que le classement des sujets de l'échantillon se maintient d'une tâche à l'autre.

2. Analyse globale de la tâche virtuelle

Après avoir décrit les profils de performances de nos sujets sains, nous allons réaliser dans cette deuxième partie, une analyse plus détaillée des différentes performances en réalité virtuelle pour l'ensemble de notre échantillon. Tout au long de la présentation de ces résultats, nous essaierons également de faire une analyse critique de notre tâche.

2.1. Les actions

Premièrement, nous avons réalisé une analyse des différentes actions. Pour rappel, la tâche virtuelle était composée de 14 actions (figure 7). Au sein de chacune d'entre elles, nous avons calculé les scores minimums, maximums, et moyens (figure 16 et 17).

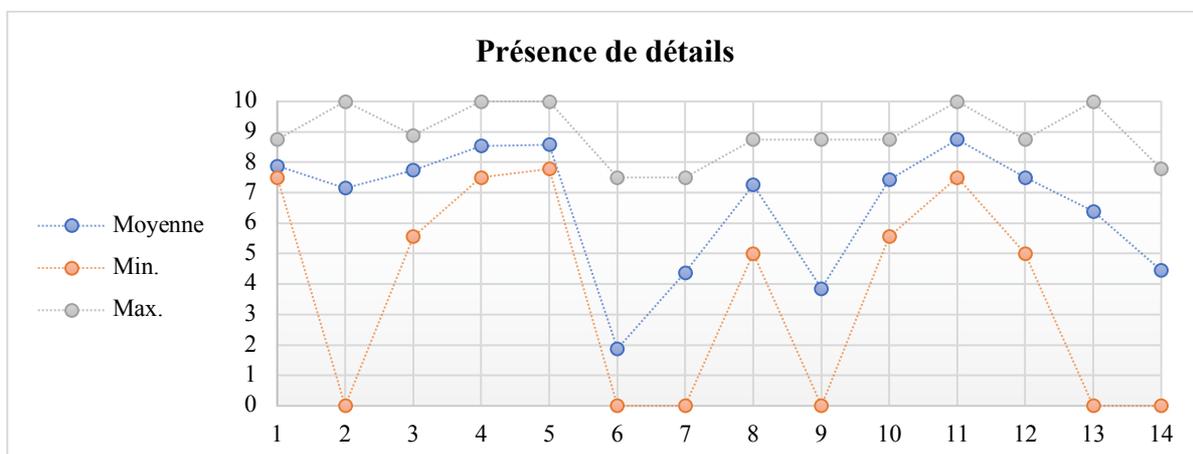


Figure 16. Scores totaux minimums, maximums et moyens action par action pour la cotation « présence de détails ».

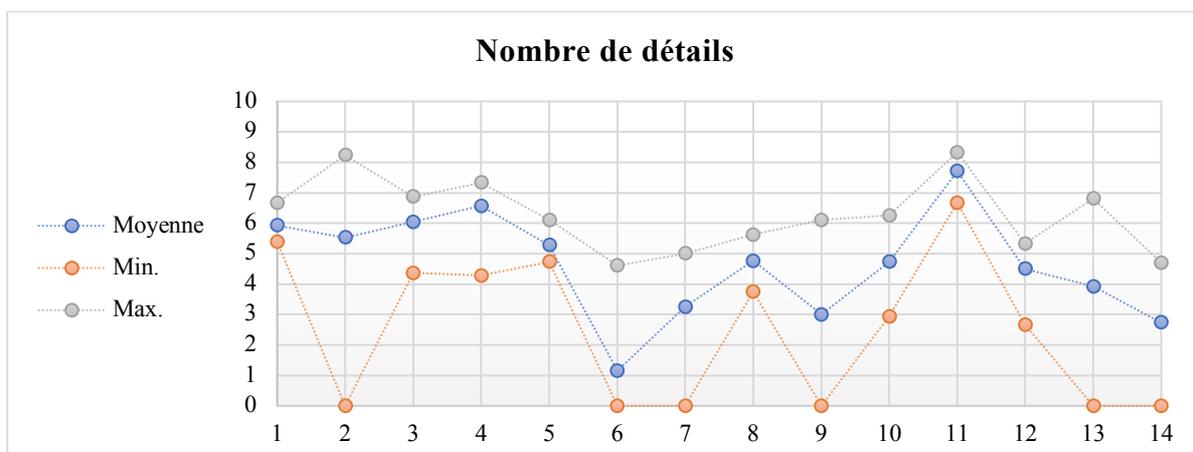


Figure 17. Scores totaux minimums, maximums et moyens action par action pour la cotation « nombre de détails ».

Tout d'abord, ce graphique nous permet de voir qu'au sein des actions, il y a des scores qui sont très différents. Certaines ont beaucoup de scores élevés (plafonds) alors que d'autres ont plus de scores faibles (planchers). Les scores planchers ou plafonds nous donnent des informations sur la sensibilité de chaque action.

2.1.1. Les scores planchers

Pour l'action N°6 (sortir le chien), le minimum et la moyenne sont très proches. On voit qu'en moyenne les sujets ne dépassent pas le score 2. Il y a donc beaucoup de scores planchers pour cette action, ce qui laisse sous-entendre que la récupération de cet épisode est difficile. On peut également faire la même constatation pour l'action N°9 (thermostat), même si les scores semblent être plus partagés.

Néanmoins, pour en revenir à l'action N°6, il faut savoir qu'elle est fortement liée avec l'action N°7 (besoin du chien). En effet, l'avatar demande au sujet de sortir le chien, mais au moment où le sujet va se déplacer pour aller ouvrir la porte vitrée, le chien va uriner dans la cuisine. Au moment de la réalisation de la grille de cotation (cf. annexe B), nous avons décidé de segmenter cet événement en deux actions distinctes. Cependant, ce que l'on a pu remarquer, c'est que la majorité des sujets ont eu des difficultés pour segmenter ces actions. Beaucoup ont directement parlé du besoin du chien, sans aborder la demande de l'avatar de sortir celui-ci. Dès lors, ce problème de segmentation peut expliquer les nombreux scores faibles à l'action N°6.

2.1.2. Les scores plafonds

Quand on regarde les scores maximums des graphiques ci-dessus (figure 14), on peut voir qu'ils sont plutôt bien dispersés sur l'ensemble des actions. L'action N°2 (déplacement dans la maison) ainsi que la N°11 (relevé le courrier) possèdent un maximum élevé pour les deux types de cotation. Celles-ci sont donc très facilement rapportées par les sujets avec un nombre important de détails.

2.1.3. Le sentiment de reviviscence

Le sentiment de reviviscence (vivacité des souvenirs) des sujets a également été mesuré lors de la phase de récupération de la tâche en réalité virtuelle. Nous avons donc regroupé les estimations moyennes des sujets pour chaque action.

Tableau 3. *Sentiment de reviviscence des sujets pour chaque action*

	ACTIONS													
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Moyennes	5,25	6	6,5	6,25	6,25	1,75	5,5	6	3,75	6,75	7,5	6,25	5,75	5
Écart-types	1,26	4,32	1	2,22	0,96	3,50	3,70	1,63	4,35	1,26	1,29	2,36	3,86	3,46

On observe que certaines actions provoquent un sentiment de reviviscence plus important que d'autres. Par exemple, pour l'action N°10 ou la N°5, les sujets jugent tous la vivacité de leurs souvenirs entre 6 et 7 sur une échelle de 10 points. De plus, si on compare les résultats ci-dessus avec ceux présentés précédemment dans la figure 16, on remarque qu'au plus les scores moyens des actions augmentent, au plus le sentiment de reviviscence moyen de l'échantillon sera élevé.

2.2. Les catégories

Nous avons également réalisé une analyse des scores moyens des différentes catégories qui constituent le contexte de l'événement (tableau 4).

Tableau 4. *Scores moyens et écart-types pour chaque catégorie de la tâche et ce pour les deux types de cotation*

	Présence de détails							
	1	2	3	4	5	6	7	8
	/14	/14	/14	/14	/13	/14	/14	/14
Moyennes	11,75	10	10,5	4,5	9,25	10	8,5	9,75
Écart-types	2,50	3,16	2,38	0,58	3,59	2,16	1,91	3,30

	Nombre de détails							
	1	2	3	4	5	6	7	8
	/14	/14	/39	/45	/36	/34	/31	/14
Moyennes	11,75	10	18,75	6,5	13,75	18,5	11	9,5
Écart-types	2,5	3,16	4,72	1,73	5,74	5	2,94	3,11

1= What ; 2= Cause/ Conséquence ; 3= Détails perceptifs centraux ; 4= Détails perceptifs périphériques ; 5= Détails verbaux ; 6= Where allocentrique ; 7= Where égocentrique ; 8= When

Dans le tableau ci-dessus, on peut remarquer que toutes les catégories ont des scores moyens assez élevés. Seule la catégorie des « détails perceptifs périphériques » possède une très faible moyenne et un petit écart-type quelle que soit la cotation employée. On peut donc se demander s'il est utile de questionner les sujets sur ces informations. Puisque, les détails perceptifs centraux sont bien récupérés, on pourrait se contenter de ces informations.

Nous n'avons pas repris la catégorie des « détails internes » dans le tableau précédent, car d'une part, cela dépendait des énonciations des sujets et d'autre part, nous souhaitions pouvoir observer quelles actions avaient créé le plus de pensées et d'émotions. Il nous semblait intéressant d'examiner en profondeur cette catégorie innovante et permettant à notre tâche virtuelle de se rapprocher davantage des modèles et des théories actuels de la mémoire épisodique. Nous avons donc regroupé pour chaque action l'ensemble des détails verbaux énoncés par les sujets lors de la navigation, ainsi que le nombre de détails internes qui ont été récupérés par la suite (tableau 5).

Tableau 5. *Nombre de détails internes totaux par action*

	ACTIONS													
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Nombre de détails internes énoncés	1	4	3	3	2	2	3	1	1	2	0	0	2	3
Nombre de détails internes récupérés	0	1	0	1	1	0	2	0	0	0	-	-	1	3

Pour commencer, on voit qu'il y a certaines actions qui ont déclenché plus de pensées et d'émotions que d'autres. Pour ce qui est de l'action N°2 par exemple, tous les sujets ont énoncé avoir ressenti quelque chose. Néanmoins, on observe que certaines actions, comme la N°11 et la N°12, n'ont rien évoqué aux participants.

Il est également intéressant de regarder le nombre de détails internes récupérés. En effet, même si les sujets se sont prononcés concernant leurs pensées et émotions lors de l'expérience virtuelle, il faut encore vérifier que ces sujets s'en rappellent par la suite. Par exemple, pour l'action N°2 où l'ensemble des sujets avaient verbalisé une pensée ou une émotion, seul un sujet l'a rappelée lors du rappel de l'événement. À l'exception de l'action N°14, on peut

globalement remarquer que, même si beaucoup de détails internes sont formulés lors de la navigation, ceux-ci sont très peu énoncés par la suite, lors du rappel de l'événement.

2.3. La familiarisation avec la tâche

Comme expliqué précédemment dans la méthodologie de notre étude, avant de plonger les participants dans la tâche en réalité virtuelle, il était essentiel de les familiariser avec le matériel. Lors de cette étape, certains sujets étaient plus habiles que d'autres pour manipuler la manette (figure 3). Les sujets 2 et 4 ont eu beaucoup plus de facilités que les sujets 1 et 3. Ceci peut s'expliquer au vu des niveaux différents d'expérience informatique (tableau 1). En effet, les sujets 1 et 3 ont une expérience informatique et une fréquence d'utilisation plus faibles par rapport aux deux autres sujets.

Par ailleurs, ces difficultés de manipulation du matériel pourraient avoir impacté les performances des participants à l'épreuve en réalité virtuelle. Pour ce qui est du sujet 3, ses performances ne semblent pas avoir été impactées, mais pour le sujet 1, ses difficultés d'utilisation du matériel pourraient éventuellement expliquer ses moins bonnes performances. Néanmoins, même si lors de la familiarisation le sujet 1 a éprouvé des petites difficultés, nous n'avons remarqué aucune particularité lors de l'épreuve, et celui-ci semblait même s'être plutôt bien accommodé avec le matériel.

De plus, durant cette phase, nous avons également vérifié que les capacités de double tâche de nos participants étaient suffisamment bonnes pour qu'ils puissent participer à l'épreuve. En effet, en réalité virtuelle, les sujets sont invités à utiliser une télécommande électronique tout en réalisant les demandes de l'avatar virtuel. La navigation exige donc que les fonctions exécutives soient préservées. L'ensemble de notre échantillon a réalisé cette double tâche en réalité virtuelle sans difficulté. Cette observation est en lien avec ce que nous avons pu observer dans les différents profils cognitifs des sujets, à savoir que leurs fonctions exécutives étaient intactes.

Lors de la création de cette épreuve de double tâche, nous n'avions pas déterminé de score seuil au préalable. Maintenant que nous avons récolté quelques données, nous pouvons déterminer un score seuil raisonnable en nous référant à la plus mauvaise performance de notre échantillon.

Le nombre maximum d'erreurs était de 4 sur 10 séries de chiffres donnés en double tâche. Le sujet qui a réalisé le plus d'erreurs est également celui qui avait les moins bonnes performances en réalité virtuelle (sujet 1). Nous pouvons donc fixer un score seuil raisonnable de 4 erreurs sur 10 séries de chiffres. Néanmoins, ce score est sûrement un peu trop laxiste pour des sujets sains.

2.4. Les questionnaires

2.4.1. *Les questionnaires d'auto-évaluation de la mémoire (QAM)*

Afin de répondre à notre hypothèse de validité écologique, nous allons faire une analyse des plaintes et des difficultés quotidiennes de mémoire énoncées par les sujets dans les deux questionnaires d'auto-évaluation de la mémoire (tableau 6 et 7). Par la suite, nous ferons également un lien entre ces plaintes et leurs performances aux épreuves de mémoire afin de vérifier notre hypothèse de validité écologique.

Tableau 6. *Jugements des sujets pour chaque catégorie du QAM classique*

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
S1	1,5	1,75	2	2	2	2,25	0,5	1,6	1,17
S2	2,33	1,75	1,86	0,14	0	1,75	0,33	1,8	1
S3	1,33	1	1,71	0,28	1	1,25	0,17	1	1
S4	0,83	0,75	1,71	0,42	1,5	1,25	0,5	0,8	1
Moyennes	1,50	1,31	1,82	0,71	1,13	1,63	0,38	1,30	1,04

1 = Conversations ; 2 = Films et livres ; 3 = Distractions ; 4 = Personnes ; 5 = Mode d'utilisation d'objet ; 6= Événements d'actualités et connaissances générales ; 7 = Lieux ; 8 = Actions à effectuer ; 9 = Faits de la vie personnelle

Pour le QAM classique, on note que les moyennes des différentes catégories ne sont pas très élevées. Néanmoins, pour l'ensemble des sujets, les problèmes de distractions semblent être ceux qui sont le plus couramment rencontrés dans leur quotidien avec une moyenne de 1,82/5. Ensuite, on retrouve également les difficultés en lien avec les événements d'actualités et les connaissances générales (1,63/5), et avec les conversations (1,5/5), qui sont plus souvent mentionnées.

Tableau 7. Nombre de plaintes énoncées par les sujets par catégories au QAM en ligne

	1	2	3	4	5	6	7	8	Nbr. plaintes / jours
S1	1	0	1	0	0	0	2	0	4/5 = 0,8
S2	1	1	0	0	0	0	0	1	3/3 = 1
S3	0	0	2	2	0	0	1	0	5/6 = 0,8
S4	0	0	0	0	0	0	0	0	0/6 = 0
Moyennes	0,5	0,25	0,75	0,5	0	0	0,8	0,25	

1 = Conversations ; 2 = Films et livres ; 3 = Distractions ; 4 = Personnes ; 5 = Événements d'actualités et connaissances générales ; 6 = Lieux ; 7 = Actions à effectuer ; 8 = Faits de la vie personnelle

Pour réaliser notre QAM en ligne, nous nous sommes référés aux différentes catégories du QAM classique. Seule la catégorie « Mode d'utilisation d'objet » n'a pas été reprise. Dans notre échantillon, les distractions semblent, encore une fois, être un problème plus régulièrement rencontré. Pour ce questionnaire, les difficultés faisant référence à une action à réaliser sont également plus souvent mentionnées.

Comme nous l'avons déjà énoncé précédemment dans les profils mnésiques des sujets, on remarque que les performances moyennes au QAM classique ne correspondent pas à celles énoncées au QAM en ligne (à l'exception du sujet 4). En effet, pour le QAM classique, les sujets estiment qu'ils n'éprouvent en moyenne que très rarement des difficultés de mémoire, alors qu'au QAM en ligne, si on se fie au nombre de plaintes par jour, on en voit beaucoup plus.

Par ailleurs, lorsque l'on compare les plaintes de mémoire quotidiennes avec les performances aux deux tests de mémoire (figure 5), on voit qu'il y a une concordance entre les scores au QAM classique et les performances mnésiques, mais qu'il n'y en a pas entre les scores au QAM en ligne et les performances aux épreuves de mémoire. Les auto-évaluations du QAM classique semblent donc être celles, qui sont le plus en cohérence avec les performances mnésiques des sujets.

2.4.2. ITC-SOPI

Afin d'évaluer le sentiment d'immersion des sujets dans la tâche en réalité virtuelle, nous leur avons soumis le questionnaire « ITC-SOPI ». Nous avons donc regroupé pour chaque dimension les estimations moyennes des participants (tableau 8).

Tableau 8. *Le sentiment d'immersion dans la réalité virtuelle*

	Présence	Engagement	Naturel	Effets négatifs
S1	3,75	3,77	3,8	2
S2	2,7	3	3,2	1
S3	4,3	4,15	3,8	2
S4	3,8	3,54	4	1,5
Moyennes	3,64	3,62	3,70	1,63

Tout d'abord, les dimensions de « présence spatiale », d'« engagement » et de « naturel » ont des scores presque similaires, ce qui ne semble pas si étonnant puisque d'après les auteurs de ce questionnaire, ces dimensions sont fortement corrélées.

Les items de la première dimension « présence spatiale », font référence au sentiment de présence physique dans l'environnement virtuel, ainsi qu'à l'interaction que le sujet entreprend avec l'environnement et le contrôle qu'il a l'impression d'avoir sur celui-ci. Les items de la deuxième dimension « engagement » correspondent à une impression de se sentir psychologiquement impliqué dans l'environnement virtuel et au fait de profiter pleinement du contenu virtuel. Enfin, les items de la troisième dimension « naturel » indiquent une aptitude à percevoir l'environnement comme étant réaliste et réel. Dans notre échantillon, les scores moyens pour ces facteurs se situent tous entre des affirmations neutres ou plutôt en accord. Plus le score est élevé pour ces trois dimensions et plus le sentiment de présence est élevé.

Pour finir, les items de la quatrième dimension « effets négatifs » sont caractérisés par des affirmations décrivant des réactions physiologiques défavorables. Pour ce facteur, à l'inverse des trois autres, plus le score est élevé, plus le sujet évoque s'être senti incommodé durant l'immersion virtuelle. L'ensemble des sujets de notre étude est plutôt en désaccord avec ces affirmations.

2.4.3. SSQ

Afin d'explorer notre question subsidiaire concernant les cybermalaises, nous avons regroupé les scores moyens des deux dimensions du questionnaire « SSQ » (tableau 9).

Tableau 9. Sensations de cybermalaise après l'expérience virtuelle

	Nausée	Oculo-moteur
S1	0	0
S2	0	0
S3	0,11	0,57
S4	0	0
Moyennes	0,0275	0,1425

Pour rappel, ce questionnaire possède deux dimensions de symptômes (nausée et oculomoteur). Pour l'ensemble de notre échantillon, on observe des scores très faibles quelle que soit la dimension de ce questionnaire. Ces faibles scores sont cohérents avec ce que l'on a vu précédemment dans la quatrième dimension (effets négatifs) du « ITC-SOPI ». Ces résultats témoignent donc que les participants n'ont pas rencontré de symptômes désagréables lors de leur navigation virtuelle. Si un sujet avait mentionné avoir ressenti des symptômes désagréables, cela aurait potentiellement impacté ses performances en réalité virtuelle.

S'il avait été possible de réaliser cette tâche sur des patients et sur un échantillon plus large, nous aurions également été en mesure de déterminer si notre tâche virtuelle générerait beaucoup ou peu de sensations de cybermalaise. Actuellement, aucun sujet n'a évoqué en avoir rencontré.

2.5. La reviviscence mentale

Pour finir, nous nous sommes également intéressés à la durée du voyage mental dans le temps. Pour rappel, avant que les sujets ne procèdent au rappel de la tâche virtuelle, nous leur avons demandé de revivre mentalement l'ensemble de leur expérience. La durée de la navigation en réalité virtuelle ainsi que la durée du voyage mental ont été regroupées afin de pouvoir calculer la compression temporelle (tableau 10).

Tableau 10. *La compression temporelle*

	S1	S2	S3	S4	Moyennes	Écart-types
Navigation (sec.)	604	568	665	563	600	47,02
Voyage (sec.)	64	38	121	23	61,5	43,13
Ratio	9,44	14,95	5,50	24,48	13,59	8,23

Notre mesure de compression temporelle de l'événement a été mesurée en faisant le rapport entre la durée réelle de navigation sur la durée du voyage mental. En moyenne, on peut voir que les sujets rejouent l'événement 13 fois plus rapidement que l'expérience virtuelle.

Discussion

L'objectif de cette étude est d'utiliser les avantages de la réalité virtuelle afin d'évaluer la mémoire épisodique de manière écologique. Pour se faire, nous avons élaboré une épreuve en réalité virtuelle afin de permettre aux participants de vivre une expérience multi-sensorielle, comparable à ce qu'ils peuvent rencontrer dans leur quotidien. Cette tâche, nous l'avons créée en accord avec les théories et modèles actuels définissant la mémoire épisodique.

Lors de la première séance, les participants ont tout d'abord été familiarisés avec le matériel. Ensuite, ils ont été immergés dans une maison virtuelle dans laquelle ils devaient réaliser différentes actions en suivant les instructions d'un avatar. Pour rappel, lors de cette session, nous avons procédé à un apprentissage implicite, c'est-à-dire que les participants n'étaient en aucun cas informés que leurs souvenirs seraient questionnés par la suite. Durant la deuxième séance, nous avons réalisé le rappel différé de l'expérience virtuelle, puis nous leur avons administré des épreuves classiques de neuropsychologie évaluant la mémoire épisodique ainsi que les fonctions exécutives.

Initialement, notre échantillon devait être composé de 30 sujets sains, ainsi que de 30 patients ayant une plainte cognitive. Dû à la crise sanitaire COVID-19 survenue lors de la réalisation de ce travail, nous avons été contraints d'annuler le recrutement de participants en cours. Pour ce travail, nous nous sommes donc limités à l'analyse des performances des quatre sujets sains ayant pris part à l'étude avant que le confinement ne soit de rigueur.

1. Discussion des résultats préliminaires obtenus

Dans cette partie, nous reviendrons sur les résultats préliminaires généraux obtenus, en les mettant en lien avec les hypothèses et objectifs de cette étude, et en les interprétant en regard de la littérature actuelle. Pour finir, dans la section suivante, nous aborderons également les limites et les forces de cette étude en élaborant des perspectives futures.

Avant de débiter cette discussion, nous aimerions encore une fois rappeler aux lecteurs de garder à l'esprit que les données récoltées pour ce travail ne concernent que quatre sujets sains et que par conséquent, elles ne sont pas représentatives de la population générale. De plus, nous attirons votre attention sur le fait qu'il est nécessaire d'être vigilant lors de l'interprétation de nos résultats préliminaires. En effet, il n'a pas été possible de réaliser des analyses statistiques fiables et nous n'avons donc élaborer que des observations hypothétiques.

1.1. Hypothèse 1 : validité écologique

Notre première hypothèse a été construite dans la lignée de nombreuses études, dont celles de Plancher et al. (2012 ; 2013), Ouellet et al. (2018) et Corriveau Lecavalier et al. (2018). Cette hypothèse consiste à déterminer la validité écologique de notre tâche en réalité virtuelle via des liens avec les plaintes des sujets concernant leur mémoire. Le but de cette hypothèse est donc de montrer que les épreuves virtuelles concordent mieux avec la vision que les sujets ont de leur mémoire quotidienne, par rapport aux épreuves classiques de mémoire épisodique. D'après certains auteurs, cette technique est valide à partir du moment où les questionnaires d'auto-évaluation de la mémoire se concentrent sur des activités de mémoire qui sont spécifiques à la vie quotidienne des patients (Juillerat Van der Linden, 2003).

Tout d'abord, nous n'avons pas été en mesure de prouver statistiquement que la réalité virtuelle concordait plus avec les plaintes des patients par rapport au CVLT. En effet, au vu de la crise sanitaire COVID-19, nous n'avons pas été en mesure de réaliser des corrélations pour vérifier ces liens. Si cette opération avait été possible, nous aurions pu vérifier que nos résultats soient en accord avec ceux de l'étude de Chaytor & Schmitter-Edgecombe (2003), où ces auteurs ont mis en évidence que les tests classiques de mémoire possédaient une validité écologique modérée par rapport aux tâches virtuelles. Dans cette discussion, nous nous concentrerons donc

uniquement sur la cohérence des plaintes mnésiques de nos quatre sujets avec leurs performances en réalité virtuelle.

Les résultats préliminaires de cette étude suggèrent que les plaintes mnésiques récoltées au moyen du QAM classique, étaient cohérentes avec les performances des sujets en réalité virtuelle. Le lien hypothétique entre les difficultés de mémoire énoncées au QAM classique et les performances des sujets en réalité virtuelle rejoint les résultats de certaines études de la littérature. En effet, Plancher et al. (2012) démontrent que les performances de leurs participants à l'épreuve de mémoire épisodique en réalité virtuelle corrèlent avec leurs réponses aux questionnaires d'auto-évaluation de la mémoire. Tout comme ces auteurs, nous avons observé que moins les sujets évoquaient de plaintes de mémoire, plus leurs performances en réalité virtuelle avaient tendance à être élevées.

Notons que dans cette discussion, nous n'avons pas abordé le lien entre les performances au QAM en ligne et celles de la tâche virtuelle. Dans les résultats préliminaires, nous avons montré qu'il y avait un décalage entre les plaintes aux deux QAM. En effet, la sévérité des difficultés au QAM en ligne était plus importante par rapport au QAM classique. Étant donné que nos participants ont tous été performants à l'épreuve de mémoire épisodique en réalité virtuelle, et que l'acquisition de nouvelles informations verbales semble préservée chez ces individus, nous pensons que les réponses des sujets au QAM en ligne ne concordent pas avec leurs performances quotidiennes réelles. Nous parlerons des raisons de cette différence de résultats dans les limites méthodologiques de cette étude.

1.2. Hypothèse 2 : validité de la tâche

En lien avec les études de Matheis et al. (2007), et de Parsons et Rizzo (2008), notre deuxième hypothèse consiste à vérifier la validité de notre tâche virtuelle. Pour se faire, nous avons réalisé des comparaisons entre les performances des participants à la tâche classique de mémoire épisodique (c'est-à-dire, dans notre cas, le CVLT), et les performances à l'épreuve en réalité virtuelle visant à évaluer ce même système de mémoire.

Dans les résultats préliminaires, nous avons pu voir que les performances des quatre participants avaient tendance à être similaires d'une tâche à l'autre. En effet, le classement des

performances des sujets est presque identique aux deux épreuves. Ces résultats semblent être en lien avec ce que l'on retrouve dans la littérature et notamment dans l'étude de Parsons et Rizzo (2008), où ces auteurs ont mis en avant des corrélations positives entre une tâche traditionnelle de mémoire de mots et les performances mnésiques dans une tâche de réalité virtuelle. Au vu de nos résultats, nous pensons hypothétiquement que notre tâche virtuelle et le CVLT sont en mesure de mettre en avant les mêmes profils de performances.

Initialement, dans cette étude nous devions recruter des patients ayant des plaintes cognitives. Si cela avait été possible, nous aurions été en mesure de vérifier la validité discriminante de notre tâche virtuelle. Dans la littérature, Negut et al. (2016), tout comme Matheis et al. (2007) ont réalisé des études dans lesquelles ils démontrent que la réalité virtuelle est sensible à la détection d'un fonctionnement cognitif déficitaire. Nous pensons donc que notre épreuve en réalité virtuelle serait capable, tout comme le CVLT, d'identifier les patients parmi les sujets contrôles. Cette hypothèse pourrait être vérifiée dans le cadre d'une éventuelle réplique future de cette étude.

1.3. Hypothèse 3 : sentiment de reviviscence

Nous avons établi notre troisième hypothèse dans la lignée de l'étude de Klein (2016), en voulant démontrer que le sentiment de reviviscence est positivement corrélé avec la quantité de détails obtenus à la tâche en réalité virtuelle. Même si cette hypothèse n'a pas été vérifiée au moyen d'analyses statistiques, nous avons néanmoins pu observer qu'au plus le score moyen aux différentes actions augmentait, au plus les sujets jugeaient la vivacité de leurs souvenirs comme étant forte. Ces résultats sont donc en lien avec ceux de Klein (2016), quand il suggère que plus le sentiment de reviviscence est élevé, plus la consolidation en mémoire est forte. Par ailleurs, Nash et al. (2000) avaient également décrit dans leur étude qu'au plus les individus évoquent avoir eu un sentiment de présence élevé en réalité virtuelle, au plus leurs performances en mémoire épisodique étaient impactées positivement. Hypothétiquement, et au vu de nos résultats, on peut penser que la vivacité des souvenirs de nos quatre participants concorde avec la qualité de leur trace mnésique en mémoire.

De plus, dans cette dernière hypothèse, nous avons supposé qu'il existerait un lien entre le sentiment de reviviscence et les plaintes énoncées par les sujets. Dans les résultats, nous avons

constaté que les sujets évoquant le moins de difficultés de mémoire au QAM classique, étaient également ceux qui estimaient la vivacité de leurs souvenirs comme étant plus forte. Dans la littérature, nous n'avons trouvé aucune étude ayant vérifié ce lien, c'est pourquoi nous pensons qu'il serait intéressant, dans le cadre d'une éventuelle réplique future de cette étude, de vérifier la significativité de cette relation afin d'enrichir la recherche scientifique à ce sujet.

1.4. Questions subsidiaires

1.4.1. *Les cybermalaises*

Nous nous étions questionnés concernant l'effet des sensations de cybermalaise sur les performances des sujets. En effet, le cybermalaise est l'inconvénient principal de la réalité virtuelle. De nombreux auteurs ont démontré que les individus qui expérimentent des sensations de cybermalaises en réalité virtuelle ont des performances significativement plus faibles par rapport à ceux qui n'en ont pas éprouvées (Smith, 2019).

Au moyen du questionnaire « SSQ », nous avons pu mettre en évidence que notre tâche virtuelle n'a provoqué aucun symptôme de cybermalaise chez nos quatre participants. Ce résultat ne semble pas si étonnant, puisque nous avons choisi d'utiliser un dispositif virtuel qui soit « non immersif » dans le but de contrôler ce risque. Nous voulions éviter d'obtenir des résultats similaires à ceux présentés dans le mémoire de Remacle Amandine (2019). En effet, dans cette étude, la mémorante a été contrainte d'abandonner l'évaluation de ses patients atteints de sclérose en plaques car ceux-ci ont mal supporté l'expérience virtuelle. Originellement, nous devions, nous aussi, évaluer des patients ayant une plainte cognitive. Si cela avait été réalisable, nous aurions pu vérifier que notre tâche virtuelle, qui est moins immersive, provoque nettement moins de sensations de cybermalaise en comparaison à des dispositifs plus immersifs, tel que celui présenté dans le travail de Remacle Amandine (2019).

1.4.2. La reviviscence mentale

Pour finir, dans la lignée des études de Jeunehomme et al. (2018), nous nous sommes également intéressés à la durée de reviviscence mentale des souvenirs. Dans les résultats, on peut voir que les sujets revivent mentalement l'événement virtuel en moyenne 13 fois plus rapidement par rapport à l'expérience virtuelle originelle. Nous pouvons considérer que ces résultats sont proches de ceux que l'on retrouve dans l'étude de Jeunehomme et al. (2018), où leurs sujets revivaient mentalement l'expérience 8 fois plus vite. Cette cohérence apporte des informations supplémentaires quant à la compression temporelle des souvenirs épisodiques.

2. Les limites et forces méthodologiques et les perspectives futures

2.1. Les limites

Échantillon :

Tout d'abord, l'une des critiques la plus importante de ce travail concerne la taille de l'échantillon qui est considérée comme étant très réduite. En effet, avec seulement quatre sujets sains, nous pouvons supposer que nos résultats ne sont pas représentatifs des performances de la population générale. Il aurait donc été plus intéressant d'administrer ce protocole sur un échantillon plus important afin de pouvoir réaliser une étude de cas multiples. Néanmoins, au vu de la crise sanitaire rencontrée lors de la réalisation de ce travail, il n'a pas été possible d'obtenir un plus grand échantillon. Initialement, nous devions recruter 60 participants afin d'obtenir une puissance de test raisonnable. Il serait donc intéressant de reproduire cette étude sur un échantillon plus large incluant des patients ayant une plainte cognitive.

La tâche virtuelle :

Nous avons créé un protocole à suivre afin d'utiliser cette nouvelle batterie de tests. Nous avons pu constater certaines limites techniques ainsi que de manipulation à notre dispositif en réalité virtuelle. Premièrement, comme nous avons pu le voir précédemment dans les résultats, il serait intéressant d'apporter des modifications aux quelques actions qui se sont révélées être trop ou trop peu sensibles (scores plafonds ou planchers). Par exemple, les actions N°6 et N°7 qui n'étaient pas correctement segmentées par la majorité des participants. Néanmoins, il est nécessaire d'être vigilants dans l'analyse de ces scores planchers et plafonds, puisque la tâche virtuelle n'a été administrée qu'à des sujets en bonne santé, qui possèdent donc de bonnes performances. Il serait intéressant de comparer ces résultats avec ceux de patients ayant une plainte cognitive pour voir si on observe une cohérence.

La durée du rappel différé est également une des limites de notre tâche. En effet, l'ensemble du rappel différé (rappel libre et rappel indicé) de la tâche en réalité virtuelle durait généralement 20 à 30 minutes. Nous avons pu remarquer que cette étape était particulièrement éprouvante pour nos sujets sains, et nous savons qu'un effet de fatigue peut impacter les performances des sujets. Dans le cadre d'une éventuelle réplification future de cette étude sur des patients ayant une plainte cognitive, il serait judicieux d'alléger le rappel différé. Pour se faire, on pourrait envisager de moins questionner les détails perceptifs périphériques lors du rappel indicé,

puisque ceux-ci semblent être plus superficiels pour nos sujets. En effet, dans les résultats nous avons observé que ces détails étaient très peu rappelés par les participants.

Pour finir avec les limites de la tâche virtuelle, il est important de souligner que la cotation de cette épreuve est très laborieuse. Afin de récolter le plus d'informations possible concernant les performances des participants, nous avons décidé de réaliser deux notations différentes (présence de détails et nombre de détails). On peut donc se questionner quant à la meilleure façon de corriger cette tâche. D'une cotation à une autre, on observe que les performances des sujets ne sont pas similaires. Par exemple, le sujet 4 obtient une bonne performance pour la cotation « présence de détails » puisqu'il donne au moins un détail par catégorie. Par contre, en ce qui concerne la deuxième cotation « nombre de détails », ses performances sont plus faibles, puisqu'au sein de chaque catégorie il ne fournit que très peu de détails. On retrouve des résultats opposés pour le deuxième sujet, puisque celui-ci donne de nombreux détails, mais ne s'exprime pas sur toutes les catégories du contexte. La notation « nombre de détails » semble donc être mieux à même de discriminer la richesse des souvenirs des sujets.

Le QAM en ligne :

Contrairement au QAM classique, nous avons mis en évidence que les réponses évoquées au QAM en ligne ne semblent pas concorder avec les performances quotidiennes réelles de nos participants. Face à cette discordance, nous nous sommes donc questionnés quant à l'utilité de notre QAM en ligne. Nous pensons qu'il aurait été plus intéressant de questionner l'impact des difficultés rencontrées sur la réalisation des activités quotidiennes, ainsi que la fréquence d'apparition générale de celles-ci. De cette manière, nous aurions pu mieux interpréter les plaintes des sujets. De plus, on retrouve davantage de problèmes de distractions avec ce type d'affirmations : « J'ai oublié où j'avais posé mon parapluie », « J'ai oublié ce que j'allais faire dans cette pièce », etc. Dans notre vie de tous les jours, ces difficultés sont régulièrement rencontrées. En effet, il nous est sûrement tous déjà arrivé d'éprouver des problèmes de mémoire, de type distraction, sans que ceux-ci ne soient pour autant handicapants ou réguliers dans notre quotidien. Par ailleurs, il se peut également que le format de questionnaire en ligne ait incité les sujets à évoquer plus de plaintes de mémoire.

2.2. Les forces

Il est tout de même important de souligner l'originalité de notre évaluation en réalité virtuelle, car même s'il en existe de nombreuses actuellement, les auteurs n'ont pas toujours réussi à utiliser tout leur potentiel. Nous nous sommes donc efforcés de créer une tâche qui intègre toutes les composantes de la mémoire épisodique. Notre épreuve permet d'obtenir des informations qui, à notre connaissance, ne sont pas toujours mesurées dans les études qui évaluent la mémoire épisodique au moyen de la réalité virtuelle. Par exemple, il est possible d'obtenir des renseignements concernant les détails internes des sujets (pensées, émotions, etc.) ainsi que le sentiment de reviviscence. Selon nous, ces concepts nous permettent de se rapprocher davantage d'une évaluation écologique, en lien avec notre objectif.

Pour finir, nous avons parfaitement réussi à créer une condition d'apprentissage incident. En effet, sur notre petit échantillon de sujets, aucun ne s'est douté que l'objectif de notre étude était d'évaluer sa mémoire. Par ailleurs, grâce à l'inclusion de ce concept, notre étude gagne encore un peu plus en validité écologique

Conclusion

L'objectif de cette étude était d'évaluer la mémoire épisodique de manière écologique, tout en étant en accord avec les concepts et les théories actuels définissant ce système de mémoire. Les plaintes concernant la mémoire épisodique font parties de celles qui sont le plus couramment rencontrées chez les patients. Il semble donc nécessaire que les neuropsychologues soient armés de tests pouvant évaluer cette fonction de manière optimale. Pour se faire, nous avons donc élaboré une tâche virtuelle permettant de contrer les limites qui ont été accordées aux épreuves classiques de listes de mots.

L'évaluation de la mémoire épisodique de manière écologique a un intérêt certain en neuropsychologie. Il semble nécessaire que les professionnels puissent proposer aux patients des évaluations et des revalidations qui correspondent avec ce qu'ils vivent dans leur quotidien. Premièrement, pour qu'ils puissent trouver un intérêt à leur prise en charge, et deuxièmement, pour pouvoir mettre en lien leurs performances avec leurs difficultés de tous les jours.

En conclusion, les neuropsychologues pourraient bénéficier de cette batterie de tests dans leur pratique clinique. La réalité virtuelle leur offre pour principal avantage d'évaluer la mémoire épisodique de manière écologique. En effet, son réalisme avec la vie quotidienne permet de créer un grand sentiment d'immersion chez les individus et sa capacité à créer des environnements virtuels multimodaux permet aux professionnels d'obtenir une variété de mesures.

Au vu de la crise sanitaire COVID-19 à laquelle nous avons dû faire face, notre échantillon a été grandement impacté. Avec seulement quatre participants sains, il n'est pas étonnant que l'implication de nos résultats dans la recherche scientifique soit faible. Cependant, on peut souligner que nos résultats ont tout de même tendance à aller dans le sens de nos trois hypothèses principales (validité écologique, validité de la tâche et sentiment de reviviscence). Il serait intéressant de réaliser cette étude sur un échantillon plus large, en incluant des patients ayant une plainte cognitive, afin de pouvoir vérifier la significativité des relations que nous nous sommes contentés de souligner hypothétiquement.

Bibliographie

- Abichou, K., La Corte, V., & Piolino, P. (2017). La réalité virtuelle a-t-elle un avenir pour l'étude de la mémoire épisodique dans le vieillissement? *Gériatrie et Psychologie Neuropsychiatrie du Vieillessement*, 15(1), 65–74.
- Aguirre, G. K., & D'Esposito, M. (1997). Environmental knowledge is subserved by separable dorsal/ventral neural areas. *Journal of Neuroscience*, 17(7), 2512-2518.
- Anderson, N. D., Craik, F. I., & Naveh-Benjamin, M. (1998). The attentional demands of encoding and retrieval in younger and older adults: Evidence from divided attention costs. *Psychology and aging*, 13(3), 405-423.
- Arvind Pala, P., N'Kaoua, B., Mazaux, J. M., Simion, A., Lozes, S., Sorita, E., & Sauzeon, H. (2014). Everyday-like memory and its cognitive correlates in healthy older adults and in young patients with traumatic brain injury: a pilot study based on virtual reality. *Disability and Rehabilitation: Assistive Technology*, 9(6), 463-473.
- Arzy, S., Molnar-Szakacs, I., & Blanke, O. (2008). Self in time: imagined self-location influences neural activity related to mental time travel. *Journal of Neuroscience*, 28(25), 6502-6507.
- Baddeley, A. D. (1982). Domains of recollection. *Psychological Review*, 89(6), 708-729.
- Baird, B., Smallwood, J., & Schooler, J. W. (2011). Back to the future: Autobiographical planning and the functionality of mind-wandering. *Consciousness and Cognition*, 20(4), 1604–1611. doi:10.1016/j.concog.2011.08.007
- Bastin, C., Simon, J., Kurth, S., Collette, F., & Salmon, É. (2013). Variabilité individuelle dans le fonctionnement de la mémoire épisodique au cours du vieillissement normal et pathologique: le rôle de la réserve cognitive. *Revue de neuropsychologie*, 5(4), 235-242.
- Bastin, C., & Van der Linden, M. (2003). Une approche neuropsychologique des relations entre mémoire épisodique et mémoire sémantique. *Revue de Neuropsychologie*, 13(1), 3-69.
- Bäuml, K. H., Pastötter, B., & Hanslmayr, S. (2010). Binding and inhibition in episodic memory—Cognitive, emotional, and neural processes. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 34(7), 1047-1054.
- Becquet, C., Quinette, P., Eustache, F., & Desgranges, B. (2017). Évaluation neuropsychologique de la mémoire épisodique. *Revue Neuropsychologique*, 9(4), 253-260. doi:10.1684/nrp.2017.0430
- Berntsen, D., & Jacobsen, A. S. (2008). Involuntary (spontaneous) mental time travel into the past and future. *Consciousness and Cognition*, 17(4), 1093–1104. doi:10.1016/j.concog.2008.03.001
- Besnard, J., Richard, P., Banville, F., Nolin, P., Aubin, G., Le Gall, D., Richard, I., & Allain, P. (2016). Virtual reality and neuropsychological assessment: The reliability of a virtual kitchen to assess daily-life activities in victims of traumatic brain injury. *Applied Neuropsychology: Adult*, 23(3), 223-235. doi:10.1080/23279095.2015.1048514
- Bowman, M. L. (1996). Ecological validity of neuropsychological and other predictors following head injury. *The Clinical Neuropsychologist*, 10(4), 382-396.
- Brooks, B. M. (1999). The specificity of memory enhancement during interaction with a virtual environment. *Memory*, 7(1), 65-78.
- Brunec, I. K., Ozubko, J. D., Barense, M. D., & Moscovitch, M. (2017). Recollection-dependent memory for event duration in large-scale spatial navigation. *Learning & Memory*, 24(3), 104-114.

- Burgess, N., Becker, S., King, J. A., & O'Keefe, J. (2001). Memory for events and their spatial context: models and experiments. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 356(1413), 1493–1503. doi:10.1098/rstb.2001.0948
- Cao, S. (2016). Virtual reality applications in rehabilitation. *International Conference on Human-Computer Interaction*, 3-10.
- Chaytor, N., & Schmitter-Edgecombe, M. (2003). The ecological validity of neurological tests: A review of the literature on everyday cognitive skills. *Neuropsychology Review*, 13(4), 181-197.
- Claessen, M. H., Van der Ham, I. J., Jagersma, E., & Visser-Meily, J. M. (2016). Navigation strategy training using virtual reality in six chronic stroke patients: A novel and explorative approach to the rehabilitation of navigation impairment. *Neuropsychological rehabilitation*, 26(5-6), 822-846.
- Clarys, D., Souchay, C., Baudouin, A., Fay, S., Vanneste, S., Tacconnat, L., & Isingrini, M. (2007). Contribution des fonctions exécutives et de la vitesse de traitement au vieillissement de la mémoire épisodique. *L'Année Psychologique*, 107(1), 15-38.
- Conway, M. A. (2001). Sensory–perceptual episodic memory and its context: Autobiographical memory. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series B: Biological Sciences*, 356(1413), 1375-1384.
- Conway, M. A. (2005). Memory and the self. *Journal of Memory and Language*, 53(4), 594–628. doi:10.1016/j.jml.2005.08.005
- Conway, M. A. (2009). Episodic memories. *Neuropsychologia*, 47(11), 2305-2313.
- Conway, M. A., & Loveday, C. (2015). Remembering, imagining, false memories & personal meanings. *Consciousness and Cognition*, 33, 574–581. doi:10.1016/j.concog.2014.12.002
- Conway, M. A., & Pleydell-Pearce, C. W. (2000). The construction of autobiographical memories in the self-memory system. *Psychological review*, 107(2), 261-288.
- Corriveau Lecavalier, N., Ouellet, E., Boller, B., & Belleville, S. (2018). Use of immersive virtual reality to assess episodic memory: A validation study in older adults. *Neuropsychological Rehabilitation*, 1-19. doi: 10.1080/09602011.2018.1477684
- Craik, F. I., & Bialystok, E. (2006). Cognition through the lifespan: mechanisms of change. *Trends in cognitive sciences*, 10(3), 131-138.
- Croisile, B. (2009). Approche neurocognitive de la mémoire. *Gérontologie et société*, 32(130), 11-29.
- D'Argembeau, A., & Van der Linden, M. (2006). Individual differences in the phenomenology of mental time travel: The effect of vivid visual imagery and emotion regulation strategies. *Consciousness and Cognition*, 15(2), 342–350. doi:10.1016/j.concog.2005.09.001
- D'Argembeau, A., Van der Linden, M., d'Acremont, M., & Mayers, I. (2006). Phenomenal characteristics of autobiographical memories for social and non-social events in social phobia. *Memory*, 14(5), 637-647.
- Derouesné, C., & Lacomblez, L. (2007). Sémiologie des troubles de la mémoire. *EMC Psychiatrie*, 37-115.
- DeWall, C. N., Baumeister, R. F., & Masicampo, E. J. (2008). Evidence that logical reasoning depends on conscious processing. *Consciousness and Cognition*, 17(3), 628–645. doi:10.1016/j.concog.2007.12.004
- Diamond, A. (2013). Executive functions. *Annual review of psychology*, 64, 135-168.

- Douchemane, D., Isingrini, M., & Souchay, C. (2007). Vieillesse, fonctions exécutives et métamémoire: dissociation entre le «feeling-of-knowing» (sentiment de savoir) en mémoire épisodique et en mémoire sémantique. *L'Année psychologique*, 107(4), 597-621.
- Ergis, A. M., & Eusop-Roussel, E. (2008). Les troubles précoces de la mémoire épisodique dans la maladie d'Alzheimer. *Revue neurologique*, 164, 96-101.
- Eustache, M. L. (2010). Mémoire et identité dans la phénoménologie d'Edmund Husserl: liens avec les conceptions des neurosciences cognitives. *Revue de neuropsychologie*, 2(2), 157-170.
- Fjell, A. M., Walhovd, K. B., Reinvang, I., Lundervold, A., Dale, A. M., Quinn, B. T., Makris, N., & Fischl, B. (2005). Age does not increase rate of forgetting over weeks—neuroanatomical volumes and visual memory across the adult life-span. *Journal of the International Neuropsychological Society*, 11(1), 2-15.
- Fuchs, P., Moreau, G., Berthoz, A., & Vercher, J. L. (2006). Le Traité de la réalité virtuelle. Volume 2: l'interfaçage : l'immersion et l'interaction en environnement virtuel.
- Furman, O., Dorfman, N., Hasson, U., Davachi, L., & Dudai, Y. (2007). They saw a movie: long-term memory for an extended audiovisual narrative. *Learning & memory*, 14(6), 457-467.
- Furman, O., Mendelsohn, A., & Dudai, Y. (2012). The episodic engram transformed: Time reduces retrieval-related brain activity but correlates it with memory accuracy. *Learning & Memory*, 19(12), 575-587.
- Gerbier, É., & Koenig, O. (2015). Comment les intervalles temporels entre les répétitions d'une information en influencent-ils la mémorisation? *Revue théorique des effets de pratique distribuée. L'Année psychologique*, 115(3), 435-462.
- Graham, K. S., Patterson, K., Powis, J., Drake, J., & Hodges, J. R. (2002). Multiple inputs to episodic memory: Words tell another story. *Neuropsychology*, 16(3), 380-389.
- Guyard, A., & Piolino, P. (2006). False memories: An interface between normal memory and pathology. *Psychologie & NeuroPsychiatrie du vieillissement*, 4(2), 127-134.
- Hassabis, D., & Maguire, E. A. (2007). Deconstructing episodic memory with construction. *Trends in cognitive sciences*, 11(7), 299-306.
- Isingrini, M., & Tacconat, L. (2008). Mémoire épisodique, fonctionnement frontal et vieillissement. *Revue neurologique*, 164, 91-95.
- James, K. H., Humphrey, G. K., Vilis, T., Corrie, B., Baddour, R., & Goodale, M. A. (2002). "Active" and "passive" learning of three-dimensional object structure within an immersive virtual reality environment. *Behavior Research Methods, Instruments, & Computers*, 34(3), 383-390. doi:10.3758/bf03195466
- Jebara, N., Orriols, E., Zaoui, M., Berthoz, A., & Piolino, P. (2014). Effects of enactment in episodic memory: a pilot virtual reality study with young and elderly adults. *Frontiers in aging neuroscience*, 6(338), 1-16.
- Jeunehomme, O., Folville, A., Stawarczyk, D., Van der Linden, M., & D'Argembeau, A. (2018). Temporal compression in episodic memory for real-life events. *Memory*, 26(6), 759-770.
- Juillerat Van Der Linden, A. C. (2003). Approche écologique dans l'évaluation des troubles de la mémoire. In T. Meulemans, B. Desgranges, S. Adam, & F. Eustache (Eds.), *Évaluation et prise en charge des troubles mnésiques* (pp.267-280).
- Kessels, R. P., Hobbel, D., & Postma, A. (2007). Aging, context memory and binding: A comparison of "what, where and when" in young and older adults. *International Journal of Neuroscience*, 117(6), 795-810.

- Kessels, R. P., Te Boekhorst, S., & Postma, A. (2005). The contribution of implicit and explicit memory to the effects of errorless learning: a comparison between young and older adults. *Journal of the International Neuropsychological Society*, *11*(2), 144-151.
- Klein, S. B. (2016). Autothetic consciousness: Reconsidering the role of episodic memory in future-oriented self-projection. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, *69*(2), 381-401. doi:10.1080/17470218.2015.1007150
- Kopelman, M. D. (2002). Disorders of memory. *Brain*, *125*(10), 2152-2190.
- Kosakevitch-Riebourg, L. (2006). Traumatismes crâniens légers : définition, classifications, pronostic. *Revue de Stomatologie et de Chirurgie Maxillo-Faciale*, *107*(4), 201-205. doi:10.1016/s0035-1768(06)77041-3
- Krolak-Salmon, P., & Thomas-Antérion, C. (2010). Fonctions exécutives, attention et mémoire de travail au cours du vieillissement. *Revue de neuropsychologie*, *2*(5), 3-6.
- Kurby, C. A., & Zacks, J. M. (2008). Segmentation in the perception and memory of events. *Trends in cognitive sciences*, *12*(2), 72-79.
- Lachman, M. E., Agrigoroaei, S., Murphy, C., & Tun, P. A. (2010). Frequent cognitive activity compensates for education differences in episodic memory. *The American Journal of Geriatric Psychiatry*, *18*(1), 4-10.
- La Corte, V., Sperduti, M., Abichou, K., & Piolino, P. (2019). Episodic memory assessment and remediation in normal and pathological aging using virtual reality: a mini review. *Frontiers in Psychology*, *10*(173), 1-6.
- Lalanne, J., & Piolino, P. (2013). Prise en charge des troubles de la mémoire autobiographique dans la maladie d'Alzheimer du stade débutant au stade sévère : revue de la littérature et nouvelles perspectives. *Gériatrie et Psychologie Neuropsychiatrie du Vieillessement*, *11*(3), 275-285.
- Lapre, E., Postal, V., Bourdel-Marchasson, B., Boisson, C., & Mathey, S. (2012). Stimulation cognitive et fonctions exécutives dans la maladie d'Alzheimer : une étude pilote. *Revue neuropsychologique*, *4*(2), 123-130. doi :10.1684/nrp.2012.0209
- Larson, R. (1987). Validity and Reliability of the Experience-Sampling Method. *The Journal of Nervous and Mental Disease*, *175*(9), 526-536. doi:10.1097/00005053-198709000-00004
- Lecouvey, G., Gonneaud, J., Eustache, F., & Desgranges, B. (2012). Les apports de la réalité virtuelle en neuropsychologie: l'exemple de la mémoire prospective. *Revue de neuropsychologie*, *4*(4), 267-276.
- Lhoest, J. (2018). *Apport de la réalité virtuelle pour l'évaluation de la mémoire*. (Mémoire de Master en sciences psychologiques). Université de Liège, Liège, Belgique.
- Matheis, R. J., Schultheis, M. T., Tiersky, L. A., DeLuca, J., Millis, S. R., & Rizzo, A. (2007). Is learning and memory different in a virtual environment? *The Clinical Neuropsychologist*, *21*(1), 146-161.
- Michel, B. F., & Sambuchi, N. (2011). Principales échelles de mémoire utilisables par le neurologue dans le diagnostic des démences. *Neurologie*, *8*(1), 1-7.
- Murre, J. M., & Dros, J. (2015). Replication and analysis of Ebbinghaus' forgetting curve. *PloS One*, *10*(7), 1-23.
- Nash, E. B., Edwards, G. W., Thompson, J. A., & Barfield, W. (2000). A review of presence and performance in virtual environments. *International Journal of human-computer Interaction*, *12*(1), 1-41.

- Neguț, A., Matu, S. A., Sava, F. A., & David, D. (2016). Virtual reality measures in neuropsychological assessment: a meta-analytic review. *The Clinical Neuropsychologist*, *30*(2), 165-184.
- Noël, M. P., Bastin, L., Schneider, J., & Pottelle, D. (2007). Rééducation neuropsychologique des troubles de l'attention et de l'inhibition chez l'enfant. *Approche neuropsychologique des apprentissages chez l'enfant*, *93*, 156-162.
- O'Neil, R. L., Skeel, R. L., & Ustinova, K. I. (2013). Cognitive ability predicts motor learning on a virtual reality game in patients with TBI. *NeuroRehabilitation*, *33*(4), 667-680.
- Ouellet, E., Boller, B., Corriveau-Lecavalier, N., Cloutier, S., & Belleville, S. (2018). The Virtual Shop: A new immersive virtual reality environment and scenario for the assessment of everyday memory. *Journal of Neuroscience Methods*, *303*, 126-135. doi: 10.1016/j.jneumeth.2018.03.010
- Parsons, T. D. (2011). Neuropsychological assessment using virtual environments: Enhanced assessment technology for improved ecological validity. In S. Brahmam, & L. C. Jain (Eds.), *Advanced computational intelligence paradigms in healthcare 6: Virtual reality in psychotherapy, rehabilitation, and assessment* (pp. 271-289). Springer.
- Parsons, T. D., Carlew, A. R., Magtoto, J., & Stonecipher, K. (2017). The potential of function-led virtual environments for ecologically valid measures of executive function in experimental and clinical neuropsychology. *Neuropsychological rehabilitation*, *27*(5), 777-807.
- Parsons, T. D., & Rizzo, A. A. (2008). Initial validation of a virtual environment for assessment of memory functioning: virtual reality cognitive performance assessment test. *CyberPsychology & Behavior*, *11*(1), 17-25.
- Pause, B. M., Zlomuzica, A., Kinugawa, K., Mariani, J., Pietrowsky, R., & Dere, E. (2013). Perspectives on episodic-like and episodic memory. *Frontiers in Behavioral Neuroscience*, *7*, 1-12. <https://doi.org/10.3389/fnbeh.2013.00033>
- Pham, L. B., & Taylor, S. E. (1999). From thought to action: Effects of process- versus outcome-based mental simulations on performance. *Personality and Social Psychology Bulletin*, *25*(2), 250-260.
- Picard, L., Eustache, F., & Piolino, P. (2009). De la mémoire épisodique à la mémoire autobiographique: Approche développementale. *L'Année Psychologique*, *109*(2), 197-236.
- Picq, C., Caron, E., Bruguière, P., & Pradat-Diehl, P. (2006). Approche écologique de l'évaluation mnésique. In P. Pradat-Diehl, & A. Peskine (Eds.), *Évaluation des troubles neuropsychologiques en vie quotidienne* (pp. 25-36). Springer.
- Piolino, P. (2008). Évaluation et prise en charge des troubles de mémoire autobiographique en neuropsychologie. *Des amnésies organiques aux amnésies psychogènes*, 339-88.
- Piolino, P., Desgranges, B., & Eustache, F. (2009). Episodic autobiographical memories over the course of time: cognitive, neuropsychological and neuroimaging findings. *Neuropsychologia*, *47*(11), 2314-2329.
- Plancher, G., Barra, J., Orriols, E., & Piolino, P. (2013). The influence of action on episodic memory: A virtual reality study. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, *66*(5), 895-909. doi:10.1080/17470218.2012.722657
- Plancher, G., Gyselinck, V., Nicolas, S., & Piolino, P. (2010). Age effect on components of episodic memory and feature binding: A virtual reality study. *Neuropsychology*, *24* (3), 379-390. doi:10.1037/a0018680
- Plancher, G., Tirard, A., Gyselinck, V., Nicolas, S., & 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(5), 592–602. doi:10.1016/j.neuropsychologia.2011.12.013.
- Quinette, P., Guillery-Girard, B., Hainselin, M., Laisney, M., Desgranges, B., & Eustache, F. (2013). Évaluation du buffer épisodique: deux épreuves testant les capacités d'association et de stockage d'informations verbales et spatiales. *Revue de neuropsychologie*, 5(1), 56-62.
- Rauchs, G., Harand, C., Bertran, F., Desgranges, B., & Eustache, F. (2010). Étude des liens entre sommeil et mémoire épisodique chez le sujet jeune et âgé, et dans la maladie d'Alzheimer. *Revue neurologique*, 166(11), 873-881.
- Reggente, N., Essoe, J. K. -Y., Aghajan, Z. M., Tavakoli, A. V., McGuire, J. F., Suthana, N. A., & Rissman, J. (2018). Enhancing the ecological validity of fMRI memory research using virtual reality. *Frontiers in Neuroscience*, 12(408), 1-9. doi: 10.3389/fnins.2018.00408
- Remacle, A. (2019). *Évaluation de la mémoire épisodique avec la réalité virtuelle : Exploration dans la sclérose en plaques*. (Mémoire de Master en sciences psychologiques). Université de Liège, Liège, Belgique.
- Rhodes, S., Greene, N. R., & Naveh-Benjamin, M. (2019). Age-related differences in recall and recognition: a meta-analysis. *Psychonomic Bulletin & Review*, 26, 1529-1547. doi:10.3758/s13423-019-01649-y
- Rizzo, A. A., Bowerly, T., Buckwalter, J. G., Schultheis, M., Matheis, R., Shahabi, C., Neumann, U., Lim, L., & Sharifzadeh, M. (2002). Virtual environments for the assessment of attention and memory processes: the virtual classroom and office. In P. Sharkey, C. Sik Lányi, & P. Standen (Eds.), *Proceedings of the Fourth International Conference on Disability, Virtual Reality and Associated Technologies* (pp. 3-12).
- Rizzo, A. A., Buckwalter, J. G., Bowerly, T., Van Der Zaag, C., Humphrey, L., Neumann, U., Chua, C., Kyriakakis, C., Van Rooyen, A., & Sisemore, D. (2000). The virtual classroom: a virtual reality environment for the assessment and rehabilitation of attention deficits. *CyberPsychology & Behavior*, 3(3), 483-499.
- Rizzo, A. A., Schultheis, M., Kerns, K. A., & Mateer, C. (2004). Analysis of assets for virtual reality applications in neuropsychology. *Neuropsychological rehabilitation*, 14(1-2), 207-239.
- Robitaille, N., Jackson, P. L., Hébert, L. J., Mercier, C., Bouyer, L. J., Fecteau, S., Richards, C. L., & McFadyen, B. J. (2017). A Virtual Reality avatar interaction (VRai) platform to assess residual executive dysfunction in active military personnel with previous mild traumatic brain injury: proof of concept. *Disability and Rehabilitation: Assistive Technology*, 12(7), 758-764.
- Rose, F. D., Attree, E. A., & Brooks, B. M. (1997). Virtual Environments in Neuropsychological. *Virtual Reality in Neuro-psycho-physiology: Cognitive, Clinical and Methodological Issues in Assessment and Rehabilitation*, 44, 147-155.
- Sadeh, T., Ozubko, J. D., Winocur, G., & Moscovitch, M. (2014). How we forget may depend on how we remember. *Trends in Cognitive Sciences*, 18(1), 26–36. doi:10.1016/j.tics.2013.10.008
- Sauzón, H., Arvind Pala, P., Larrue, F., Wallet, G., Déjos, M., Zheng, X., Guitton, P., & N'Kaoua, B. (2012). The use of virtual reality for episodic memory assessment. *Experimental Psychology*, 59(2), 99-108. doi:10.1027/1618-3169/a000131
- Sauzón, H., N'Kaoua, B., Arvind Pala, P., Taillade, M., & Guitton, P. (2016). Age and active navigation effects on episodic memory: a virtual reality study. *British Journal of Psychology*, 107(1), 72-94.
- Schultheis, M. T., Himmelstein, J., & Rizzo, A. A. (2002). Virtual Reality and Neuropsychology. *Journal of Head Trauma Rehabilitation*, 17(5), 378–394. doi:10.1097/00001199-200210000-00002

- Smith, S. A. (2019). Virtual reality in episodic memory research: A review. *Psychonomic Bulletin & Review*, 26(4), 1213-1237. doi:10.3758/s13423-019-01605-w
- Spooner, D. M., & Pachana, N. A. (2006). Ecological validity in neuropsychological assessment: A case for greater consideration in research with neurologically intact populations. *Archives of clinical neuropsychology*, 21(4), 327-337.
- Squire, L. R., & Alvarez, P. (1995). Retrograde amnesia and memory consolidation: a neurobiological perspective. *Current opinion in neurobiology*, 5(2), 169-177.
- Tapia, G., Clarys, D., El Hage, W., Belzung, C., & Isingrini, M. (2007). PTSD psychiatric patients exhibit a deficit in remembering. *Memory*, 15(2), 145-153.
- Titov, N., & Knight, R. G. (2005). A computer-based procedure for assessing functional cognitive skills in patients with neurological injuries: the virtual street. *Brain Injury*, 19(5), 315-322.
- Tramoni, E., & Felician, O. (2017). Mémoire et consolidation: apport des amnésies épileptiques transitoires. *Revue de neuropsychologie*, 9(4), 243-252.
- Tulving, E. (1985). How many memory systems are there?. *American psychologist*, 40(4), 385-398.
- Tulving, E. (1985). Memory and consciousness. *Canadian Psychology*, 26(1), 1-12.
- Tulving, E. (2002). Episodic memory: From mind to brain. *Annual Review of Psychology*, 53(1), 1-25. doi:10.1146/annurev.psych.53.100901.135114
- Vakil, E., Greenstein, Y., Weiss, I., & Shtein, S. (2019). The effects of moderate-to-severe traumatic brain injury on episodic memory: a meta-analysis. *Neuropsychology review*, 1-18.
- Vallat-Azouvi, C., & Chardin-Lafont, M. (2012). Les troubles neuropsychologiques des traumatisés crâniens sévères. *L'information psychiatrique*, 88(5), 365-373.
- Van der Linden, M. (2003). Une approche cognitive du fonctionnement de la mémoire épisodique et de la mémoire autobiographique. *Cliniques Méditerranéennes*, 67(1), 53-66. doi:10.3917/cm.067.0053
- Van der Linden, M. (2006). Neuropsychologie clinique: objectifs, principes et méthodes. *Neurologie*, 17, 1-11.
- Van Helvoort, D., Stobbe, E., Benning, R., Otgaar, H., & Van de Ven, V. (2020). Physical exploration of a virtual reality environment: Effects on spatiotemporal associative recognition of episodic memory. *Memory & Cognition*, 1-13.
- Viard, A., Lebreton, K., Chételat, G., Desgranges, B., Landeau, B., Young, A., De La Sayette, V., Eustache, F., & Piolino, P. (2010). Patterns of hippocampal–neocortical interactions in the retrieval of episodic autobiographical memories across the entire life-span of aged adults. *Hippocampus*, 20(1), 153-165.
- Wester, A. J., Van Herten, J. C., Egger, J. I., & Kessels, R. P. (2013). Applicability of the Rivermead Behavioural Memory Test–Third Edition (RBMT-3) in Korsakoff's syndrome and chronic alcoholics. *Neuropsychiatric Disease and Treatment*, 9, 875-881.
- Wilson, C. J., & Soranzo, A. (2015). The use of virtual reality in psychology: A case study in visual perception. *Computational and mathematical methods in medicine*, 2015, 1-7.
- Zacks, J. M., Speer, N. K., Swallow, K. M., Braver, T. S., & Reynolds, J. R. (2007). Event perception: a mind-brain perspective. *Psychological bulletin*, 133(2), 273-295.
- Zacks, J. M., & Swallow, K. M. (2007). Event segmentation. *Current Directions in Psychological Science*, 16(2), 80–84. doi:10.1111/j.1467-8721.2007.00480.x

Annexes

Annexe A. Fiche signalétique

<u>Fiche signalétique du participant</u>	
Patient / contrôle	
Date de la séance 1 :	
Heure de début	Heure de fin
Date de la séance 2 :	
Heure de début	Heure de fin
Durée entre les séances :	
Nom et prénom :	
ID :	
N° de téléphone :	
Adresse Email :	
Age :	Date de naissance :
Sexe : F / M	
Langue maternelle :	
Nombre d'années d'études :	
Profession :	
Antécédents médicaux et psychologiques ?	
Médication actuelle ? Si oui, posologie ?	
Lunettes ?	Appareil auditif ?

Annexe B. Grille de cotation de la tâche en réalité virtuelle

RAPPEL IMMÉDIAT / DIFFÉRÉ : RAPPEL LIBRE & INDICÉ (STRUCTURÉ)

ID Date Durée du rappel libre : Durée du rappel indicé : Durée du voyage mental

Ordre	Éléments	WHAT	DETAILS			WHERE ALLO	WHERE EGO	WHEN	CONSEQUENCES	PENSÉES / EMOTIONS (DETAILS INTERNES)	SOUVENIR	POINT DE VUE
			CAUSE	DÉTAILS PERCEPTIFS CENTRAUX	DÉTAILS PERCEPTIFS PÉRIPHÉRIQUES							
	1	Rencontre	<input type="checkbox"/> Rencontre de l'avatar <input type="checkbox"/> Sonner à la porte	<input type="checkbox"/> Avatar <input type="checkbox"/> vêtement : jeans, ceinture, polo tricolore (noir, gris blanc) <input type="checkbox"/> couleur de peau (bronzé) <input type="checkbox"/> Cheveux foncé <input type="checkbox"/> Voix grave	<input type="checkbox"/> Carrelage bleu dans le hall <input type="checkbox"/> Mur brun clair	<input type="checkbox"/> Avatar <input type="checkbox"/> Nom : Alexandre <input type="checkbox"/> Avatar demande de l'aide (de le seconder) <input type="checkbox"/> Douleur <input type="checkbox"/> entorse <input type="checkbox"/> poignet <input type="checkbox"/> match de basket <input type="checkbox"/> samedi aprem <input type="checkbox"/> Rien de grave	<input type="checkbox"/> Avatar dans le hall <input type="checkbox"/> Avatar est face à moi <input type="checkbox"/> Je suis devant la porte d'entrée	<input type="checkbox"/> Prémisse de l'histoire <input type="checkbox"/> Je suis l'avatar (dans le jardin)	Verbalisé lors de la navigation Vivacité / 10 Autres ?	<input type="checkbox"/> A <input type="checkbox"/> O		

Observations :

Cotation												Total =
	2	déplacement dans la maison	<input type="checkbox"/> Déplacement dans la maison <input type="checkbox"/> Suivre l'avatar	<input type="checkbox"/> Salon : <input type="checkbox"/> 2 divans gris <input type="checkbox"/> TV <input type="checkbox"/> Salle à manger : <input type="checkbox"/> Table bois <input type="checkbox"/> Boiler <input type="checkbox"/> Parquet en bois <input type="checkbox"/> Chien qui ronfle	<input type="checkbox"/> Cadre (art-moderne) <input type="checkbox"/> Mur brun foncé <input type="checkbox"/> Tapis <input type="checkbox"/> Encadrement du Boiler en pierre <input type="checkbox"/> Chien qui dort dans le salon	<input type="checkbox"/> Traverser le hall <input type="checkbox"/> Traverser le Salon - SàM <input type="checkbox"/> Longer la table <input type="checkbox"/> Traverser la baie vitrée du living	<input type="checkbox"/> Tourner à D pour aller dans le salon <input type="checkbox"/> Tourner à G pour aller dans la SàM <input type="checkbox"/> Cuisine à G <input type="checkbox"/> Tourner directement à droite dans le jardin	<input type="checkbox"/> La rencontre <input type="checkbox"/> Arriver dans le jardin	Verbalisé lors de la navigation Vivacité / 10 Autres ?	<input type="checkbox"/> A <input type="checkbox"/> O		

Observations :

Cotation												Total =

Ordre	Éléments	WHAT	DETAILS			WHERE ALLO	WHERE EGO	WHEN	CONSEQUENCES	PENSÉES / EMOTIONS (DETAILS INTERNES)	SOUVENIR	POINT DE VUE
			CAUSE	DÉTAILS PERCEPTIFS CENTRAUX	DÉTAILS PERCEPTIFS PÉRIPHÉRIQUES							
	3	Etre dans le jardin	<input type="checkbox"/> Arriver dans le jardin <input type="checkbox"/> Vérifier la cuisson (des saucisses)	<input type="checkbox"/> BBQ <input type="checkbox"/> BBQ à gaz <input type="checkbox"/> BBQ américain <input type="checkbox"/> nourriture brûlée <input type="checkbox"/> Saucisses brûlées <input type="checkbox"/> Terrasse en bois	<input type="checkbox"/> Jardin <input type="checkbox"/> Petite cabane en bois <input type="checkbox"/> Balançoire <input type="checkbox"/> Beaucoup de plantes <input type="checkbox"/> Poubelle <input type="checkbox"/> 3 couleurs (tri)	<input type="checkbox"/> « oups », « Je n'ai pas vérifié la cuisson » <input type="checkbox"/> BBQ sur la terrasse <input type="checkbox"/> BBQ adossé contre le mur	<input type="checkbox"/> L'avatar est en face - à G <input type="checkbox"/> BBQ à D	<input type="checkbox"/> Après le déplacement dans la maison <input type="checkbox"/> Téléphoner à la pizzeria <input type="checkbox"/> Aller dans le salon	Verbalisé lors de la navigation Vivacité / 10 Autres ?	<input type="checkbox"/> A <input type="checkbox"/> O		

Observations :

Cotation												Total =
	4	Téléphone	<input type="checkbox"/> Téléphoner à la pizzeria <input type="checkbox"/> Saucisses pas mangeables <input type="checkbox"/> Sonner à la pizzeria	<input type="checkbox"/> appel : <input type="checkbox"/> voix : italien <input type="checkbox"/> voix : homme <input type="checkbox"/> Téléphone : <input type="checkbox"/> Noir <input type="checkbox"/> Bip sonore à la fin <input type="checkbox"/> Chien qui ronfle	<input type="checkbox"/> Table de la SàM en bois <input type="checkbox"/> Meuble TV en bois <input type="checkbox"/> Tableau / peintures	<input type="checkbox"/> Fermeture <input type="checkbox"/> les lundis	<input type="checkbox"/> Quitter le jardin <input type="checkbox"/> Traverser la baie vitrée du living <input type="checkbox"/> Traverser SàM - Salon <input type="checkbox"/> Téléphone : <input type="checkbox"/> Dans le salon <input type="checkbox"/> Sur le meuble TV <input type="checkbox"/> Près du répondeur	<input type="checkbox"/> Tourner à gauche pour rentrer dans la maison <input type="checkbox"/> Longer la table sur la G ou la D	<input type="checkbox"/> Après BBQ <input type="checkbox"/> Se contenter d'une pizza surgelée <input type="checkbox"/> Aller dans la cuisine	Verbalisé lors de la navigation Vivacité / 10 Autres ?	<input type="checkbox"/> A <input type="checkbox"/> O	

Observations :

Cotation												Total =

Ordre	Éléments	WHAT	DETAILS			WHERE ALLO	WHERE EGO	WHEN	CONSEQUENCES	PENSÉES / EMOTIONS (DETAILS INTERNES)	SOUVENIR	POINT DE VUE
			CAUSE	DÉTAILS PERCEPTIFS CENTRAUX	DÉTAILS PERCEPTIFS PÉRIPHÉRIQUES							
	5 Four	<input type="checkbox"/> Enfourner pizza	<input type="checkbox"/> Pizzeria fermée <input type="checkbox"/> nourriture <input type="checkbox"/> Pizza congelée	<input type="checkbox"/> congélateur <input type="checkbox"/> 2 parties (partie congelo plus petite que le frigo) <input type="checkbox"/> 2 pizzas dedans <input type="checkbox"/> Four: <input type="checkbox"/> Couleur noir <input type="checkbox"/> Bruits	<input type="checkbox"/> Carrelage gris <input type="checkbox"/> Mur brun clair <input type="checkbox"/> Bouilloire et machine à café rouge <input type="checkbox"/> Porte buanderie ouverte <input type="checkbox"/> Cuisine ouverte <input type="checkbox"/> Micro-onde <input type="checkbox"/> Horloge	<input type="checkbox"/> enfourner <input type="checkbox"/> T° pré program mée <input type="checkbox"/> 180° <input type="checkbox"/> L'avatar a très faim	<input type="checkbox"/> Living - cuisine <input type="checkbox"/> Dans la cuisine <input type="checkbox"/> congélateur en dessous du frigo <input type="checkbox"/> frigo à côté de la porte de la buanderie <input type="checkbox"/> four à côté de la plaque de cuisson	<input type="checkbox"/> Frigo à G <input type="checkbox"/> Four à D	<input type="checkbox"/> Après le coup de téléphone	<input type="checkbox"/> Attendre que la pizza soit prête	Verbalisé lors de la navigation Vivacité / 10	<input type="checkbox"/> A <input type="checkbox"/> O
Observations :												
Cotation											Total =	

	6 Chien	<input type="checkbox"/> Sortir chien	<input type="checkbox"/> chien qui aboie	<input type="checkbox"/> chien <input type="checkbox"/> petit chien (type jack) <input type="checkbox"/> blanc + tache brune <input type="checkbox"/> collier rouge/ brun <input type="checkbox"/> aboiement du chien <input type="checkbox"/> ronflement du chien	<input type="checkbox"/> Carrelage gris <input type="checkbox"/> Mur brun clair	<input type="checkbox"/> Chien <input type="checkbox"/> Nom : Roger <input type="checkbox"/> Besoin de sortir <input type="checkbox"/> Ouvrir la baie vitrée	<input type="checkbox"/> chien près de la porte du hall d'entrée	<input type="checkbox"/> Le chien est à D <input type="checkbox"/> L'avatar est à G	<input type="checkbox"/> Après le four	<input type="checkbox"/> chien urine dans la cuisine <input type="checkbox"/> pas assez rapide	Verbalisé lors de la navigation Vivacité / 10	<input type="checkbox"/> A <input type="checkbox"/> O
Observations :												
Cotation											Total =	

Ordre	Éléments	WHAT	DETAILS			WHERE ALLO	WHERE EGO	WHEN	CONSEQUENCES	PENSÉES / EMOTIONS (DETAILS INTERNES)	SOUVENIR	POINT DE VUE
			CAUSE	DÉTAILS PERCEPTIFS CENTRAUX	DÉTAILS PERCEPTIFS PÉRIPHÉRIQUES							
	7 Chien	<input type="checkbox"/> Pipi du chien	<input type="checkbox"/> chien urine dans la cuisine <input type="checkbox"/> pas assez rapide	<input type="checkbox"/> chien <input type="checkbox"/> Soulève la patte pour faire pipi <input type="checkbox"/> aboiement du chien <input type="checkbox"/> Flaque de pipi jaune	<input type="checkbox"/> Carrelage gris <input type="checkbox"/> Mur brun clair	<input type="checkbox"/> Chien <input type="checkbox"/> « hoho » Il a fait une bêtise <input type="checkbox"/> Ca lui arrive encore parfois <input type="checkbox"/> L'avatar va nettoyer	<input type="checkbox"/> Urine dans la cuisine <input type="checkbox"/> près du radiateur <input type="checkbox"/> Traverser cuisine - SàM	<input type="checkbox"/> Contourner le muret sur la G <input type="checkbox"/> Longer la table sur la D	<input type="checkbox"/> Après avoir tenté de sortir le chien	<input type="checkbox"/> Le chien sort dans le jardin	Verbalisé lors de la navigation Vivacité / 10	<input type="checkbox"/> A <input type="checkbox"/> O
Observations :												
Cotation											Total =	

	8 Croquette	<input type="checkbox"/> Nourrir le chien	<input type="checkbox"/> La gamelle est vide	<input type="checkbox"/> sac de croquette <input type="checkbox"/> jaune + rouge <input type="checkbox"/> tête de chien <input type="checkbox"/> Bruit de croquette <input type="checkbox"/> gamelle <input type="checkbox"/> Argentée	<input type="checkbox"/> Chien qui rentre de dehors <input type="checkbox"/> Parquet en bois clair <input type="checkbox"/> Armoire avec tiroir	<input type="checkbox"/> gamelle <input type="checkbox"/> gamelle vide <input type="checkbox"/> glouton <input type="checkbox"/> premier remplissage à 8h30 <input type="checkbox"/> Viser avec pointeur <input type="checkbox"/> Il va être tout fou <input type="checkbox"/> déposer sac croquettes	<input type="checkbox"/> Dans la salle à manger <input type="checkbox"/> Sac : <input type="checkbox"/> dans le coin de la pièce <input type="checkbox"/> Près de la baie vitrée <input type="checkbox"/> devant le panier <input type="checkbox"/> à D de la gamelle	<input type="checkbox"/> Panier à sa G <input type="checkbox"/> Table de la SàM à D <input type="checkbox"/> Avatar à D	<input type="checkbox"/> Après avoir sorti le chien	<input type="checkbox"/> Le chien est nourri <input type="checkbox"/> Chien est content	Verbalisé lors de la navigation Vivacité / 10	<input type="checkbox"/> A <input type="checkbox"/> O
Observations :												
Cotation											Total =	

Ordre	Éléments	WHAT	DETAILS			WHERE ALLO	WHERE EGO	WHEN	CONSEQUENCES	PENSÉES / EMOTIONS (DÉTAILS INTERNES)	SOUVENIR	POINT DE VUE
			CAUSE	DÉTAILS PERCEPTIFS CENTRAUX	DÉTAILS PERCEPTIFS PÉRIPHÉRIQUES							
	9 Thermostat	<input type="checkbox"/> Eteindre le thermostat	<input type="checkbox"/> Avatar a chaud	<input type="checkbox"/> Thermostat <input type="checkbox"/> Blanc <input type="checkbox"/> 20 degrés <input type="checkbox"/> 25 - écran noir <input type="checkbox"/> 2 appuis <input type="checkbox"/> Bip sonore	<input type="checkbox"/> Mur salon brun foncé <input type="checkbox"/> Cadre avec photo d'Alexandre	<input type="checkbox"/> Avatar a chaud <input type="checkbox"/> Laisser la porte-fenêtre ouverte <input type="checkbox"/> Couper le thermostat <input type="checkbox"/> Thermostat sur 20 degrés <input type="checkbox"/> Chiffre défilier puis écran noir	<input type="checkbox"/> Traverser la SàM - Salon <input type="checkbox"/> Direction le hall <input type="checkbox"/> Thermostat: <input type="checkbox"/> Entre le hall et le salon <input type="checkbox"/> Accroché au mur	<input type="checkbox"/> Longer la table sur la D / G <input type="checkbox"/> Thermostat à G <input type="checkbox"/> Avatar en face	<input type="checkbox"/> Après avoir nourri le chien	<input type="checkbox"/> Avatar content <input type="checkbox"/> Il a encore besoin de notre aide	Verbalisé lors de la navigation Vivacité / 10	<input type="checkbox"/> A <input type="checkbox"/> O
Observations :												
Cotation											Total =	

	10 Livreur	<input type="checkbox"/> Ouvrir au livreur	<input type="checkbox"/> Sonnette	<input type="checkbox"/> Livreur <input type="checkbox"/> cheveux bond <input type="checkbox"/> yeux bleus <input type="checkbox"/> polo rouge <input type="checkbox"/> pantalon gris <input type="checkbox"/> voix fluette	<input type="checkbox"/> Table basse avec fleurs dans le hall <input type="checkbox"/> Porte de la cuisine ouverte <input type="checkbox"/> Boitier d'alarme dans le hall <input type="checkbox"/> Horloge	<input type="checkbox"/> Alexandre n'attend personne <input type="checkbox"/> Colis à déposer <input type="checkbox"/> Erreur <input type="checkbox"/> Mr Deride Simon <input type="checkbox"/> Voisin en face <input type="checkbox"/> numero 45 <input type="checkbox"/> Pas la première erreur du livreur <input type="checkbox"/> Les num. lui jouent des tours	<input type="checkbox"/> Hall <input type="checkbox"/> Porte d'entrée	<input type="checkbox"/> Porte d'entrée à G <input type="checkbox"/> Livreur en face	<input type="checkbox"/> Après thermostat	<input type="checkbox"/> Le livreur part chez le voisin	Verbalisé lors de la navigation Vivacité / 10	<input type="checkbox"/> A <input type="checkbox"/> O
Observations :												
Cotation											Total =	

Ordre	Éléments	WHAT	DETAILS			WHERE ALLO	WHERE EGO	WHEN	CONSEQUENCES	PENSÉES / EMOTIONS (DÉTAILS INTERNES)	SOUVENIR	POINT DE VUE
			CAUSE	DÉTAILS PERCEPTIFS CENTRAUX	DÉTAILS PERCEPTIFS PÉRIPHÉRIQUES							
	11 Courrier	<input type="checkbox"/> Relever le courrier	<input type="checkbox"/> demande de l'avatar (« Temps qu'on y est »)	<input type="checkbox"/> Boite aux lettres métallique <input type="checkbox"/> Journal <input type="checkbox"/> « La côte » <input type="checkbox"/> couleur jaune (+ bleu)	<input type="checkbox"/> Livreur de dos au bout de l'allée <input type="checkbox"/> Beaucoup d'arbres dans l'allée	<input type="checkbox"/> facteur <input type="checkbox"/> tournée matinale <input type="checkbox"/> Boite aux lettres <input type="checkbox"/> façade extérieur <input type="checkbox"/> À gauche	<input type="checkbox"/> Sortir par la porte d'entrée (déjà ouverte) pour aller à l'extérieur <input type="checkbox"/> boîte aux lettres sur la façade extérieure de la maison	<input type="checkbox"/> Boite aux lettres sur la G	<input type="checkbox"/> Après le livreur	<input type="checkbox"/> Reçu un journal	Verbalisé lors de la navigation Vivacité / 10	<input type="checkbox"/> A <input type="checkbox"/> O
Observations :												
Cotation											Total =	

	12 Courrier	<input type="checkbox"/> Déposer le courrier	<input type="checkbox"/> Reçu un journal <input type="checkbox"/> Demande de l'avatar de le déposer	<input type="checkbox"/> Armoire / Dressing <input type="checkbox"/> porte coulissante <input type="checkbox"/> Fermée <input type="checkbox"/> 2 objets <input type="checkbox"/> Gants de boxe jaune <input type="checkbox"/> Livre jaune <input type="checkbox"/> Porte d'entrée ouverte	<input type="checkbox"/> Carrelage bleu/gris <input type="checkbox"/> Porte de la cuisine ouverte <input type="checkbox"/> Boitier d'alarme dans le hall <input type="checkbox"/> Horloge	<input type="checkbox"/> Armoire sur la D <input type="checkbox"/> Déposer sur l'étagère	<input type="checkbox"/> De l'extérieur, direction le hall de la maison Hall <input type="checkbox"/> Armoire / dressing <input type="checkbox"/> étagère <input type="checkbox"/> 2e en partant du haut <input type="checkbox"/> 4e en partant du bas	<input type="checkbox"/> Dressing à D	<input type="checkbox"/> Après avoir relevé le courrier	<input type="checkbox"/> Avatar content	Verbalisé lors de la navigation Vivacité / 10	<input type="checkbox"/> A <input type="checkbox"/> O
Observations :												
Cotation											Total =	

Ordre	Éléments	WHAT	DETAILS			WHERE ALLO	WHERE EGO	WHEN	CONSEQUENCES	PENSÉES / EMOTIONS (DETAILS INTERNES)	SOUVENIR	POINT DE VUE
			CAUSE	DÉTAILS PERCEPTIFS CENTRAUX	DÉTAILS PERCEPTIFS PÉRIPHÉRIQUES							
	13	Sèche linge	<input type="checkbox"/> Lancer le sèche linge <input type="checkbox"/> Bip sonore fin du programme de lavage	<input type="checkbox"/> Bip sonore strident <input type="checkbox"/> culotte jaune <input type="checkbox"/> Porte ronde machine à laver <input type="checkbox"/> Porte carré/rectangle du sèche linge	<input type="checkbox"/> Bac à linge brun (3 entrées) <input type="checkbox"/> Sèche linge <input type="checkbox"/> Manne de linge <input type="checkbox"/> Parapluie sur la machine à lessiver <input type="checkbox"/> Étagères de rangement	<input type="checkbox"/> Sortir le vêtement <input type="checkbox"/> Le mettre dans le sèche linge <input type="checkbox"/> Allumer le sèche linge	<input type="checkbox"/> Traverser le hall <input type="checkbox"/> passer par la cuisine <input type="checkbox"/> Buanderie <input type="checkbox"/> Machine à laver à G du sèche linge	<input type="checkbox"/> Buanderie à G <input type="checkbox"/> machines à droite	<input type="checkbox"/> Après boîte aux lettres	<input type="checkbox"/> Vêtement au sèche linge <input type="checkbox"/> Aller voir où en est la pizza	Verbalisé lors de la navigation Vivacité / 10 <input type="checkbox"/> A <input type="checkbox"/> O	
Observations :												
Cotation											Total =	
	14	Fin	<input type="checkbox"/> Quitter le scénario <input type="checkbox"/> Vérifier la pizza <input type="checkbox"/> Heure de partir	<input type="checkbox"/> Cuisine : <input type="checkbox"/> Carrelage gris <input type="checkbox"/> Mur brun clair <input type="checkbox"/> Horloge ronde <input type="checkbox"/> 12h47 <input type="checkbox"/> Argentée <input type="checkbox"/> Heure rouge	<input type="checkbox"/> Plaque de cuisson allumée avec poêle dessus <input type="checkbox"/> Boîte à pain ouverte	<input type="checkbox"/> Heure de partir <input type="checkbox"/> S'excuse pour le temps <input type="checkbox"/> Partie remise pour manger <input type="checkbox"/> Activité de l'avatar <input type="checkbox"/> Garagiste <input type="checkbox"/> fuite d'huile	<input type="checkbox"/> cuisine <input type="checkbox"/> Près de la porte de la buanderie	<input type="checkbox"/> Avatar face à lui <input type="checkbox"/> Four derrière lui <input type="checkbox"/> Dos au frigo / congélateur	<input type="checkbox"/> Après sèche linge	<input type="checkbox"/> Partir sans manger <input type="checkbox"/> Fin du scénario <input type="checkbox"/> Message de fin	Verbalisé lors de la navigation Vivacité / 10 <input type="checkbox"/> A <input type="checkbox"/> O	
Observations :												
Cotation											Total =	
TOTAL												

Annexe C. Exemple des éléments à rappeler

On vous demande donc de :

- Donner les **actions réalisées**
- Préciser le **moment et le lieu** où vous avez effectué les actions ;
- Les **raisons et conséquences** de ces actions dans l'environnement ;
- Donner un maximum de **détails visuels ou sonores** ;
- Donner les **détails verbaux** entendus ;
- **Situer les détails dans l'environnement** (visuellement, par rapport à vous, et les uns par rapport aux autres) ;
- Rappeler tous les **pensées et émotions associées**

« Ce matin à 10 heures (**moment**), j'ai été acheter un gâteau chez le boulanger (**action**) car ma sœur vient pour son anniversaire (**cause, raison**). Je suis donc sortie de chez moi, j'ai tourné à gauche (**situer un détail dans l'environnement – par rapport à soi**) et la boulangerie était plus un peu plus loin dans la rue à côté de la boucherie (**situer un détail dans l'environnement- par rapport aux autres**). Je me rappelle que le magasin s'appelait « Des rêves et du pain » (**détail visuel**). Quand je suis rentrée dans la boulangerie, la porte A grincé fortement (**détail sonore**) et la vendeuse m'a dit « Bonjour, Madame que puis-je vous servir ? » (**détail verbale**). À ce moment-là, j'ai pensé qu'elle était sympathique et polie (**émotions et pensées associées**). La vendeuse avait de longs cheveux attachés et des vêtements noirs avec un tablier rouge (**détails visuels**). J'ai demandé pour avoir un gâteau au chocolat (**action**) mais il n'y en avait plus. J'ai donc pris une tarte aux riz (**conséquence**). »

Tableaux

Tableau 1. *Données démographiques des participants*

Sujets	Sexe	Age (années)	Niv. Prof.	Niv. Sco. (années)	Fréquence d'utilisation	Expérience informatique	Délai imm./diff. (jours)	EMPAN -1
S1	H	54	1	15	0	1	6	5
S2	F	24	2	15	1	2	6	5
S3	F	51	2	15	2	1	6	5
S4	F	29	2	16	0	2	6	5

Tableau 2. *Profils cognitifs des quatre sujets*

Mémoire épisodique verbale

		Sujet 1	Sujet 2	Sujet 3	Sujet 4
CVLT	R1	Z= -1,3	Z= -0,67	Z= 2,31	Z= -0,17
	R5	P25-50	>P50	>P50	>P50
	RL immédiat	Z= -0,68	>P50	Z= 1,37	>P50
	RL différé	Z= -1,11	>P50	Z= 1,09	>P50
	Intrusions	P5-25	>P50	>P50	>P50

Fonctions exécutives

		Sujet 1	Sujet 2	Sujet 3	Sujet 4
Stroop	Dénomination	Z= 0,7	Z= 1,2	Z= 0,3	Z= 0
	Lecture	Z= 0,5	Z= 0,33	Z= -0,67	Z= -0,83
	Interférence	Z= 0,96	Z= 0,27	Z= -0,48	Z= 0,5
TMT	A	Z= 1,5	Z= -0,05	Z= 1,48	Z= 1,57
	B	Z= 1,02	Z= -0,02	Z= 1,09	Z= 1,44
Brown-Peterson	0'	Z= 0,4	Z= 0,19	Z= 0,4	Z= 0,19
	5'	Z= 0,31	Z= 0,51	Z= 0,31	Z= -0,17
	10'	Z= 0,6	Z= 0,13	Z= 0,19	Z= 0,63
	20'	Z= 0,91	Z= -1,7	Z= 0,66	Z= 0,66

Tableau 3. *Sentiment de reviviscence des sujets pour chaque action*

	ACTIONS													
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Moyennes	5,25	6	6,5	6,25	6,25	1,75	5,5	6	3,75	6,75	7,5	6,25	5,75	5
Écart-types	1,26	4,32	1	2,22	0,96	3,50	3,70	1,63	4,35	1,26	1,29	2,36	3,86	3,46

Tableau 4. Scores moyens et écart-types pour chaque catégorie de la tâche et ce pour les deux types de cotation

	Présence de détails							
	1	2	3	4	5	6	7	8
	/14	/14	/14	/14	/13	/14	/14	/14
Moyennes	11,75	10	10,5	4,5	9,25	10	8,5	9,75
Écart-types	2,50	3,16	2,38	0,58	3,59	2,16	1,91	3,30

	Nombre de détails							
	1	2	3	4	5	6	7	8
	/14	/14	/39	/45	/36	/34	/31	/14
Moyennes	11,75	10	18,75	6,5	13,75	18,5	11	9,5
Écart-types	2,5	3,16	4,72	1,73	5,74	5	2,94	3,11

1= What ; 2= Cause/ Conséquence ; 3= Détails perceptifs centraux ; 4= Détails perceptifs périphériques ; 5= Détails verbaux ; 6= Where allocentrique ; 7= Where égocentrique ; 8= When

Tableau 5. Nombre de détails internes totaux par action

	ACTIONS													
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Nombre de détails internes énoncés	1	4	3	3	2	2	3	1	1	2	0	0	2	3
Nombre de détails internes récupérés	0	1	0	1	1	0	2	0	0	0	-	-	1	3

Tableau 6. Jugements des sujets pour chaque catégorie du QAM classique

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
S1	1,5	1,75	2	2	2	2,25	0,5	1,6	1,17
S2	2,33	1,75	1,86	0,14	0	1,75	0,33	1,8	1
S3	1,33	1	1,71	0,28	1	1,25	0,17	1	1
S4	0,83	0,75	1,71	0,42	1,5	1,25	0,5	0,8	1
Moyennes	1,50	1,31	1,82	0,71	1,13	1,63	0,38	1,30	1,04

1 = Conversations ; 2 = Films et livres ; 3 = Distractions ; 4 = Personnes ; 5 = Mode d'utilisation d'objet ; 6= Événements d'actualités et connaissances générales ; 7 = Lieux ; 8 = Actions à effectuer ; 9 = Faits de la vie personnelle

Tableau 7. Nombre de plaintes énoncées par les sujets par catégories au QAM en ligne

	1	2	3	4	5	6	7	8	Nbr. plaintes / jours
S1	1	0	1	0	0	0	2	0	4/5 = 0,8
S2	1	1	0	0	0	0	0	1	3/3 = 1
S3	0	0	2	2	0	0	1	0	5/6 = 0,8
S4	0	0	0	0	0	0	0	0	0/6 = 0
Moyennes	0,5	0,25	0,75	0,5	0	0	0,8	0,25	

1 = Conversations ; 2 = Films et livres ; 3 = Distractions ; 4 = Personnes ; 5 = Événements d'actualités et connaissances générales ; 6 = Lieux ; 7 = Actions à effectuer ; 8 = Faits de la vie personnelle

Tableau 6. Jugements des sujets pour chaque catégorie du QAM classique

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
S1	1,5	1,75	2	2	2	2,25	0,5	1,6	1,17
S2	2,33	1,75	1,86	0,14	0	1,75	0,33	1,8	1
S3	1,33	1	1,71	0,28	1	1,25	0,17	1	1
S4	0,83	0,75	1,71	0,42	1,5	1,25	0,5	0,8	1
Moyennes	1,50	1,31	1,82	0,71	1,13	1,63	0,38	1,30	1,04

1 = Conversations ; 2 = Films et livres ; 3 = Distractions ; 4 = Personnes ; 5 = Mode d'utilisation d'objet ; 6= Événements d'actualités et connaissances générales ; 7 = Lieux ; 8 = Actions à effectuer ; 9 = Faits de la vie personnelle

Tableau 7. Nombre de plaintes énoncées par les sujets par catégories au QAM en ligne

	1	2	3	4	5	6	7	8	Nbr. plaintes / jours
S1	1	0	1	0	0	0	2	0	4/5 = 0,8
S2	1	1	0	0	0	0	0	1	3/3 = 1
S3	0	0	2	2	0	0	1	0	5/6 = 0,8
S4	0	0	0	0	0	0	0	0	0/6 = 0
Moyennes	0,5	0,25	0,75	0,5	0	0	0,8	0,25	

1 = Conversations ; 2 = Films et livres ; 3 = Distractions ; 4 = Personnes ; 5 = Événements d'actualités et connaissances générales ; 6 = Lieux ; 7 = Actions à effectuer ; 8 = Faits de la vie personnelle

Tableau 8. Le sentiment d'immersion dans la réalité virtuelle

	Présence	Engagement	Naturel	Effets négatifs
S1	3,75	3,77	3,8	2
S2	2,7	3	3,2	1
S3	4,3	4,15	3,8	2
S4	3,8	3,54	4	1,5
Moyennes	3,64	3,62	3,70	1,63

Tableau 9. Sensations de cybermalaise après l'expérience virtuelle

	Nausée	Oculo-moteur
S1	0	0
S2	0	0
S3	0,11	0,57
S4	0	0
Moyennes	0,0275	0,1425

Tableau 10. La compression temporelle

	S1	S2	S3	S4	Moyennes	Écart-types
Navigation (sec.)	604	568	665	563	600	47,02
Voyage (sec.)	64	38	121	23	61,5	43,13
Ratio	9,44	14,95	5,50	24,48	13,59	8,23

Résumé

Selon Tulving, la mémoire épisodique regroupe l'ensemble des événements que nous avons personnellement expérimentés, et nous offre la possibilité de faire un voyage mental dans le passé, ou dans le futur, rien qu'en y repensant. De plus, nos expériences contribuent à forger notre identité personnelle (Pause et al., 2013). Les troubles de la mémoire épisodique font parties des troubles neuropsychologiques qui sont les plus fréquemment rencontrés et ceux-ci ont de lourdes conséquences sur le quotidien des individus. Il semble donc nécessaire que les professionnels possèdent des épreuves qui permettent de mesurer ce système de mémoire de manière adéquate. Cependant, les épreuves neuropsychologiques classiques évaluant cette mémoire, telles que les listes de mots, ne correspondent pas entièrement aux difficultés que les patients peuvent rencontrer dans leur vie quotidienne (Chaytor & Schmitter-Edgecombe, 2003). Afin de contrer cette limite de validité écologique, nous avons créé une épreuve en réalité virtuelle.

Cette recherche a pour objectif d'utiliser les avantages de la réalité virtuelle afin de proposer une évaluation écologique de la mémoire épisodique. Nous avons donc élaboré cette étude dans la lignée des études de Plancher et al. (2013) et de Ouellet et al. (2018), qui ont déjà apporté des informations concernant l'utilisation de la réalité virtuelle comme outil écologique en neuropsychologie. Néanmoins, il faut savoir que ce mémoire a été réalisé durant la pandémie du virus COVID-19. Il n'a donc pas été possible de recruter un large échantillon de participants, au vu du caractère inédit de la présente situation. Cependant, avant le début du confinement, nous avons réussi à évaluer quatre sujets sains, nous permettant ainsi de réaliser une étude de cas. Nous voulons attirer l'attention des lecteurs sur le fait que, dans cette étude, nous n'avons pas été en mesure de vérifier nos hypothèses au moyen d'analyses statistiques, et que nous nous sommes contentés de présenter des observations hypothétiques. Il est donc nécessaire d'interpréter ces résultats avec une grande prudence.