

Université de Montréal

**Évaluer la réalisation d'une intention avec le Virtual Multitasking Test 3^e édition :
Une étude de validité du construit**

par Marianne Provencher

Département de Psychologie
Faculté des Arts et des Sciences

Essai doctoral d'intégration présenté
en vue de l'obtention du grade de
Doctorat en Psychologie,
option Neuropsychologie Clinique (D. Psy.)

27 août 2018

© Marianne Provencher, 2018

Résumé

Problématique : La mémoire prospective (MP) est un processus cognitif complexe qui implique de se souvenir de réaliser une intention dans le futur (Ellis, 1996). La MP est reconnue pour sa contribution à l'autonomie et à la sécurité de la personne dans la vie quotidienne. Ainsi, dans plusieurs contextes cliniques, dépister les troubles de la MP pourrait avoir une utilité pronostique et thérapeutique. Or, les tests neuropsychologiques traditionnels ne reflètent pas assez bien la complexité des tâches quotidiennes. La réalité virtuelle (RV) apparaît être une alternative intéressante, étant donné les protocoles d'évaluation écologiquement valides qu'elle permet d'élaborer. Dans cette foulée, le *Virtual Multitasking Test-3* (VMT-3), un appartement tridimensionnel, permet d'évaluer la MP grâce à plusieurs types de tâches similaires au quotidien. **Objectif** : L'objectif de cette recherche était de valider le VMT-3 sur plan du construit en le comparant avec deux outils standardisés, et reconnus comme étant écologiques, soit le Rivermead Behavioural Memory Test-3 (RBMT-3) et le Cambridge Prospective Memory Test (CAMPROMPT). **Méthode** : L'échantillon final comprenait 102 participants sains, dont 48 femmes et 54 hommes d'une moyenne d'âge de 41 ans. Nous avons comparé les performances des sujets à des épreuves traditionnelles de MP et de mémoire épisodique (ME), ainsi que dans le VMT-3. **Résultats** : Les corrélations issues de la présente étude ont principalement révélé des liens significatifs entre les indices du VMT-3 et les indices de ME et de MP du RBMT-3. Le CAMPROMPT est quant à lui seulement corrélé avec les tâches *event-based* du VMT-3. **Conclusion** : Ces résultats suggèrent que le VMT-3 propose des indices valides de MP de type EB. Des recherches supplémentaires sont nécessaires afin de poursuivre cette étude de validation. L'interprétation des résultats suggère que la réalisation du VMT-3 est possible grâce

à un amalgame de fonctions cognitives, dont la MP, les fonctions exécutives et le *multitasking*. Nous suggérons que le VMT-3 soit maintenant comparé à des tests neuropsychologiques écologiques qui évaluent le *multitasking*.

Mots clés : mémoire prospective, validité concomitante, psychométrie, neuropsychologie, évaluation écologique, réalité virtuelle.

Abstract

Background: Prospective memory (PM) is a complex cognitive process which involves remembering realizing an intention in the future (Ellis, 1996). PM is recognized for its implication on autonomy and safety of the person in everyday life. In several clinical contexts, detecting PM disorders could have a therapeutic utility. Yet, the traditional neuropsychological tests do not represent well enough the complexity of daily tasks. However, virtual reality represents an interesting alternative given its good ecological validity. Virtual Multitasking Test-3 (VMT-3), a three-dimensional apartment, helps to estimate PM thanks to several everyday life tasks. **Objective:** The objective of this research is to validate the VMT-3 on a theoretical plan by comparing it with two standardized neuropsychological tests that are recognized as being ecological (RBMT-3 and CAMPROMPT). **Method:** The final sample involves 102 healthy participants, among whom 48 women and 54 men with an average age of 41. We compared the subjects' performance using traditional tests of PM and episodic memory (EM) as well as the VMT-3. **Results:** The correlations of this present study found significant links between index of the VMT-3 and index of ME and MP part of the RBMT-3. The CAMPROMPT was only correlated with *event-based* index of the VMT-3. **Conclusion:** The VMT-3 proposes valid indications of PM (event-based type). Future research is necessary to continue this validation study. The results' interpretation suggests that the realization of the VMT-3 is possible thanks to some cognitive functions, among which the PM, the executive functions and the multitasking. We suggest that the VMT-3 should be compared with ecological neuropsychological tests which evaluate multitasking abilities.

Keywords: prospective memory, validity criteria, psychometry, neuropsychology, ecological assessment, virtual reality.

Table des matières

Résumé.....	i
Abstract.....	iii
Table des matières.....	v
Liste des tableaux.....	vii
Liste des figures.....	viii
Liste des annexes.....	ix
Liste des abréviations.....	x
Remerciements.....	xi
Avant-propos.....	xiii
Contexte théorique.....	1
Mémoire prospective.....	1
Type de rappel.....	3
Évaluation.....	4
Batteries d'évaluation.....	5
Évaluation par observation.....	7
Réalité virtuelle.....	8
Évaluation par la réalité virtuelle.....	8
Objectif et hypothèse de recherche.....	12
Méthode.....	14
Participants.....	14
Déroulement.....	17
Instruments de mesure de contrôle.....	18

Évaluation psychologique de l'humeur	18
Questionnaires post-expérimentation.....	20
Outils d'évaluation neuropsychologique	21
Matériel.....	24
Protocole expérimental : VMT-3	25
Phase d'entraînement.....	25
Phase d'expérimentation.....	25
Évaluation de la MP dans un contexte de multitasking en RV.....	27
Système de cotation	27
Analyses statistiques	28
Résultats.....	30
Résultats obtenus sur les mesures de contrôle	30
Transformation des données	31
Corrélation items-tout – réalité virtuelle.....	32
Validité de critère.....	32
Discussion.....	34
Références.....	49
Appendice A	59
Appendice B.....	60

Liste des tableaux

Tableau 1 <i>Données sociodémographiques des participants</i>	16
Tableau 2 <i>Données sur les habiletés technologiques</i>	17
Tableau 3 <i>Description des tâches prospectives</i>	27
Tableau 4 <i>Système de cotation</i>	28
Tableau 5 <i>Moyennes et écarts-types obtenus pour les mesures de contrôle</i>	31
Tableau 6 <i>Analyses corrélationnelles principales</i>	33
Tableau 7 <i>Résultats (en score Z) obtenus aux tâches de mémoire dans le VMT-3 selon l'âge des participants</i>	60

Liste des figures

Figure 1. Photo prise du four dans le VMT-3	42
---	----

Liste des annexes

Appendice A Recette du poulet rôti présentée aux participants	59
Appendice B Tableau 7.....	60

Liste des abréviations

AB : Activity-based

BDI : Beck Depression Inventory

CAMPROMPT : Cambridge Prospective Memory Test

EB : Event-based

EV : Environnement virtuel

FE : Fonctions exécutives

MA : Maladie d'Alzheimer

ME : Mémoire épisodique

MoCA : Montreal Cognitive Assessment

MP : Mémoire prospective

NASA-TLX : NASA TaskLoad Index

PRMQ : Prospective and Retrospective Memory Questionnaire

RD : Rappel différé

RI : Rappel immédiat

RBMT-3 :Rivermead Behavioural Memory Test-3

RV : Réalité virtuelle

STAI : State-Trait Anxiety Inventory

TB : Time-based

VMT-3 : Virtual Multitasking Test-3

Remerciements

Je tiens à remercier d'abord et avant tout Monsieur Frédéric Banville, mon directeur de recherche. Tu m'as permis d'explorer le monde de la recherche à mon rythme et tu as su me soutenir dans les moments plus difficiles. Ta patience, ta flexibilité, ton écoute et ton soutien ont été grandement appréciés. Tu m'as également encouragée et soutenue dans mon désir de vouloir découvrir de nouvelles cultures dans le cadre de mon essai doctoral. Mes voyages au Japon et en France ont été possibles, en grande partie, grâce à ta collaboration et à ton aide précieuse. Merci pour tout et au plaisir de travailler ensemble dans le futur. Je voudrais aussi remercier Monsieur Philippe Allain, mon co-directeur, d'avoir accepté de me superviser ainsi que de m'avoir permis de réaliser ma collecte de données à l'Université d'Angers. Votre accueil chaleureux, votre soutien et vos démarches pour me trouver des stages cliniques ont été grandement appréciés.

Un merci spécial à Édith qui a toujours pris le temps de me soutenir et de m'aider dans mon cheminement académique et de recherche. Un merci sincère pour ton amitié authentique, ta présence réconfortante et tes précieux conseils qui m'ont aidée à tous points de vue. Un grand merci à Isabelle et Thomas pour leurs précieuses collaborations et contributions à mon projet de recherche.

J'aimerais remercier mes collègues doctorantes qui m'ont accompagnée dans ce processus laborieux. Nos nombreuses sorties, nos moments de fou rire et notre voyage resteront gravés dans ma mémoire. La jungle de Cuba aura permis de nous rapprocher et j'en suis ravie. Chaque année, un voyage s'impose afin de garder cette amitié à long terme. J'ai bien hâte de lancer mon mortier à vos côtés pour souligner ces quatre années d'efforts et de persévérance.

Un merci spécial à Cindy avec qui j'ai adoré passer des moments à rire et à travailler. Nous avons formé une très belle équipe au cours de nos années au doctorat et je suis très reconnaissante de cette belle amitié.

Enfin, j'aimerais remercier mes parents de m'avoir toujours soutenue et encouragée dans mon parcours scolaire. Un merci spécial à mon père qui a souvent pris du temps pour m'aider dans mes études que ce soit pour corriger des travaux, écouter mes exposés oraux ou à me préparer pour mes entrevues. Merci du fond du cœur.

Avant-propos

La MP, qui intègre un ensemble de fonctions cognitives, dont les fonctions exécutives (FE) et la mémoire épisodique (ME), est essentielle pour la réussite d'une vie indépendante au quotidien (Canty, Fleming, Patterson, Green, Man, & Shum, 2014). En effet, elle permet de maintenir l'autonomie (Costa et al., 2010; Lecouvey, Gonneaud, Eustache, & Desgranges, 2012), les relations sociales de même qu'elle contribue à la sécurité des individus (McDaniel, Einstein, & Rendell, 2008). À cet effet, un déficit de MP peut avoir des répercussions négatives sur les plans professionnel, social et personnel, altérant ainsi la qualité de vie (Lecouvey et al., 2012; Rendell & Henry, 2009; Woods, Weinborn, Li, Hodgson, Ng, & Bucks, 2015). Plusieurs études scientifiques ont démontré la pertinence d'évaluer la MP dans le contexte du vieillissement normal. La performance aux tâches de MP semblerait diminuer avec l'avancée en âge (Blanco-Campal, Coen, Lawlor, Walsh, & Burke, 2009; Gao, Cheung, Chan, Chu, & Lee, 2013). Certains chercheurs appuient effectivement l'idée que le déclin de la MP s'effectuerait via une évolution graduelle et progressive dans le temps (Gao et al., 2013; Smith & Bayen, 2006). Il est également suggéré que ce type de mémoire est altéré chez les personnes souffrant d'un trouble neurocognitif léger ou majeur (Blanco-Campal et al., 2009; Costa, Perri, Zabberoni, Barban, Caltagirone, & Carlesimo, 2011; Delprado et al., 2012; Ducheck et al., 2006 ; Karantzoulis, Toyer, & Rich, 2009; Schmitter-Edgecombe, Woo, & Greeley, 2009; Thompson, Henry, Rendell, Withall, & Brodaty, 2010; Troyer & Murphy, 2007). L'évaluation du fonctionnement de la MP est donc primordiale dans le contexte du vieillissement, et ce, principalement comme un indice sensible au déclin normal et pathologique. Cependant, elle demeure, encore aujourd'hui, un sujet peu étudié et rarement évalué en contexte clinique. Ceci

s'explique par le peu d'outils valides d'évaluation ainsi que par le fait que la MP demeure somme toute une fonction cognitive complexe.

La MP représente donc une sorte de « réseau cognitif » qui se déploie principalement dans la vie quotidienne. En effet, la personne réalisant des tâches de MP doit auto-générer des comportements, basé sur des plans précis, en n'ayant aucune indication s'ils sont justes ou non. Dans un contexte de laboratoire, il devient difficile de pouvoir reproduire ce genre de situation et les tâches de MP sont souvent peu représentatives d'un point de vue écologique. Une alternative intéressante ayant récemment émergé est l'utilisation de la RV afin de recréer des environnements familiers, et ce, dans un contexte de laboratoire.

L'utilisation de la RV pourrait constituer un bon compromis entre les tâches naturelles, qui n'évaluent pas exclusivement la MP, et les tâches de laboratoire, qui présentent certaines limites sur le plan de la validité écologique. Le présent projet de recherche a été développé dans l'optique de pouvoir valider un ensemble de tâches évaluant la MP via la RV non immersive. Cette recherche vise donc à s'assurer que les tâches prospectives, dont la validité apparente est assurée (Banville, Couture, Verhulst, Besnard, Richard, & Allain, 2017), sont valides en comparaison à des critères soigneusement choisis. Dans une visée à plus long terme, cette recherche vise à dépister précocement les déficits de MP, afin d'intervenir plus précocement dans le processus normal de vieillissement et de maintenir l'autonomie fonctionnelle des personnes atteintes de troubles cognitifs subtils ou légers.

Contexte théorique

Mémoire prospective

La MP se définit comme étant la capacité de se souvenir d'effectuer une action à un moment précis dans le futur (Ellis, 1996; Lecouvey et al., 2012; Trawley, Law, & Logie, 2011), tout en étant également engagé dans une autre activité (Debarnot et al., 2015), nommée la tâche concurrente (*ongoingtask*). La MP implique que les participants doivent interrompre la réalisation de la tâche concurrente afin de réaliser l'intention (Rouleau et al., 2016). Pour ce faire, il est important qu'ils voient la tâche concurrente comme importante et qu'ils puissent s'y investir de manière significative. De plus, la tâche concurrente doit bien s'harmoniser avec les tâches de MP afin qu'elle apparaisse comme une composante naturelle de la situation (Graf & Uttl, 2001 ; McDaniel & Einstein, 2007). Par ailleurs, il est reconnu que la réalisation d'une tâche de MP se réalise généralement en considérant cinq principales étapes : 1) formation d'une intention; 2) maintien de l'intention; 3) récupération de l'intention en mémoire; 4) mise en action à un moment précis ou en réaction à un stimulus de l'environnement afin de réaliser l'intention; et 5) juger de la réussite de la tâche puis revenir à la tâche en cours (Ellis, 1996; Giebel, Challis, & Montaldi, 2015; Kliegel, Jäger, & Phillips, 2008; Rendell & Henry, 2009). Les caractéristiques de cette dernière impliquent qu'elle doit être suffisamment exigeante, en termes de processus attentionnels et exécutifs, pour compromettre le maintien de la tâche prospective dans la mémoire de travail pendant le délai d'attente (Burgess, Scott, & Frith, 2003; McDaniel & Einstein, 2007). Le niveau de charge mentale élevée exige ainsi le partage des ressources attentionnelles des participants (Burgess, Scott, & Frith, 2003). L'intention doit être conservée en mémoire, et ce, malgré le fait qu'elle ne soit pas continuellement dans le champ de

conscience. En ce sens, cette composante permet de faire la distinction avec les tâches de vigilance ou de mémoire de travail (Burgess, Scott, & Frith, 2003; Rouleau et al., 2016). Il existe plusieurs exemples de tâches concurrentes ayant été utilisées par différents chercheurs, par exemple, mettre la table (Craik & Bialystok, 2006), faire des casse-têtes ou regarder un film (Van den Berg, Kant, & Postma, 2012).

Selon Einstein et McDaniel (1990, 1996), il existe deux composantes cognitives à la MP, l'une étant rétrospective et l'autre prospective. Ainsi, la première correspond à la ME, qui permet d'encoder la consigne reliée à l'action qui sera réalisée dans le futur, à stocker et à récupérer ces informations en temps opportun. Cette composante mnésique soutient ainsi les processus de mémorisation et de récupération de l'intention (c.-à-d. du contenu de la consigne), du moment prévu et de l'action à réaliser (Burgess, 2000). La deuxième soutient les processus nécessaires pour exécuter l'intention qui a été planifiée et rappelée en mémoire. Cette composante exécutive implique de juger de la pertinence des informations en temps opportun, d'inhiber des actions inappropriées, de réaliser certaines actions ainsi que d'arrêter et de reprendre, par la suite, la réalisation de la tâche concurrente. À cet effet, les FE jouent un rôle central dans le fonctionnement de la MP, (Costa et al., 2010; Rendell & Henry, 2009) puisque les tâches doivent se faire de manière auto-générée, en récupérant soi-même l'intention en mémoire (Blanco-Campal et al., 2009; Einstein, McDaniel, & Scullin, 2012; Rendell & Henry, 2009) au temps opportun. L'aspect multitâche de la MP soutient également l'apport des FE dans la réalisation de l'intention (Banville, Nolin, Lalonde, Henry, Dery, & Villemure, 2010). Ainsi, afin de s'assurer de la validité des tâches de la MP, il est nécessaire que les participants soient engagés dans au moins deux types de tâches différentes et mutuellement exclusives, soit une tâche concurrente ainsi que la ou les tâches de MP. L'évaluation de la MP doit prévoir le passage

du temps (d'une durée suffisamment longue) en vue de la réalisation de l'intention. Elle doit donc absolument dépasser 2 minutes afin de s'assurer de ne pas évaluer exclusivement la mémoire de travail.

Type de rappel. Il est également reconnu qu'il existe trois modes de récupération de l'intention : un rappel basé sur l'évènement (*event-based*; EB), un rappel basé sur le temps (*time-based* ; TB) ainsi qu'un rappel basé sur l'activité (*activity-based* ; AB). Le rappel de type EB est déclenché par l'apparition d'un indice prospectif dans l'environnement (Banville, 2014; Canty et al., 2014; Lecouvey et al., 2012). Par exemple, c'est le cas lorsqu'un individu doit se souvenir de nourrir un poisson au moment où il l'aperçoit dans son aquarium. L'indice peut être focal ou non-focal (McDaniel & Einstein, 2000). Le premier est sollicité lorsque la tâche concurrente et la tâche de MP nécessitent des processus cognitifs similaires. De fait, la récupération de l'intention serait automatique (Kliegel, Jäger, & Phillips, 2008). Le second réfère aux situations où la tâche concurrente et la tâche prospective engagent des traitements cognitifs différents. La récupération de l'intention nécessite davantage de processus intrinsèques tels que de l'auto-régulation et de l'inhibition (Kliegel, Jäger, & Phillips, 2008). Selon un groupe de chercheurs (Debardnot et al., 2015), la récupération de l'information en mémoire est optimale si l'indice environnemental est congruent avec la tâche à réaliser (p. ex. : aller acheter du pain dans une boulangerie vs aller poster une lettre au restaurant). La tâche est de type TB lorsqu'une action doit être réalisée à un moment précis, ou à la suite d'un laps de temps prédéterminé (Canty et al., 2014; Lecouvey et al., 2012). À titre d'exemple, un individu doit se rappeler de son rendez-vous à 13h45 ou d'aller retrouver son ami dans 30 minutes (Canty et al., 2014; Lecouvey et al., 2012). Ce type de tâches nécessite davantage de mécanismes autogénérés et autogérés, puisqu'elles doivent être réalisées sans l'aide d'un indice externe (Van Den Berg, Kant, &

Postma, 2012), si ce n'est de regarder l'heure sur sa montre ou sur une horloge. Finalement, la récupération de l'intention se fait à la fin ou au début d'une activité dans le cas d'une tâche de type AB (Canty et al., 2014; Lecouvey et al., 2012). Par exemple, lorsqu'un individu termine la cuisson de ses pâtes, il doit se souvenir de fermer le rond de la cuisinière.

Évaluation. Les évaluations traditionnelles sont peu représentatives des activités quotidiennes, ce qui permet difficilement de prédire la performance aux tâches telle qu'observée dans le quotidien à partir des résultats obtenus aux tests neuropsychologiques (Spooner & Pachama, 2006). Afin de faciliter la capacité de prédire le fonctionnement d'une personne dans la vie quotidienne, il est suggéré d'utiliser un instrument ayant de bonnes qualités psychométriques sur le plan de la validité écologique (Nolin, Banville, Cloutier et Allain, 2013). La validité écologique réfère au fait que les tâches proposées aux participants sont réalistes, naturelles et plausibles en fonction de la réalité quotidienne. Spécifiquement, en regard de la MP, elles doivent aussi ne pas donner de rétroaction immédiate aux participants, eu égard à la réussite ou non de la tâche.

Il existe quelques protocoles d'évaluation de la MP standardisés et considérés comme étant davantage écologiques, c'est-à-dire qu'ils tentent de reproduire des situations semblables de la vie quotidienne (p. ex. : se rappeler de poster une lettre, d'appeler l'expérimentateur le lendemain de la tâche pour lui indiquer le nombre d'heures de sommeil de sa dernière nuit, etc.). Ces tâches ont l'avantage de se réaliser à travers différentes activités instrumentales de la vie quotidienne. Or, le contrôle expérimental est beaucoup plus limité pour ce type d'épreuves. Il est effectivement difficile de contrôler l'environnement dans lequel les participants se retrouvent lors de la réalisation des tâches de MP ou l'utilisation d'aides externes. Afin de combler ces

lacunes, des batteries standardisées ont alors été développées afin d'être à la fois écologiques, standardisées, valides et fiables. Ces outils sont toutefois encore très près des situations traditionnelles d'évaluation. Or, les principales problématiques concernant l'évaluation neuropsychologique de la MP sont un manque de standardisation dans la passation des tests ainsi qu'un manque de tâches naturelles et plausibles dans le quotidien (Morris, Kotisa, Bramham, Brooks & Rose, 2002). En effet, la complexité du fonctionnement de la MP fait qu'il est difficile de le reproduire fidèlement à travers des tâches de type papier-crayon, ce qui a conduit les chercheurs à se tourner vers des outils plus écologiques. Les évaluations traditionnelles sont effectivement peu représentatives des activités quotidiennes, ce qui permet difficilement de comparer les résultats obtenus aux tests à la performance effectuée dans un milieu réel. Ceci limite donc le potentiel de prédiction en regard de l'autonomie d'une personne dans son environnement (Spooner & Pachama, 2006).

Batteries d'évaluation. Afin de pallier cette limite, certains tests neuropsychologiques, de type papier-crayon, évaluent la MP de manière dite écologique, tels que le *Rivermead Behavioural Memory Test* (RBMT ; Wilson, Baddeley, Cockburn et Hiorns, 1989, 1991, 2010) et le *Cambridge Prospective Memory Test* (CAMPRMPT ; Wilson et al., 2005). Le RBMT-3 (Wilson et al., 2010) évalue, par l'intermédiaire de dix sous-tests, la ME (mémoire verbale : *Prénoms et noms, Histoire* ; mémoire visuelle : *Images, Visages* ; mémoire spatiale : *Parcours*), l'orientation (*Orientation et dates*), l'apprentissage (*Nouvelle tâche*) et la MP (*Objets personnels ; rendez-vous ; Message/Livre*). La MP est donc évaluée à l'aide de trois tâches de type EB. Il s'agit des sous-tests de l'objet personnel (se rappeler, à la fin du test, de réclamer un objet confié à l'examineur), de la sonnerie (poser 2 questions à l'examineur lorsqu'une

sonnerie retentit) et du message (ne pas oublier de déposer une enveloppe sur une chaise lors d'un trajet prédéterminé dans la salle d'évaluation). Le RBMT-3 est utilisé pour prédire les déficits mnésiques dans la vie quotidienne et il possède une bonne validité écologique (Man, Chan, & Yip, 2015). Selon plusieurs études, ce test est sensible pour détecter les personnes présentant des déficits importants sur le plan mnésique. Or, le RBMT-3 présente certains inconvénients, dont un effet plafond qui survient rapidement, ce qui permet difficilement de dépister les déficits mnésiques plutôt légers.

Le CAMPROMPT évalue exclusivement la MP à l'aide de 3 tâches prospectives de type EB (p. ex. : lorsque les participants répondent à une question cible, ils doivent donner un objet à l'examineur) et 3 tâches prospectives de type TB (p. ex. : après 9 minutes, les participants doivent changer de tâche) qui simulent des activités de la vie quotidienne. La tâche concurrente consiste à résoudre différents problèmes tels que des mots-cachés, des labyrinthes, etc. Les participants sont autorisés à utiliser des stratégies externes pour se rappeler des choses à faire, comme prendre des notes sur une feuille, ce qui représente une limite importante de ce test. Dans ce cas, on obtient des résultats évaluant la capacité des participants à utiliser des aides externes plutôt que leurs capacités à maintenir une intention en mémoire (Rouleau et al., 2016). Aussi, les stratégies utilisées diffèrent d'un participant à l'autre, puisque certains prennent des notes détaillées tandis que d'autres n'en prennent aucune, ce qui limite les comparaisons possibles entre les résultats obtenus des participants. Le CAMPROMPT possède toutefois une bonne validité convergente et de construit, ainsi qu'une bonne fidélité test-retest (Wilson et al., 2005).

Évaluation par observation. Dans le but d'évaluer des personnes dans un contexte quotidien, des chercheurs ont créé des tâches écologiques dans un milieu de vie réel. Il est alors nécessaire de suivre les participants dans un milieu quotidien, tel que dans un hôpital ou un centre commercial, alors qu'ils réalisent différentes tâches. Le *Mutiple Errand Test* (MET ; Shallice & Burgess, 1991) est le précurseur de ce type d'approche. Ce test demandait aux participants de compléter, dans un quartier commerçant de Londres, 6 tâches simples de type EB (p.ex. : acheter un pain, acheter un paquet de pastilles pour la gorge), une tâche de type TB (p. ex. : se rendre à un endroit 15 minutes après le début de la tâche pour rencontrer l'évaluateur ou lui transmettre un message) et une tâche plus complexe (p. ex. : inscrire 4 types d'information sur une carte postale), et ce, sans enfreindre certaines règles arbitraires. En effet, les participants devaient dépenser le moins d'argent possible et réaliser les tâches le plus rapidement possible, et ce, dans l'ordre de leur choix. Ils devaient entrer dans un magasin seulement s'ils ont quelque chose à y acheter et avertir les chercheurs des achats réalisés (Shallice & Burgess, 1991). Les principales fonctions cognitives nécessaires à la réalisation du MET sont la ME, la MP (réaliser une intention) et la planification (Burgess, 2000). Le MET présente une bonne validité écologique, puisqu'il est réalisé dans un environnement réel et que les actions demandées aux participants sont semblables à celles retrouvées dans le quotidien (Burgess et al., 2006). Cependant, le MET présente plusieurs désavantages, soit un manque de standardisation influençant directement les performances étant donné l'impossibilité de prévoir les imprévus pouvant survenir dans un milieu réel. Aussi, le MET nécessite l'utilisation de plusieurs ressources humaines et demande plus de temps qu'une évaluation traditionnelle, ce qui diminue la faisabilité d'utiliser largement ce type d'évaluation.

En somme, considérant les limites de ces différentes épreuves écologiques, il est essentiel de créer un protocole d'expérimentation se voulant plus représentatif du quotidien afin de pouvoir mieux évaluer la MP.

Réalité virtuelle

Évaluation par la réalité virtuelle. La RV constitue ainsi une alternative intéressante pour l'évaluation écologique de la MP étant donné sa capacité à recréer un environnement familier, représentatif de la vie quotidienne. La RV se définit comme un procédé informatique permettant à un individu d'être immergé dans un environnement simulé par ordinateur au sein duquel il peut recevoir de multiples stimulations (p. ex. : visuelles ou auditives). Il peut également interagir avec les objets présents dans l'environnement en posant une variété d'actions en temps réel (Lecouvey et al., 2012), tout en ayant des rétroactions sur l'impact de ses actions dans l'environnement. L'exposition à l'EV peut être de nature variable puisqu'elle peut se faire selon un mode non immersif ou un mode immersif. Le mode non immersif nécessite que l'EV soit projeté sur un moniteur, une télévision ou un mur alors que le mode immersif permet aux participants d'être immergés dans l'EV grâce à un visiocasque ou à une voûte immersive (Banville, 2014).

À des fins d'évaluation neuropsychologique, la RV constitue un choix innovant et prometteur puisqu'elle permet de satisfaire les critères d'un environnement écologiquement valide en possédant également de bonnes qualités psychométriques, telles la sensibilité et la spécificité de la mesure (Canty et al., 2014). La RV permet également un contrôle accru sur les différentes variables présentes dans l'environnement (Allain et al., 2014; Banville et al., 2010). Par ailleurs, l'enregistrement automatique des résultats des participants pendant la réalisation

des tâches permet de diminuer le risque d'erreur de cotation (Nolin, Stipanici, Henry, Joyal, & Allain, 2012). L'utilisation de la RV permet de recréer des environnements quotidiens à l'intérieur d'un laboratoire de recherche.

Plusieurs études ont démontré que l'utilisation de la RV permet de bien prédire le comportement des participants dans la vie réelle (Allain et al., 2014, Greenwood, Morris, Smith, Jones, Pearman, & Wykes, 2016, Nir-Hadad, Weiss, Waizman, Schwartz, & Kizony, 2017). En effet, celles-ci permettaient de constater des performances similaires des participants pour une même tâche, et ce, qu'elle soit effectuée dans la réalité ou dans un environnement virtuel (EV). Plus spécifiquement, Allain et ses collaborateurs (2014) ont évalué, de manière non immersive, la préparation d'une tasse de café dans un EV ainsi que dans une situation réelle. Des corrélations positives entre la performance en RV et dans la vie réelle des participants avec la maladie d'Alzheimer (MA) ont été soulevées, et ce, sur plusieurs mesures, soit le temps d'exécution de la tâche, le score de réussite de la tâche, le nombre total d'erreurs et le nombre d'erreurs de commission. Par ailleurs, le temps de réalisation des personnes âgées neurologiquement saines était significativement et positivement corrélé avec le temps de réalisation dans l'EV. Ensuite, des chercheurs ont réalisé une étude dans laquelle les participants faisaient des achats dans un supermarché réel et virtuel, soit avec le *Virtual Reality Functional Capacity Assessment Tool* (Greenwood et al., 2016). Les mesures de précision (nombre d'articles correctement sélectionnés) et d'efficacité (temps de réalisation de la tâche et le nombre de rangées du magasin visitées dépassant le nombre minimum selon le parcours le plus efficace) dans l'EV et dans la vie réelle étaient corrélées. Enfin, les participants d'une autre étude étaient séparés en deux groupes, soit ceux ayant vécu un accident vasculaire cérébral et un groupe contrôle (Nir-Hadad et al., 2017). Ils devaient réaliser diverses tâches dans une

épicerie virtuelle et dans une cafétéria d'hôpital dans la vie réelle. Leurs tâches consistaient à acheter des items particuliers (p. ex. : lait) sans dépasser le budget permis. Des corrélations ont été trouvées entre les performances des participants aux tâches complétées dans l'environnement réel et dans l'EV. Les résultats de ces diverses études permettent de mettre en lumière la validité écologique des tâches qui sont créées dans des EV, puisqu'elles permettent, effectivement, de bien prédire les performances dans un environnement réel, et ce, de manière souvent plus précise qu'un test neuropsychologique traditionnel (Parsons, 2001, Riva, Mantovani & Gaggioli, 2004, Rizzo & Buckwalter, 1997, Rizzo & Kim, 2005).

Différents environnements virtuels (EV) ont été créés pour évaluer la MP, tels que des magasins de fruits, des logements, des supermarchés, des rues/villes ou même des plages (Canty et al., 2014; Lecouvey et al., 2012) afin d'évaluer différentes problématiques. Certains EV ont été créés pour évaluer certaines composantes mnésiques, et ce, auprès d'une population saine. Par exemple, Parsons et Barnett (2017) ont créé un supermarché virtuel, soit *The Virtual Environment Grocery Store* (VEGS). Dans cet EV, plusieurs tâches sollicitent des processus cognitifs tels que la capacité à faire plusieurs tâches en alternance (multitâche), la ME et la MP. Dans cette étude, il est demandé aux participants de faire ses courses en achetant différents items mémorisés avant l'immersion (tâche concurrente) ainsi que de réaliser deux tâches de MP : après 2 minutes, les participants doivent valider un coupon à une machine (tâche TB) et lorsque le pharmacien annonce son numéro, ils doivent se diriger vers lui pour obtenir sa prescription (tâche EB). Aussi, le *Edinburgh Virtual ErrandsTask* (EVET) a été mis sur pied afin d'évaluer la contribution de plusieurs fonctions cognitives comme la planification, la mémoire de travail ainsi que différents types de mémoire tels que prospective, rétrospective et visuospatial sur les capacités de *multitasking* (Logie, Trawley & Law, 2011). L'EV représente un édifice urbain de

4 étages avec plusieurs bureaux, 2 escaliers et un ascenseur central (Logie, Trawley & Law, 2011). Les participants doivent accomplir 8 tâches dans un délai de 8 minutes, dont 3 tâches qui nécessitaient de récupérer un objet pour le déplacer à un autre endroit et 2 tâches qui présentaient des contraintes temporelles (p. ex. : allumer un téléviseur à 5 minutes 30 secondes), soit des tâches de type TB. Les tâches sont réalisées dans l'ensemble de l'édifice, puisque la plupart d'entre elles demandent aux participants de ramasser un objet dans un bureau pour le déplacer à un autre endroit. En somme, les études suggèrent que les EV possèdent une bonne validité écologique.

Cependant, certains inconvénients inhérents à l'utilisation de la RV ont également été soulevés. En effet, il existe des facteurs propres à la technologie qui peuvent interférer lors de la réalisation des tâches dans l'EV et donc influencer le profil cognitif obtenu ou la validité des tâches, dont les suivantes : 1) La familiarité avec le matériel technologique utilisé en RV influence directement les performances obtenues par les participants, et plus particulièrement lorsque ceux-ci sont âgés (Banville et al., 2017; 2018 ; Massicotte, Lussier, Tabet & Banville, 2017; Verhulst, Banville, Richard & Allain, 2018). 2) Les interfaces personne-machine (utilisation de la souris, du clavier, etc.) qui permettent l'interaction avec les objets présents dans l'EV provoquent une élévation de la charge cognitive, impactant ainsi sur la réalisation de la tâche (Banville et al., 2017). 3) Le sentiment de présence, soit le sentiment d'être réellement présent dans l'environnement (Sadowski & Stanney, 2002), peut aussi influencer directement la performance. Une étude a démontré que les jeunes adultes jugent moins réalistes que les personnes âgées, les interactions qu'ils ont dans un EV (Banville et al., 2018). Ceci peut interférer avec la réalisation de certaines tâches, surtout celles où il faut ranger des aliments en ordre de priorité (p. ex. : ranger la crème glacée avant les boîtes de conserve). Par ailleurs, il est

aussi suggéré que le sentiment de présence face à l'EV ou physique diminuerait proportionnellement à l'exigence cognitive de la tâche à compléter (Banville, 2014). 4) Les cybermalaises, c'est-à-dire l'expérimentation de certains malaises physiques tels que des vertiges ou des nausées (Lecouvey et al., 2012) peuvent être vécus pendant l'immersion, surtout si le taux de rafraîchissement des images est bas, dû à l'utilisation de la carte graphique ou si les participants se déplacent trop rapidement dans l'EV. Les cybermalaises sont une limite connue dans le domaine de la RV et cette situation se présente couramment chez les aînés (Kawano et al., 2012). Ainsi, les cybermalaises vécus chez des participants affectent leurs performances lors de la réalisation des tâches en RV.

Dans la présente recherche, plusieurs actions ont été posées afin de prendre en compte ces phénomènes. En premier lieu, à l'aide d'un questionnaire sur la fréquence d'utilisation d'un ordinateur, il a été possible de savoir comment les participants utilisent la technologie. En second lieu, les interactions personnes/machines ont été simplifiées au maximum en utilisant seulement la souris et le clavier, soit 2 interfaces très fréquemment utilisées dans le quotidien. En troisième lieu, dans le but de maximiser le sentiment de présence, une attention a été portée sur la modélisation des objets 3D de l'EV. En quatrième lieu, afin de contrôler l'occurrence de cybermalaises, le visiocasque n'a pas été utilisé lors de l'immersion en RV.

Objectif et hypothèse de recherche

Somme toute, l'évaluation de la MP via l'accomplissement de tâches similaires au quotidien dans un EV doit être étudiée. En ce sens, l'objectif principal de cette recherche est de connaître la valeur psychométrique d'un outil d'évaluation écologique de la MP implanté à l'intérieur de l'appartement tridimensionnel du VMT-3, où plusieurs tâches ressemblant à celles de la vie quotidienne sont proposées. Notre première hypothèse (1) suggère qu'en adoptant une

méthodologie de validation par critère, les indices de MP insérés dans le VMT-3 seront corrélés avec les indices de MP mesurés par le biais de 2 outils standardisés et reconnus comme étant écologiques soit le RBMT-3 et le CAMPROMPT. De manière exploratoire, il est également attendu (2) que les 5 indices principaux du VMT-3 (Rappel immédiat (RI) et différé (RD) de la recette, TB, EB et AB) corréleront avec le score total des tâches du VMT.

Méthode

Participants

Cent-quatre-vingts participants ont initialement été recrutés selon un échantillonnage mixte par convenance ainsi que par réseau. L'Université de Montréal, l'Université d'Angers ainsi que l'établissement d'hébergement pour personnes âgées dépendantes (EHPAD) Pierre Grenier de Cardenal constituaient les milieux de recrutement. Les participants recrutés à l'EHPAD étaient des personnes âgées n'ayant aucun trouble cognitif diagnostiqué. Ceux-ci avaient intégré cet établissement pour deux raisons, soit pour éviter la solitude ou pour se sentir plus en sécurité. Pour être inclus dans cette recherche, les participants devaient être âgés de 18 ans et plus, parler français et ne pas présenter de condition neurologique, médicale ou un trouble physique ou mental grave (p.ex. : épilepsie, schizophrénie, traumatisme craniocérébral).

Sur le plan psychologique, les critères d'exclusion étaient de présenter des symptômes de dépression sévères tel qu'évalué par le *Beck Depression Inventory-II* (BDI-II; Beck, Steer et Brown, 1996) ainsi qu'un niveau d'anxiété élevé ou très élevé tel qu'évalué par les 2 parties du *State-Trait Anxiety Inventory* (STAI; Spielberger, Gorsuch et Lushene, 1970; traduit en français par Gauthier et Bouchard, 1993). Les perturbations de l'humeur peuvent effectivement provoquer des effets importants sur la cognition. Par exemple, la dépression interfère avec l'expression normale de certaines fonctions cognitives (Lezak, Howieson, Bigler et Tranel, 2012). Effectivement, les personnes avec un diagnostic de dépression présentent des performances diminuées dans certains tests évaluant les domaines cognitifs comme les FE, la mémoire, l'attention, la vitesse psychomotrice, la vitesse de traitement de l'information et l'apprentissage et la récupération de nouvelles informations (Evans, Chan, Iverson, Bond, Yatham, & Lam, 2013 ; Talarowska, Zajączkowska, & Gałecki, 2015 ; Trivedi & Greer, 2014 ;

Roca, Vives, Lopez-Navarro, Garcia-Campayo, & Gili, 2015). Les déficits retrouvés varient cependant en fonction de la sévérité de la dépression. L'anxiété peut également entraîner une diminution de la performance à certaines épreuves cognitives telles que les tâches visant à inhiber les stimuli non pertinents ainsi que les tâches nécessitant d'alterner entre 2 épreuves (Derakshan et Eysenck, 2009).

Les participants devaient également obtenir un score égal ou supérieur à 23 au *Montreal Cognitive Assessment* (MoCA; Nasreddine et al., 2005), ce qui suggère un fonctionnement cognitif normal. Habituellement, le seuil critique du MoCA est de 26, tel que mentionné par Nasreddine et ses collègues (2005). Cependant, une récente méta-analyse a démontré que les études utilisant le seuil critique de 26/30 possèdent un taux élevé de faux-positifs, et ce, plus particulièrement chez les personnes âgées ou chez les individus avec un niveau d'éducation plus faible (Carson, Leach, & Murphy, 2018). Ces auteurs suggèrent plutôt d'utiliser le seuil critique de 23/30, permettant ainsi d'avoir meilleure sensibilité diagnostique. La présence de personnes âgées dans notre échantillon ainsi que certains individus avec un niveau d'éducation plus faible nous amènent donc à utiliser le seuil de 23/30 au MoCA.

Au total, 78 participants ont dû être exclus de l'étude, et ce, pour différentes raisons. Premièrement, un participant a été exclu en raison d'un résultat inférieur à 23 au MoCA. Deuxièmement, un participant a dû être retiré de l'échantillon étant donné un niveau sévère de dépression évalué par le BDI. Troisièmement, 67 participants ont été exclus de l'étude puisqu'ils présentaient des traits anxieux élevés ou très élevés (STAI-Y2). Quatrièmement, 9 sujets ont été retirés de l'étude puisque leur échelle d'anxiété situationnelle était élevée ou très élevée (STAI-Y1) suggérant qu'ils vivaient beaucoup d'anxiété lors de l'évaluation. À terme, l'échantillon final pour cette recherche est composé de 102 participants. Le tableau 1 présente les

caractéristiques sociodémographiques des participants. L'étendue des âges varie entre 18 et 91 ans, ce qui garantit de couvrir une large gamme de la population dans cette étude préliminaire de validation psychométrique d'une tâche réalisée en RV non immersive. Le nombre d'années moyen d'études correspond à un niveau universitaire chez les participants.

Tableau 1.

Données sociodémographiques des participants

	Échantillon total ($n = 102$) Fréquence (%)	Échantillon total ($n = 102$) Moyenne (Écart-type)
Âge		41.5 (22.5) Étendue : 19-91 ans
Sexe		
Hommes	54 (52.9%)	
Femmes	48 (47.1%)	
État matrimonial		
Célibataire	52 (51%)	
Marié	30 (29.4%)	
Veuf	4 (3.9%)	
Divorcé	2 (2 %)	
Conjoint de fait	14 (13.7%)	
Nombre d'années de scolarité		14,5 (2.7) Étendue : 9-22 années

Afin de mieux comprendre comment la personne entre en interaction avec un système informatique, la fréquence d'utilisation d'un ordinateur, le nombre d'années d'expérience et l'aisance subjective, jugée par le participant lui-même, ont été sondés (voir Tableau 2). Pour ces données, 15 participants n'avaient pas répondu aux questions, ce qui correspond à 14,7% de l'échantillon total. Selon les résultats obtenus, la majorité des participants utilisaient un ordinateur plusieurs fois par jour, et ce, depuis plus de 10 ans. L'aisance des participants à utiliser, de manière quotidienne, un ordinateur a également été évaluée, et ce, en utilisant une échelle de 0 à 100. La moyenne obtenue (76,4 %) indique que les participants se sentaient majoritairement à l'aise à utiliser un ordinateur dans ses fonctionnalités de base. En majorité,

les sujets de cette étude n'étaient pas des joueurs de jeux vidéo (64,4%). On retrouvait donc une minorité d'experts en jeux vidéo, jouant tous les jours (23%).

Tableau 2.

Données sur les habiletés technologiques

	Échantillon partiel ($n = 87$) Fréquence (%)	Échantillon partiel ($n = 87$) Moyenne (Écart-type)
Fréquence d'utilisation d'un ordinateur		
Plusieurs fois par jour	58 (66.7%)	
Tous les jours	12 (13.8%)	
4 fois par semaine	3 (3.4%)	
2 fois par semaine	2 (2.3%)	
3 fois par mois	4 (4.6%)	
1 fois par mois	5 (5.7%)	
Jamais	3 (3.4%)	
Années d'expériences avec un ordinateur		
10 ans et plus	65 (74.7%)	
8 ans	3 (3.4%)	
5 ans	3 (3.4%)	
3 ans	2 (2,3%)	
1 an	3 (3.4%)	
6 mois	5 (5.7%)	
3 mois	3 (3.4%)	
Jamais	3 (3.4%)	
Niveau d'aisance sur un ordinateur (en %)		76.4 (27.8) Étendue : 0-100%

Déroulement

Les participants ont été vus sur une période approximative de 2 heures et l'expérimentation s'est déroulée en 2 parties. Après avoir consenti à participer à la recherche, des informations sociodémographiques ainsi que des renseignements concernant leurs expériences et le type d'utilisation d'un ordinateur (p. ex. : fréquence d'utilisation, niveau d'aisance, etc.) ont été récoltés. Ensuite, une batterie d'évaluation neuropsychologique et des questionnaires spécifiques (voir section instruments de mesure) ont été administrés (partie A) ainsi que le protocole d'évaluation de la MP dans le VMT-3. Cette partie était suivie de la

réalisation de questionnaires post-immersion visant à récolter certaines informations liées à l'expérience réalisée en RV (partie B). Les parties A et B ont été contrebalancées afin d'éviter des effets de fatigue, laquelle pourrait biaiser les résultats de l'étude. Enfin, il est à noter que cette recherche avait préalablement obtenu un certificat d'éthique pour la recherche sur les êtres humains délivrés par le Comité d'éthique de la recherche en arts et en sciences de l'Université de Montréal (CERAS-2016-17-239-D).

Instruments de mesure de contrôle

Évaluation psychologique de l'humeur. Le BDI-II a été utilisé afin de contrôler les affects dépressifs. Ce questionnaire est composé de 21 groupes d'énoncés auto-rapportés, allant de 0 à 3, évaluant la présence de différents symptômes associés à la dépression (p. ex. tristesse, perte de plaisir, pensées ou désirs suicidaires). Pour chaque groupe d'énoncés, les participants devaient sélectionner celui décrivant le mieux comment il s'est senti au cours des 2 dernières semaines. Le score total obtenu en additionnant chacun des énoncés choisis par les participants permettait d'évaluer leur niveau de dépression (normal [0-13], léger [14-19], modéré [20-28], sévère [29-63]). Le critère d'exclusion de la présente recherche était d'obtenir un score équivalent à des symptômes sévères de dépression, soit un score supérieur à 29 sur 63. Le BDI-II présente des bons indices psychométriques, soit la fidélité test-retest ($r=.93$) et la validité convergente ($r=.68$; avec le *Beck Hopelessness Scale* et le *Scale for Suicide Ideation*). Ce questionnaire est également sensible puisque les scores obtenus au BDI-II par des patients souffrant de troubles de l'humeur étaient significativement plus élevés que ceux souffrant d'un trouble anxieux, d'un trouble de l'adaptation ou autres (Beck, Steer & Brown, 1996).

Le STAI a été utilisé afin d'évaluer les affects anxieux sur le plan de l'état (*A-State*) et des traits anxieux (*A-Trait*). Ce questionnaire comprend deux échelles de 20 énoncés auto-

rapportés avec une échelle allant de 1 (pas du tout) à 4 (beaucoup). L'échelle d'anxiété situationnelle (*A-State*) permet d'évaluer l'état émotionnel des participants à un moment particulier tandis que l'échelle globale d'anxiété (*A-Trait*) mesure comment les participants se sentent habituellement, en prenant comme base de référence les derniers mois. Le score total à chacune de ces deux échelles permet d'évaluer le niveau d'anxiété situationnelle et d'anxiété globale. Selon Spielberger et ses collaborateurs (1970), l'interprétation des scores varie en fonction de l'échelle évaluée et du sexe du répondant. L'interprétation de l'échelle d'anxiété globale est différente chez les femmes (très faible [<26], faible [26- 30], moyen [30-44], élevé [44-54], très élevé [>54]) et les hommes (très faible [<27], faible [27- 31], moyen [31-43], élevé [43-52], très élevé [>52]). L'interprétation de l'échelle d'anxiété situationnelle est également différente chez les femmes (très faible [<30], faible [30- 35], moyen [35-49], élevé [49-56], très élevé [>56]) et les hommes (très faible [<29], faible [29- 34], moyen [34-46], élevé [46-52], très élevé [>52]). Dans ce questionnaire, plusieurs items doivent être inversés pour les analyses. Dans l'échelle d'anxiété situationnelle (*A-State*), il faut inverser les items 1, 2, 5, 8, 10, 11, 15, 16, 19 et 20 et dans l'échelle d'anxiété globale (*A-Trait*), il s'agit plutôt des items 1, 6, 7, 10, 13, 16 et 19. Ce questionnaire possède de bonnes qualités psychométriques. L'échelle de trait possède une bonne fidélité test-retest ($r=.73$ à $.86$) au contraire de l'échelle situationnelle ($r=.16$ à $.54$). Ces résultats étaient attendus puisque l'échelle de trait devait être plus stable dans le temps tandis que l'échelle situationnelle varie beaucoup en fonction du contexte. Sur le plan de la validité, le STAI corrèle positivement avec plusieurs questionnaires évaluant l'anxiété, dont le IPAT Anxiety Scale ($r=.75$), le Taylor Manifest Anxiety Scale ($r=.80$) et le Zuckerman Affect Adjective Checklist ($r =.52$). Dans cette présente recherche, le critère d'exclusion était de

présenter des symptômes d'anxiété élevés ou très élevés tel qu'évalué par les deux parties du *STAI* soit la forme Y1 et Y2.

Questionnaires post-expérimentation. Les questionnaires décrits dans la prochaine section visaient à vérifier la présence de facteurs confondants qui pourraient être liés à l'interaction personne-machine et influencer la réalisation des tâches cognitives demandées aux participants dans l'EV. Ils ont été administrés à la suite de l'expérimentation en RV. Le *Simulator Sickness Questionnaire* (SSQ; Kennedy, Lane, Berbaum, & Lilienthal, 1993) est traduit en français [*Questionnaire sur les cybermalaises*] par Bouchard, Renaud, Robillard, St-Jacques, Côté et Cournoyer (2003). Cet outil vise à évaluer la présence de malaises physiques (p. ex. vision embrouillée, nausées) à la suite d'une immersion en RV. Le questionnaire comporte 16 énoncés auto-rapportés, dont 9 appartenant à la sous-échelle symptômes « nausées » et 7 appartenant à la sous-échelle symptômes « oculomoteurs ». Les répondants devaient indiquer dans quelle mesure chaque symptôme physique l'incommodait sur une échelle allant de 0 (pas du tout) à 3 (sévèrement). De ce questionnaire ressort un score total pour chacune des échelles ainsi qu'un score total global pour l'ensemble des items. Dans l'étude de validation, à la suite d'une analyse factorielle exploratoire, les auteurs ont révélé 3 facteurs dont les poids factoriels se situent entre 0,50 et 0,75. Ce questionnaire permet de détecter la sévérité des cybermalaises (Kennedy, Lane, Berbaum, & Lilienthal, 1993 ; Stanney, & Kennedy, 1997).

Le *IPresence Questionnaire* (IPQ), conçu par Schubert, Friedman et Regenbrecht (1999) a été traduit et validé en français [*Questionnaire sur le sentiment de présence*] par Viaud-Delmon (2007). Il mesure le sentiment « d'être réellement présent » dans l'EV, et ce, à travers 3 sous-échelles, soit la présence spatiale (sentiment d'être dans un EV), l'implication (niveau d'attention portée à l'EV en comparaison avec l'environnement réel) et le réalisme (évaluation

du niveau de réalisme de l'EV). Ce questionnaire regroupe 14 énoncés auto-rapportés où le répondant doit évaluer son niveau de présence à travers une échelle allant de 0 à 4. Il est divisé en 3 sous-échelles (implication, réalisme et présence spatiale). L'échelle globale démontre un niveau de fiabilité intéressant (.85)

Le *NASA-Task Load Index* (NASA-TLX ; Hart & Staveland, 1988) mesure la charge cognitive ressentie lors de la réalisation d'une tâche de RV. Il a été traduit et validé en français [*Questionnaire sur la charge cognitive*] par Cegarra et Morgago (2009). Cette étude démontre que la version francophone du NASA-TLX conserve sa sensibilité et qu'il reste fortement corrélé à la version originale ($r=.95$). Ce questionnaire, qui comprend 6 dimensions est divisé en 3 échelles : (1) les dimensions associées à la tâche, ce qui comprend les échelles d'exigence mentale (Q1), physique (Q2) et temporelle (Q3), (2) les dimensions associées aux stratégies, incluant les échelles de performance (Q4) et d'effort (Q5), et (3) la dimension spécifique aux participants, soit une composante de frustration (Q6). Le questionnaire présente des échelles visuelles analogues non graduées allant de « faible » à « forte » pour chacune des échelles mentionnées. Les participants devaient donc tracer un trait sur ces échelles afin de rapporter l'intensité perçue de la charge cognitive pour chacune des échelles.

Outils d'évaluation neuropsychologique

Deux épreuves neuropsychologiques ont été utilisées pour décrire le fonctionnement de la ME et de la MP des participants. Le RBMT-3 évalue différents aspects de la mémoire par l'intermédiaire de 10 sous-tests, dont 3 qui évaluent la MP avec des indices EB, soit (1) le rappel de 2 objets personnels cachés, (2) le rappel de poser 2 questions précises lorsqu'une sonnerie retentit et (3) le rappel de déposer une enveloppe lors d'un court parcours à travers la pièce

d'évaluation. Le RBMT-3 est utilisé pour prédire les déficits mnésiques dans la vie quotidienne et il comporte 2 versions équivalentes (version 1 et 2). Les études de fidélité démontrent des corrélations qui varient entre 0,40 et 0,71 quand on compare les notes obtenues aux différentes versions, suggérant une bonne fidélité test-retest (Wilson et al., 2010). Les études de validité du RBMT d'origine (Wilson, Baddeley, Cockburn et Hiorns, 1989) ont permis de corréler les performances obtenues au RBMT à certains tests standardisés de mémoire. Les résultats permettent de conclure que le RBMT mesure effectivement les processus mnésiques puisque qu'il corrèle avec le *Recognition Memory Test for Words* ($r=.60$; Warrington, 1984) et avec le *Recognition Memory Test for Faces* ($r=.41$; Warrington, 1984). Le RBMT présente également une bonne validité écologique (Man, Chan, & Yip, 2015). Selon l'étude de validité, des corrélations ont été effectuées entre les défaillances mnésiques évaluées au quotidien et la performance au RBMT, suggérant que ce test offre une mesure valide de la performance mnésique quotidienne ($r=-.71$). Dans la présente recherche, une variable EB de MP a été compilée par l'addition des 3 sous-tests de MP et une variable ME par l'addition des 6 sous-tests concernés.

Le CAMPROMPT (Wilson et al., 2005) évalue la MP à l'aide de plusieurs tâches prospectives de type EB et TB. Les tâches EB consistent à 1) donner un livre à l'expérimentateur lorsqu'il répond à une question précise, 2) donner une enveloppe à l'expérimentateur lorsque ce dernier indique qu'il reste 5 minutes et 3) indiquer le nom et la localisation de 5 objets préalablement cachés. Les tâches TB consistent à 1) changer de tâche après un délai de 7 minutes, 2) rappeler à l'expérimentateur de ne pas oublier ses clés lorsqu'il restera sept minutes à la tâche et 3) rappeler à l'expérimentateur d'appeler un garage à une heure précise. Le score obtenu à chacune des tâches préalablement décrites est en fonction du nombre d'indices donné

pour la réalisation adéquate de celle-ci, variant entre 0 (ne fait pas adéquatement la tâche, et ce, malgré plusieurs indices) et 6 (accomplis la tâche sans indice). L'interprétation du score total obtenu dépend du niveau de quotient intellectuel ainsi que de l'âge des participants, ce qui permet d'attribuer une classification entre déficitaire et très bien. Les études de fidélité démontrent que le CAMPROMPT possède une bonne fidélité test-retest ($r=.64$) ainsi qu'une bonne fidélité inter-juges ($r=.99$), suggérant ainsi que le test mesure sensiblement la même chose à chaque fois qu'il est administré et que le système de cotation est assez clair et précis pour que les juges le corrigent de la même façon (Wilson et al., 2005). Les études de validité démontrent que ce test possède une bonne validité de construit, c'est-à-dire qu'il mesure effectivement la MP. À cet effet, plusieurs corrélations positives ont été soulevées (Wilson et al., 2015), soit entre le score global du CAMPROMPT et du RBMT ($r=.38$) ainsi qu'entre le score total des tâches EB du CAMPROMPT et du RBMT ($r=.47$). Les variables retenues pour les analyses ont été : le score total, le score global des tâches prospectives EB et le score global des tâches prospectives TB.

Le *Prospective and Retrospective Memory Questionnaire* (PRMQ ; Smith, Della Sala, Logie, & Maylor, 2000) est un questionnaire auto-rapporté de 16 questions comprises dans 2 échelles qui visent à évaluer la MP et rétrospective dans la vie quotidienne. Les participants y répondaient à partir d'une échelle Likert de 1 (très souvent) à 5 (jamais). Les études de fidélité ont démontré que les items du questionnaire convergent vers la même intensité de réponse, ce qui représente une bonne consistance interne autant pour le score total (.89, 95%), l'échelle prospective (.84, 95%) et l'échelle rétrospective (.80, 95%), ce qui est considéré comme acceptable (Crawford, Smith, Maylor, Della Sala, & Logie, 2003). Les scores totaux pour l'échelle rétrospective et prospective ont été utilisés pour les analyses. Ce questionnaire a été

utilisé dans le cadre de cette recherche puisqu'il documente bien les oublis rétrospectifs et prospectifs quotidiens. Aussi, dans cette recherche, les participants recrutés n'avaient aucun trouble neuropsychologique ou psychiatrique suggérant qu'il ne présente pas d'anosognosie, c'est-à-dire de difficulté à prendre conscience de leur problématique. Ce questionnaire permet donc d'obtenir des informations importantes sur le fonctionnement quotidien des participants en se basant sur leur jugement.

Matériel

Les interactions en RV avaient lieu dans le VMT-3, un appartement virtuel de 6 pièces ½ utilisant Unity-3D en guise de moteur de jeu. Trois ordinateurs ont été utilisés pour la récolte des données. Le site de l'Université de Montréal utilisait un ordinateur équipé de 2 cartes graphiques nVIDIA GeForce 550 permettant d'améliorer la qualité graphique et de réduire les délais de rafraîchissement des images, visant à prévenir l'apparition de cybermalaises chez les participants. Les sites de l'Université d'Angers et de l'EHPAD avaient des ordinateurs comparables qui étaient équipés d'une carte graphique AMD radeon RX 580.

L'expérimentation a été réalisée en mode non-immersif (sans visiocasque). Les déplacements dans l'EV étaient possibles grâce à l'utilisation d'une souris et du clavier d'ordinateur. Les participants portaient des écouteurs extra-auriculaires leur permettant de recevoir certaines consignes depuis l'appartement virtuel. Les données recueillies par le système ont été emmagasinées sur le disque des ordinateurs sous forme de logs en format texte (.txt).

Protocole expérimental : VMT-3

Phase d'entraînement

La phase d'entraînement permettait aux participants d'apprendre les règles de navigation, d'expérimenter la manipulation d'objets et de prendre connaissance de l'architecture de l'environnement. Tout d'abord, l'évaluateur expliquait le fonctionnement des équipements utilisés, soit la souris et les touches du clavier. Ensuite, l'évaluateur demandait aux participants de se déplacer dans chacune des pièces de l'appartement virtuel afin de le familiariser avec les équipements et avec la topographie des lieux. Dans certaines pièces de l'EV, l'évaluateur leur demandait de réaliser diverses tâches, telles que, saisir des objets, ouvrir et fermer des portes, faxer des documents, nourrir le poisson, préchauffer le four, activer la minuterie du four et de la sècheuse. Les participants devaient également réaliser une tâche nécessitant de manipuler 3 cubes placés sur le l'îlot de la cuisine afin de les déplacer sur la table, permettant ainsi la manipulation d'objet dans un EV. L'évaluateur leur montrait également la façon de faire apparaître un cadran numérique à l'écran, indiquant l'heure en temps réel afin que les participants puissent monitorer le temps qui passe et ainsi favoriser le rappel des tâches de type TB. Enfin, lorsqu'ils se disaient confortable pour se diriger dans chacune des pièces de l'appartement ainsi que pour réaliser adéquatement les actions demandées, il était considéré comme étant prêt pour la seconde phase. La phase d'entraînement a été d'une durée moyenne de 5 à 10 minutes selon le niveau d'expertise des participants à manipuler les équipements et à se repérer dans l'environnement.

Phase d'expérimentation

Avant d'être plongés dans l'EV, les participants ont été informés du scénario, soit qu'ils étaient en visite chez un ami proche et qu'ils allaient assister à un spectacle. Ils étaient informés

qu'ils logeaient chez cet ami pendant plusieurs jours et que ce dernier se trouvait présentement au travail, mais qu'il viendrait les rejoindre en début de soirée. Ils devaient donc réaliser 3 tâches spécifiques : (1) préparer un poulet rôti en mémorisant une liste précise d'ingrédients ainsi que la démarche de réalisation de la recette, (2) mettre la table pour 2 personnes et (3) de ranger le contenu de l'épicerie qui se trouvait sur l'îlot central. Les participants étaient également informés qu'il devait répondre au téléphone s'il sonnait. Plus spécifiquement, pour la préparation du repas, ils recevaient la recette, écrite sur une feuille de papier. Ils devaient ensuite mémoriser la liste d'ingrédients (n=9) et la séquence pour la préparation de la recette (n= 4 étapes). Ensuite, ils devaient citer tous les ingrédients et les étapes de la recette, sans pouvoir se référer à la feuille d'instructions (indice de ME – rappel immédiat). Ils devaient obtenir un score parfait aux ingrédients et à la séquence de préparation pour passer à l'étape suivante. Avant la phase d'évaluation dans l'EV, les participants devaient mémoriser et comprendre 3 règles arbitraires: 1) Ne pas parler avec l'expérimentateur au cours de la réalisation de la tâche; 2) Ne pas sortir de l'appartement; 3) Ne pas entrer dans une pièce dans laquelle il n'y a aucune action à accomplir. Ces consignes étaient écrites sur une feuille à la disposition des participants. Bien qu'aucune limite de temps ne fût imposée pour réaliser les différentes tâches dans l'appartement, les participants étaient invités à travailler le plus rapidement possible, par souci d'efficacité. À la fin de l'expérimentation, la liste d'ingrédients (n=9) et les étapes de la recette (n=4) devaient également être rappelées (indice de ME – rappel différé).

Les tâches insérées à l'intérieur du VMT-3 sont intelligentes, c'est-à-dire que l'environnement réagissait à certaines actions posées par les participants. Ainsi, certains stimuli dans l'EV ont été présentés conditionnellement à des actions posées dans la RV (p. ex. : après avoir rangé ou déplacé 5 items de l'épicerie, le téléphone sonne afin d'expliquer au participant

la tâche du fax, etc.). Cette particularité permettait de distraire les participants durant la réalisation de certaines tâches afin de se rapprocher des contraintes d'un environnement réel. Il était également possible d'insérer d'autres tâches prospectives à l'improviste sans que les participants n'y soient préparés.

Évaluation de la MP dans un contexte de multitasking en RV

Dans cette tâche virtuelle, il y avait un total de 6 tâches prospectives (voir tableau 3), ainsi que certaines interruptions instaurées pour augmenter la charge cognitive des participants et pour forcer la réorganisation de leurs plans initiaux. Les participants pouvaient être confrontés à un maximum de 3 interruptions au cours de la tâche, et ce, en fonction des actions qu'ils posaient dans l'EV. Ils devaient vérifier si les billets de spectacle se trouvaient bien sur le meuble d'entrée, donner 4 doses de nourriture aux poissons ainsi que de fermer une porte et une fenêtre lorsqu'un orage survient.

Tableau 3

Description des tâches prospectives

Tâches TB	Tâches EB	Tâches AB
Faxer un document trois fois à 5 minutes d'intervalle	Retirer une chemise de la sècheuse lorsque la sonnerie retentit	Préchauffer le four en débutant la marinade
Laisser mariner le poulet pendant 5 minutes	Mettre de côté les ingrédients nécessaires à la recette du poulet	Programmer la minuterie à 1h30 après avoir déposé le poulet dans le four

Système de cotation

Le système de cotation s'est inspiré de la procédure proposée par Einstein, McDaniel, Richardson, Guynn et Cunfer (1995). Pour les tâches TB et AB, le système de cotation était semblable. Les points accordés aux tâches TB et AB étaient conditionnels au temps requis pour

les accomplir (voir Tableau 4). Autrement dit, plus les participants réalisaient rapidement la tâche suivant le délai donné, plus ils récoltaient de points. Pour les tâches EB, dans la tâche de la chemise, un point était accordé aux participants s'ils réussissaient à la compléter dans son entièreté (séchage de la chemise pendant 5 minutes et la remettre sur le lit de la chambre des maîtres). Ils n'obtenaient aucun point s'il omettait de réaliser la tâche ou si elle était jugée incomplète. Pour la tâche du poulet, un point était accordé à chaque bon ingrédient incorporé à la recette pour un maximum de 10 points. Les scores obtenus pour chaque groupe de tâches prospectives (TB, EB, AB) ont été utilisés dans les analyses, en plus d'un score total pour l'ensemble des tâches, correspondant à l'addition des points obtenus.

Tableau 4

Système de cotation

Tâches TB	Tâches AB
4:50 à 5:10 = 4 points	10 secondes = 4 points
4:40 à 4:49 – 5:11 à 5:20 = 3 points	11 à 20 secondes = 3 points
4:30 à 4:39 – 5:21 à 5:30 = 2 points	21 à 30 secondes = 2 points
4:00 à 4:29 – 5:31 à 6:00 = 1 point	31 à 60 secondes = 1 point
Avant 4:00 – Après 6:00 = 0 point	Après 60 secondes = 0 point

Analyses statistiques

Les analyses statistiques ont été réalisées au moyen du logiciel IBM SPSS version 24.0. Les analyses descriptives ont permis de décrire le profil sociodémographique des participants et de vérifier la performance aux mesures de contrôle. Étant donné que la variance de certaines variables était hétérogène, des analyses non paramétriques ont été privilégiées. Des corrélations de Spearman ont été effectuées afin d'observer les relations existantes entre les variables issues de la RV, des tests neuropsychologiques écologiques tels que le RBMT-3 et le CAMPRMPT, ainsi que les résultats obtenus à la tâche de ME (mémoriser la recette du poulet).

Au total, six variables aux tests neuropsychologiques traditionnels ont été mises en relation avec quatre variables issues du VMT-3 et deux variables de la tâche de ME. Les analyses corrélationnelles ont été réalisées sans égard à l'âge des participants.

Résultats

Résultats obtenus sur les mesures de contrôle

Dans l'échantillon total retenu ($n=102$), les participants obtiennent, au MoCA, un score moyen de $28,41 \pm 1,42$ sur un maximum de 30 (voir Tableau 5). Le PRMQ indique que les participants jugent qu'ils ont de bonnes habiletés de MP ($M=33,77 \pm 4,52$; $\max=40$) et de ME ($M=34,88 \pm 4,10$; $\max=40$). Les participants présentent des traits anxieux d'intensité moyenne ($M = 34,25 \pm 6,40$; $\max=80$), un niveau d'anxiété situationnel de niveau moyen ($M = 36,16 \pm 5,05$; $\max=80$), ainsi qu'un niveau normal sur le plan de l'humeur sans affect dépressif ($M = 4,44 \pm 2,59$; $\max=63$).

Résultats obtenus sur les mesures de contrôle après la réalisation du VMT-3

Ce paragraphe vise à présenter des analyses statistiques effectuées *a posteriori* entre les mesures de contrôle et le VMT-3 afin de les évoquer dans la discussion. Certaines corrélations ont également été réalisées dans le but de déterminer si les cybermalaises, la charge cognitive ou le sentiment de présence pouvaient avoir influencé les performances obtenues. En premier lieu, l'échelle totale du questionnaire des cybermalaises soutient qu'en moyenne, les participants estiment qu'ils ont vécu peu de cybermalaises ($M=18,89 \pm 4,09$; $\max=48$). Cette échelle est corrélée significativement avec les indices EB et TB du VMT-3 (respectivement $r[101]= -.23$, $p=0,02$ et $r[101] =-.22$, $p=0,03$). En second lieu, l'exigence mentale et temporelle ont été sondées avec le NASA-TLX. Globalement, les résultats obtenus suggèrent que les sujets ont vécu une augmentation de la charge cognitive ($M=10,95 \pm 4,15$; $\max=20$) et temporelle ($M=10,12 \pm 4,56$; $\max=20$) lors de la réalisation du VMT-3. Une corrélation significative a été décelée entre l'exigence mentale et l'indice EB du VMT-3 ($r[101]= -.32$, $p=0,001$). L'exigence

temporelle est également corrélée avec les indices EB et TB du VMT-3 (respectivement $r[101] = -.29, p=0,004$ et $r[101] = -.30, p=0,002$). Enfin, l'exigence physique est corrélée avec les indices EB et AB du VMT-3 (respectivement $r[101] = -.27, p=0,007$ et $r[101] = -.35, p<0,001$). En troisième lieu, les participants n'ont pas vécu un sentiment de présence optimale lors de leur expérimentation du VMT-3 ($M=8,85 \pm 1,99$; $\max=56$). Aucune corrélation n'a été trouvée entre les échelles du sentiment de présence et les indices prospectifs du VMT-3.

Tableau 5

Moyennes et écarts-types obtenus pour les mesures de contrôle

	Échantillon total ($n = 102$)
MoCA	28.41 (1.42)
BDI	4.44 (2.59)
STAI	
Y1 – état	34.25 (6.40)
Y2 – situationnel	36.16 (5.05)
Cybermalaises	18,89 (4,09)
NASA – Exigence mentale	10,95 (4,15)
NASA – Exigence physique	4,77 (3,69)
NASA – Exigence temporelle	10,12 (4,56)
NASA – effort	9,10 (4,40)
NASA – performance	6,64 (3,59)
NASA – frustration	7,66 (4,69)
Sentiment de présence	8,85 (1,99)

Transformation des données

Dans un but de rendre les scores comparables entre eux, les différentes données brutes obtenues en MP ont été transformées en score Z. Ces données ont effectivement une courbe distribuée vers la droite. Pour cette raison, des analyses non-paramétriques ont été privilégiées et pratiquées. Un seuil de signification de 0,05 a été retenu. Dans le but d'optimiser l'exploration et l'analyse des données, l'appendice B présente les résultats obtenus par les participants selon quatre groupes d'âge (18-45 ; 46-65 ; 65-80 ; 80 et plus).

Corrélation items-tout – réalité virtuelle

Selon les résultats obtenus, le rappel immédiat (RI) corrèle avec le rappel différé (RD) de la recette [$r(101) = 0,47, p = 0,001$], avec le score total des tâches TB au VMT [$r(101) = 0,35, p = 0,001$], ainsi qu'avec le score total de MP au VMT [$r(100) = 0,28, p = 0,006$]. Le RD de la recette corrèle également avec le score total des tâches TB au VMT [$r(101) = 0,25, p = 0,01$], ainsi qu'avec le score total de MP au VMT [$r(100) = 0,20, p = 0,05$]. Aucune corrélation significative n'est obtenue entre les scores des tâches TB, EB et AB. Ces scores ne corrélaient donc pas entre eux, mais ils corrélaient tous avec le score total de MP au VMT auquel ils sont associés. Ainsi, le score total des tâches prospectives TB [$r(101) = 0,85, p = 0,001$], EB [$r(101) = 0,30, p = 0,003$] et AB [$r(101) = 0,57, p = 0,001$] corrèle avec le score global de la tâche du VMT-3.

Validité de critère

Les corrélations de Spearman ont permis d'examiner les liens existants entre les résultats des items de RV et ceux des tests neuropsychologiques traditionnels de MP, soit le RBMT-3 et le CAMPRMPT. Tout d'abord, il est possible d'observer que le score total des tâches TB au VMT-3 corrèle significativement avec les tous scores du RBMT-3, soit l'indice de MP [$r(102) = 0,23, p = 0,02$], l'indice de ME immédiat [$r(102) = 0,20, p = 0,04$] et l'indice de ME différé [$r(102) = 0,24, p = 0,01$]. Le score total des tâches TB au VMT-3 ne corrèle toutefois pas avec les scores du CAMPRMPT, soit le total des tâches TB [$r(102) = 0,11, ns$], EB [$r(102) = 0,11, ns$] et le score global [$r(102) = 0,15, ns$]. Également, le score total des tâches EB au VMT-3 corrèle significativement avec tous les scores du RBMT-3, soit l'indice de MP [$r(102) = 0,22, p = 0,03$], l'indice de ME immédiat [$r(102) = 0,33, p = 0,001$] et l'indice de ME différé [$r(102) = 0,32, p = 0,001$]. Le score total des tâches EB au VMT-3 corrèle aussi significativement avec

le score total des tâches TB du CAMPROMPT [$r(102) = 0,20, p = 0,05$]. Ensuite, le score total des tâches AB au VMT-3 ne corrèle avec aucun score du RBMT-3 et du CAMPROMPT. Enfin, le score total des tâches au VMT-3 corrèle significativement avec tous les scores du RBMT-3, soit l'indice de MP [$r(101) = 0,27, p = 0,007$], l'indice de ME immédiat [$r(101) = 0,21, p = 0,04$] et l'indice de ME différé [$r(101) = 0,27, p = 0,006$]. Le score total des tâches au VMT-3 ne corrèle toutefois pas avec les scores du CAMPROMPT. Enfin, tel que présenté par le tableau 6, les scores obtenus au VMT-3 ne corrélaient pas avec les résultats obtenus au questionnaire d'auto-évaluation de la MP (PRMQ) à l'exception du volet rétrospectif qui corrèle négativement et significativement avec l'indice TB du VMT.

Tableau 6

Analyses corrélationnelles principales

	VMT MP TB	VMT MP EB	VMT MP AB	VMT MP TOT
RBMT MP	0.23*	0.22*	<i>ns</i>	0.27**
RBMT ME RI	0.20*	0.33**	<i>ns</i>	0.21*
RBMT ME RD	0.24*	0.32**	<i>ns</i>	0.28**
CAMPROMPT – Total TB	<i>ns</i>	0.20*	<i>ns</i>	<i>ns</i>
CAMPROMPT – Total EB	<i>ns</i>	<i>ns</i>	<i>ns</i>	<i>ns</i>
CAMPROMPT – Score total	<i>ns</i>	<i>ns</i>	<i>ns</i>	<i>ns</i>
PRMQ (volet prospectif)	<i>ns</i>	<i>ns</i>	<i>ns</i>	<i>ns</i>
PRMQ (volet rétrospectif)	-0,21*	<i>ns</i>	<i>ns</i>	<i>ns</i>

* $p \leq 0.05$; ** $p \leq 0.01$; *ns* : non significatif

Mémoire prospective (MP), Mémoire épisodique (ME), Rappel immédiat (RI), Rappel différé (RD), Time-based (TB), Event-based (EB), Activity-based (AB), Total (TOT)

Discussion

Considérant l'intérêt de créer des tests neuropsychologiques permettant d'évaluer les fonctions cognitives au quotidien, la présente étude visait à examiner les valeurs psychométriques des scores provenant du VMT-3, soit un outil d'évaluation de RV à portée écologique permettant d'apprécier les capacités de MP de participants sains. Plus spécifiquement, il était initialement prévu d'explorer les liens existants entre les indices tirés de la performance des participants dans l'EV et ceux de l'évaluation neuropsychologique traditionnelle de la MP, dans une perspective de validation par critère.

Dans un premier temps, les résultats obtenus aux analyses corrélationnelles sont partiellement cohérents avec l'hypothèse de départ suggérant que les indices de MP retrouvés dans le VMT-3 et les tests d'évaluation neuropsychologiques seraient reliés entre eux. Ainsi, les corrélations ont permis de déceler certains liens existants entre les résultats des items de RV et ceux des tests neuropsychologiques traditionnels de MP, soit le RBMT-3 et le CAMPROMPT. Tout d'abord, les résultats obtenus permettent de conclure qu'il existe un lien entre les tâches de type TB du VMT-3 et différents indices du RBMT-3, soit sur le plan de la MP (tâche de type EB) et de la ME. Lors de la réalisation de tâches de type TB, des processus auto-générés sont nécessaires afin de monitorer le temps dans le but de réaliser l'intention au moment opportun (Kliegel, Jäger, & Phillips, 2008). Dans le VMT-3, un cadran numérique devait s'afficher dans le coin supérieur gauche de l'écran lorsque le bouton gauche de la souris était activé et il devait disparaître après un délai de 10 secondes. Cependant, une problématique sur le plan de la programmation a fait que ce cadran restait affiché pendant l'entièreté de l'expérimentation du VMT-3 une fois que le participant avait activé le bouton permettant son apparition. Pour cette

raison, il est possible de poser l'hypothèse que les tâches considérées initialement comme étant de type TB soient, dans cette étude, des tâches de type EB. En effet, les participants ne devaient pas monitorer le temps puisqu'il était affiché en permanence, ce qui constitue un indice focal présent dans l'environnement. Cette explication soutient la présence des liens significatifs entre les tâches de type TB du VMT-3 et celles du RBMT-3 (volet MP) puisqu'elles évaluent la MP avec des indices présents dans l'environnement.

Par ailleurs, il existe aussi des corrélations modestes et significatives entre les tâches de type TB du VMT-3 et le RBMT-3 (composante ME). Les études portant sur la MP ont depuis longtemps démontré que cette mémoire parapluie comprend des composantes prospectives, rétrospectives (ME) et exécutives (Einstein & McDaniel, 1996; Foster, Rose, McDaniel, & Rendell, 2013 ; Knight, Harnett, & Titov, 2005 ; Meier & Zimmermann, 2015 ; Rouleau et al., 2016). En effet, une tâche de MP est toujours constituée de deux composantes distinctes, soit de se souvenir qu'une action doit être posée (composante prospective) ainsi que de se rappeler quelle action spécifique doit être réalisée (composante rétrospective ; Foster et al., 2013). La composante prospective mobilise un large éventail de FE dans l'initiation et la réalisation différée d'une intention (Burgess, Quayle, & Frith, 2001 ; Burgess & Shallice, 1997 ; Uttl, 2008). La composante rétrospective est activée lors de la mémorisation et la récupération des tâches à faire et des règles à respecter (Burgess, 2000). Les liens obtenus entre les tâches de type TB et le volet de ME du RBMT-3 permettent donc de valider les processus qui sous-tendent les tâches de MP du VMT-3.

En sommes, les tâches de type TB du VMT-3, soit le temps d'attente de la marinade et le délai pour envoyer 3 fax sont bel et bien des tâches de MP comprenant une composante

exécutive/prospective et une composante rétrospective comme le démontrent les corrélations obtenues avec le RBMT-3. Cependant, les relations obtenues entre ces variables demeurent modestes, suggérant qu'une partie de la variance n'est pas expliquée par l'utilisation des critères choisis dans cette expérimentation. D'autres fonctions cognitives peuvent donc être impliquées dans la réalisation des tâches du VMT-3. Certaines recherches démontrent que le cortex préfrontal contribue aux processus exécutifs (Baddeley, 1986 ; Elliot, 2003) et prospectifs (Neulinger, Oram, Tinson, O'Gorman, & Shum, 2016 ; Okuda et al., 1998 ; Shallice & Burgess, 1991). Cette étroite collaboration entre la MP et les FE est également rapportée par d'autres chercheurs (Banville et Nolin, 2000; 2012 ; Banville et al., 2010; Ellis, 1996 ; Ellis & Freeman, 2008). Ces différents éléments permettent de soulever l'hypothèse que les FE ont un rôle à jouer dans la réalisation des tâches de MP. Selon la littérature, les FE, dont le *multitasking* joueraient un rôle majeur dans la réalisation des tâches de la vie quotidienne (Burgess, 2000 ; Connor et Maeir, 2011) puisqu'elles nécessitent certaines habiletés à organiser, initier, planifier et structurer des tâches complexes (Burgess, 2000 ; Shallice, & Burgess, 1996).

Le *multitasking* a été défini comme étant l'habileté à se souvenir et à initier la réalisation de plusieurs tâches en parallèle (Burgess, 2000; Knight & Titov, 2009), ce qui est effectivement nécessaire au quotidien. Burgess (2000) rapporte plusieurs caractéristiques de situations de la vie quotidienne qui requièrent du *multitasking* : 1) Les situations dans lesquelles plusieurs tâches doivent être complétées ; 2) Les situations dans lesquelles les tâches doivent être intercalées afin de les réaliser efficacement ; 3) Les situations dans lesquelles la réalisation d'une tâche engage à la fois des contraintes physiques ou cognitives ; 4) Les situations dans lesquelles de interruptions inattendues peuvent survenir ; 5) Les situations dans lesquelles les intentions sont à réaliser dans le futur ; 6) Les situations dans lesquelles les tâches à réaliser sont différentes sur

le plan du niveau de priorité, de la difficulté ou du temps à allouer ; 7) Les situations dans lesquelles il n'y a pas de rétroaction immédiate suite à la réalisation ou l'oubli de tâches. Sur la base de ces caractéristiques, il est possible d'inférer que dans le cas d'une situation complexe de la vie quotidienne (p. ex. cuisiner un repas), il est fréquemment nécessaire de créer un plan d'action afin d'en optimiser l'efficacité (Jovanovski, Zakzanis, Campbell, Erb, & Nussbaum, 2012 ; Logie, Trawley & Law, 2011). Par la suite, plusieurs tâches sont imbriquées les unes aux autres, nécessitant de travailler de manière parallèle en se souvenant des objectifs à réaliser. La survenue de certaines interruptions modifie le plan initial sollicitant des habiletés de flexibilité afin de se réajuster (Burgess, 2000). Aussi, dans la vie quotidienne, aucune rétroaction immédiate n'est obtenue en regard à la réussite ou non de la tâche. Les oublis ou les erreurs ne sont effectivement pas signalés au moment de leur apparition, mais plutôt après un certain délai (Burgess, 2000).

Dans le cas du VMT-3, alors que l'on présente les instructions aux participants, ils commencent déjà à planifier et à organiser un plan, suggérant ainsi l'apport additionnel des FE, et ce, avant même le début de la tâche en RV (Jovanovski et al., 2012). Ils doivent également se réajuster en cours d'épreuve en raison de la survenue de plusieurs interruptions tels un orage nécessitant la fermeture de plusieurs fenêtres ainsi que 2 appels téléphoniques d'un ami demandant des services (nourrir ses poissons et vérifier la localisation de billets de spectacle). Ces interruptions interfèrent donc avec la réalisation des différentes tâches prospectives dans le VMT-3. La RV permet donc d'obtenir un niveau de complexité équivalent à la réalité nécessitant une adaptation à un contexte non familier ainsi qu'à la réalisation de différentes tâches similaires à la vie quotidienne (Connor et Maeir, 2011). En revanche, les scores calculés dans le VMT-3 ne prennent pas en considération la complexité de la tâche (p. ex. : les

interruptions durant la tâche). Les tâches présentées dans le VMT-3 simulent des activités de la vie quotidienne réalisées dans un environnement non familier, suggérant ainsi que le fonctionnement adéquat des FE est nécessaire (Nir-Hadad et al., 2017). Les différents arguments mentionnés permettent de croire que les performances des participants à cette étude ont effectivement été influencées par leur propension à réaliser, de manière optimale, plusieurs tâches parallèlement. Ainsi, en complémentarité avec les fonctions cognitives telles que la MP et la ME, d'autres processus comme les FE dont le *multitasking* pourraient être cruciaux pour performer dans le VMT-3. Cette proposition pourrait faire l'objet d'une tentative de validation dans une prochaine étude. Il sera toutefois pertinent de choisir des éléments de comparaison qui ressemblent davantage au VMT-3 que le RBMT-3 et le CAMPROMPT.

Ensuite, les tâches de type EB du VMT-3 (se souvenir des aliments de la recette et d'étendre la chemise après le séchage) sont reliées aux indices de MP et ME du RBMT-3 ainsi qu'à l'indice TB du CAMPROMPT. Ces relations suggèrent donc que les tâches de type EB sont valides sur le plan du construit. Le lien existant entre les tâches de type EB du VMT-3 et l'indice TB du CAMPROMPT peut être expliqué par le fait que ce test autorise les participants à prendre des notes sur une feuille. Dans le cas où le participant ne donne pas de réponse au moment opportun, l'expérimentateur doit également lui donner un indice. Une analyse *a posteriori* a permis de constater que la majorité des participants de la présente étude se référaient soit à leurs notes personnelles ou soit à l'expérimentateur (pour l'obtention d'indices). À cet effet, il est possible d'inférer que les tâches de type TB du CAMPROMPT, nécessitant un indice, ou pour lesquels le participant réfère à ses notes peuvent être en fait de type EB, ce qui est cohérent avec les corrélations obtenues. Ainsi, la consultation des notes prises par les sujets ainsi que les informations données correspondent aux indices présents dans l'environnement, ce qui respecte

les concepts théoriques des tâches EB (Hutchens et al., 2012 ; Rouleau et al., 2016).

Dans les faits, et dans la réalité de tous les jours, les tâches de type TB sollicitent davantage les processus intrinsèques afin de gérer le temps et de répondre au moment opportun, et ce, sans indice ou rétroaction provenant de l'environnement. Dans la vie réelle, il n'existe pas de rétroaction immédiate lorsqu'une tâche est omise (Burgess, 2000 ; Ebbinghaus, 1964). Une tâche considérée comme TB (p. ex. : appeler son médecin à 14h30) peut donc se transformer en EB au moment où un indice est présent dans l'environnement (p. ex. : alarme dans son téléphone ou rappel d'un proche). Il est donc possible de constater que le type de rappel pour récupérer l'intention peut se modifier, et ce, en fonction du contexte et des indices présents dans l'environnement. Les types de rappel sont donc mobiles, ce qui démontre que la conceptualisation de la MP est très complexe.

Pour ce qui est des tâches de type AB du VMT-3, aucune corrélation n'a été révélée ni avec le RBMT-3, ni avec le CAMPROMPT. Le type de rappel AB est un concept moins bien défini dans la littérature (Yang, Wang, Lin, Zheng, & Chan, 2013). Dans les écrits, ce type de tâche est souvent intégré avec le EB (Banville, 2014). Les tâches AB sont définies comme étant la réalisation d'une action au début ou à la fin d'une activité (Kvavilashvili & Ellis, 1996), ce qui implique que le rappel soit absolument imbriqué dans une autre activité. Selon ses auteurs, les intentions rappelées sur la base d'indices de type AB seraient les plus faciles à rappeler au moment opportun, puisqu'il n'est pas nécessaire d'interrompre la tâche concurrente (Kvavilashvili & Ellis, 1996). De plus, les indices sont présents dans l'environnement, et même imbriqués dans la tâche en cours, ce qui facilite le rappel de l'intention. Force est de constater

que les tests neuropsychologiques actuels n'incluent pas de tâches AB, ce qui peut expliquer partiellement les résultats obtenus dans cet essai doctoral.

Par ailleurs, les consignes et le système de cotation de ces tâches ainsi que la modélisation et les fonctionnalités du four dans l'EV sont aussi des facteurs importants à remettre en question. Tout d'abord, les étapes de la recette remises aux participants n'étaient pas toujours bien comprises en lien avec les 2 tâches de type AB, soit le préchauffage et la programmation du four (*voir Annexe 1 – Recette du poulet rôti*). La recette indiquait qu'il fallait laisser reposer le poulet dans la marinade pendant 5 minutes pour, ensuite, préchauffer le four. Or, les sujets ne savaient pas s'ils devaient attendre le délai requis pour préchauffer le four. À certaines occasions, les participants mentionnaient qu'ils ignoraient s'ils devaient laisser le four préchauffer pendant un certain laps de temps. Sur la base des commentaires des participants et à la suite de leurs performances, il est possible d'inférer que les étapes ainsi que les consignes de la recette sont à revoir dans leur ensemble. Plus spécifiquement, la consigne de départ visait à préchauffer le four en débutant la marinade et de programmer le four après avoir mis le poulet à cuire. Les points attribués aux participants tenaient ainsi compte du moment où l'action était engagée. Certains participants réalisaient la tâche de manière adéquate, sans toutefois la réaliser au moment prescrit, ce qui occasionnait un échec (0 point) à cette tâche, créant ainsi des faux négatifs. Les résultats obtenus à ces 2 tâches ne traduisent donc pas adéquatement la performance réelle des participants. Ainsi, cette interprétation des tâches de type AB s'avère plutôt rigide. Dans la vie quotidienne, il n'y a effectivement aucune conséquence significative à préchauffer le four avant ou après la marinade ou de programmer le four avant ou après d'y introduire son plat. Dans le VMT-3, la réalisation de ces actions n'a aucune incidence sur la cuisson du poulet, ce qui suggère que le système de cotation devrait être assoupli voire repensé

afin d'augmenter sa validité écologique. Afin de mieux comprendre les comportements et les performances des participants, un score de réalisation avant/après pourrait être élaboré, ce qui ne pénaliserait pas injustement les participants et soutiendrait probablement mieux les aspects théoriques de ce type de tâche.

Plusieurs problèmes d'heuristiques et d'utilisation ont été notés en cours d'expérimentation en lien avec le four. Les heuristiques réfèrent aux expériences personnelles des participants et non pas à des analyses (Domingues, 2010). Plus spécifiquement, le four (voir Figure 1) est composé de quatre boutons et d'une minuterie. Les boutons #1-2 permettent de programmer le four en réglant la minuterie et en ajoutant ou en soustrayant 10 minutes. Le bouton #3 ne possède aucune fonction particulière. Le bouton #4 permet de préchauffer le four et lorsque le participant l'actionne, une lumière rouge s'allume. De manière générale, les participants de l'étude soulevaient que le préchauffage et la programmation ne représentaient pas des actions intuitives dues à la conceptualisation physique du four. Par exemple, le bouton #4 ressemble plutôt à un minuteur pour régler la température plutôt qu'à un bouton permettant le préchauffage. Aussi, la lumière devrait plutôt apparaître après un certain délai, et ce, quand le four est effectivement à la bonne température. Les résultats obtenus appuient les plaintes soulevées par les participants, soit que les 2 tâches AB du VMT-3 sont reliées avec la composante d'exigence physique du NASA-TLX. En somme, étant donné la confusion des actions demandées et le moment où elles devaient être effectuées, les 2 tâches (préchauffage et programmation du four) ne peuvent donc pas être considérées comme valides étant donné les défauts méthodologiques et de conceptions numériques soulevés ici.

Enfin, le score total des tâches au VMT-3 est relié aux indices du RBMT-3 (MP et ME), mais pas au CAMPROMPT. De manière générale, les indices TB et EB du VMT-3 corréllent

davantage au RBMT-3 qu'au CAMPROMPT, suggérant que les indices obtenus aux 2 tests sont distincts. Les résultats obtenus permettent d'affirmer que, dans l'ensemble, le RBMT-3 se rapproche davantage du VMT-3 que le CAMPROMPT. Les résultats obtenus laissent supposer que le contenu du VMT-3 est valide pour la composante épisodique ainsi que pour la composante prospective des tâches de type EB. Les défauts de programmation des tâches TB et AB et la cotation des tâches AB pourraient en partie expliquer les résultats non significatifs obtenus.



Figure 1. Photo prise du four dans le VMT-3

Les faibles corrélations obtenues (≤ 0.29) ou l'absence de celles-ci entre le VMT-3 et le CAMPROMPT pourraient être expliquées par le fait que le construit de la mémoire prospective soit sous-représenté par le CAMPROMPT comparativement aux tâches de réalité virtuelle qui elles couvrent une plus grande variance reliée au construit. De même, il se peut que le VMT couvre également une partie de la variance non reliée au construit comme, par exemple, les aspects exécutifs inclus dans le *multitasking*. Par ailleurs, toujours dans la comparaison des procédures entre le CAMPROMPT et le VMT, dans l'appartement virtuel, plusieurs imprévus surviennent au cours de la réalisation de la tâche, ce qui nécessite la contribution de plusieurs autres fonctions cognitives telles que la mémoire de travail, l'attention, la vigilance, etc., fonctions qui n'ont pas été évalué dans cette présente étude; les tâches du VMT sont donc

beaucoup plus complexes que celles auxquelles il a été comparé. Dans une autre étude de validité convergente, il serait ainsi important de choisir des épreuves valides qui évaluent les fonctions exécutives, l'attention et la mémoire de travail. Aussi, il est possible de croire que les résultats non significatifs obtenus entre le VMT-3 et le CAMPROMPT peuvent être attribuable à une différence majeure entre les deux tests sur le plan de l'administration, soit la possibilité de prendre des notes. Au CAMPROMPT, les participants ont effectivement droit de noter ce qu'il désire, ce qui libère les participants d'une charge mentale supplémentaire. Dans une future recherche, il pourrait être pertinent d'utiliser le CAMPROMPT comme comparatif, en interdisant toutefois la prise de notes.

Sur le plan de la consistance interne, l'analyse des corrélations items-tout en RV nous démontre une cohérence entre chacun des items. Ceci implique qu'une partie du contenu mesuré est similaire entre les items. Cependant, certains items étant plus faiblement corrélés au tout (p. ex. : EB-Total ($r(101) = .30, p = 0,003$) ; AB-Total ($r(101) = .57, p < 0,001$) ; TB-Total ($r(101) = .85, p < 0,001$)), force est de constater que la variance de chaque item est nécessairement expliquée par d'autres contenus, probablement appartenant aux fonctions suivantes : FE, visuo-spatiales, attentionnelles et mnésiques. À cet effet, il est d'ailleurs possible de noter que le RI et le RD des ingrédients de la recette sont tous les 2 corrélés significativement au score total des items de MP du VMT (RI-Total : $r(100) = .28, p = 0,006$; RD-Total : $r(100) = .20, p = 0,05$).

Comme discuté tout au long de cette section de l'essai, il est possible de croire que le VMT-3 n'évalue pas exclusivement la MP, mais plutôt un amalgame de fonctions cognitives telles que la ME, les FE. Il est toutefois important de ne pas négliger les aspects visuo-spatiaux tels que la navigation et l'orientation spatiale, qui sont nécessaires à la réalisation des tâches en RV (Grewe et al., 2014 ; Roediger III & Zaromb, 2010). Une hypothèse possible demeure que

les participants ayant de meilleures capacités visuo-spatiales ont pu obtenir de meilleures performances aux tâches du VMT-3. Ils navigueraient effectivement plus facilement dans l'appartement virtuel, permettant de libérer des ressources cognitives pour les demandes requises des tâches de MP (Jovanovski et al., 2012).

D'autres facteurs tels que les cybermalaises, la charge cognitive ou le sentiment de présence ont également pu influencer les performances des participants. En premier lieu, des analyses *a posteriori* visant à expliquer les résultats ont suggéré que plus les participants vivaient des cybermalaises pendant l'épreuve du VMT-3, moins ils performaient dans les tâches de MP. En second lieu, les participants ont rapporté avoir vécu, de manière modérée, une surcharge mentale (les participants ont eu l'impression que des opérations mentales et perceptives ont été requises) et temporelle (les participants ont eu l'impression d'avoir une pression temporelle que ce soit à cause de la cadence, du rythme ou de l'allure des tâches). Les relations qui existent entre l'exigence mentale et temporelle et les indices du VMT-3 suggèrent que l'augmentation de la charge mentale est liée aux performances des participants dans l'EV. En troisième lieu, le sentiment de présence est plutôt faible chez les participants. Or, des études ont démontré l'importance d'un bon niveau de présence dans la réalisation d'une tâche de RV (Lo Priore, Castelnuovo, Liccione, & Liccione, 2003).

En conclusion, lors de la réalisation du VMT-3, les participants doivent être vigilants à l'occurrence de plusieurs évènements se déroulant simultanément dans l'appartement alors qu'ils effectuent différentes tâches. Ils doivent engager plusieurs actions dans un temps prédéfini en gardant en mémoire d'en achever d'autres par la suite. Chaque évènement ne présente pas le même niveau d'importance, de complexité et d'exigence temporelle, ce qui nécessite de

prioriser et de faire des choix en fonction d'un plan d'action préalablement établi. À cet effet, le VMT-3 mériterait d'être comparé à des mesures écologiques reconnues évaluant le *multitasking*, ce qui inclut les FE, la ME, la mémoire de travail, l'attention sélective et la MP. Concernant le choix de la mesure, Shallice et Burgess (1991) ont suggéré que les tests traditionnels n'incluent pas de tâches avec une demande cognitive aussi complexe que les activités de la vie quotidienne, telles que de préparer un repas. Ils insistent donc sur la nécessité de choisir des tests qui permettent de recréer davantage le contexte du quotidien avec ces multiples défis. Afin de démontrer la validité du VMT-3, il sera donc important de le comparer avec des outils fiables et écologiques qui évaluent le *multitasking*.

Limites de l'étude et recherches futures

Cette étude a apporté des réponses encourageantes en ce qui a trait à l'utilisation de la RV en tant qu'outil d'évaluation neuropsychologique « écologiquement valide » de la MP. En effet, cet appartement virtuel constitue un outil écologique et valide pour l'évaluation de la MP de type EB. Cette présente recherche a également permis de soutenir que la MP ne représente pas seulement une fonction mnésique, mais plutôt un réseau nécessitant l'apport de plusieurs fonctions cognitives.

Certaines limites sont tout de même à considérer et elles pourront être évitées lors de recherches futures. Dans un premier temps, le système de cotation utilisé devrait être modifié, et ce, pour plusieurs raisons. Premièrement, il n'est pas uniforme à travers les différents types de rappel. Par exemple, les tâches TB et AB sont évaluées selon le délai de réalisation de la tâche tandis que les tâches EB sont évaluées avec un seuil de réussite ou d'échec. Il sera important d'uniformiser le système de cotation à travers les différentes tâches du VMT-3. Deuxièmement, la littérature démontre que le vieillissement amène un ralentissement

psychomoteur (Bugg, Zook, DeLosh, Davalos et Davis, 2006 ; Salthouse, 2012 ; Thomson et Hasher, 2017). Les participants âgés de cette étude ont donc été désavantagés avec le système de cotation actuel. Troisièmement, les interruptions (appels téléphoniques et l'orage) n'ont pas été considérés dans le système de cotation. Il serait pertinent d'évaluer leur impact sur les comportements et la performance des participants.

Dans un deuxième temps, le VMT-3 évalue la MP lors d'activités de la vie quotidienne. La réalisation de ses tâches nécessite donc l'apport de plusieurs fonctions cognitives. Il serait donc important d'utiliser des tests neuropsychologiques écologiques, valides et fiables qui évaluent le *multitasking*, incluant les FE et la MP dans le but des comparer avec les résultats obtenus au VMT-3. Aussi, l'outil bénéficierait d'être comparé avec des situations réelles pour renforcer sa validité écologique.

Dans un troisième temps, les personnes qui ont participé à l'étude étaient relativement scolarisées (M = 14,47 années). Pour cette raison, l'échantillon recueilli n'est pas représentatif de l'ensemble de la population. Il est possible de croire que les personnes plus scolarisées ont davantage accès à des outils technologiques tels que des ordinateurs ou des consoles de jeux vidéo. Leur exposition à ces technologies doit effectivement être plus élevée, ce qui a pu influencer les résultats obtenus. De plus, comme le rapportent plusieurs études, un effet plafond peut être constaté dans la performance en MP chez des participants sains (Kvavilashvili, 1998). Aussi, des études antérieures ont démontré qu'un niveau d'éducation faible seraient associés à une mauvaise performance en mémoire prospective (Lecomte, 2010; Smith et al., 2000). Dans des recherches futures, il serait donc pertinent de recruter des participants de différents niveaux socio-économiques et d'éducation. Aussi, les étudiants universitaires sont connus comme vivant beaucoup d'anxiété lors d'évaluations puisqu'ils veulent bien performer (Neuderth, Jabs, &

Schmidtke, 2009 ; Saravanan, Kingston, & Gin, 2014), ce qui peut expliquer les résultats obtenus au questionnaire au STAI. En effet, il est possible de croire que l'anxiété vécue par les participants soit relié au fait expérimental.

Dans un quatrième temps, les analyses effectuées dans la présente étude regroupaient des personnes âgées entre 18 et 91 ans, donnant une étendue d'âge assez grand. Il serait pertinent d'utiliser plusieurs groupes d'âge afin de pouvoir comparer les résultats obtenus en fonction de l'âge du participant.

Dans un cinquième temps, la présente étude a été réalisée dans un mode non-immersif afin de contrôler les symptômes physiques potentiels reliés à la RV, tels que les cybermalaises. Afin de maximiser les bienfaits de l'utilisation de la RV, la passation du VMT-3 devrait se faire sous une forme pleinement immersive à l'aide d'un visiocasque. Un sentiment de présence plus élevée serait probablement une conséquence positive d'une immersion complète. À cet effet, certains chercheurs affirment que les développements dans le monde technologique permettront d'améliorer l'expérience de la RV en limitant les symptômes physiques potentiels (Davison et al., 2017).

Conclusion

La création d'outils écologiques est essentielle afin de pouvoir mieux évaluer les fonctions cognitives, dont la MP, dans un contexte d'évaluation neuropsychologique. Or, les tâches comprises dans les batteries de tests sont souvent peu représentatives de celles retrouvées dans la vie quotidienne. Les évaluations par observation, quant à elles, demeurent plus exigeantes sur le plan du temps imparti à l'exercice et des coûts de l'administration des épreuves. Aussi, elles présentent un manque de standardisation lors de la récolte des données. La RV offre plusieurs possibilités en termes d'évaluation des fonctions cognitives de manière écologique, et ce, en offrant un niveau de complexité équivalent à la vie quotidienne. Nous avons développé un nouvel outil d'évaluation, le VMT-3, qui permet d'évaluer la MP dans un contexte de *multitasking*. Les résultats de cette étude de validation ont permis de confirmer l'intérêt des tâches du VMT-3. Elles sont valides sur le plan théorique puisqu'elles corrélaient avec les batteries de tests évaluant les mêmes concepts. Cependant, les corrélations modestes permettent de croire que d'autres processus sont nécessaires à la réalisation de ces tâches, tels que les FE et le *multitasking*. Des dimensions propres à la RV ne peuvent pas non plus être ignorées, notamment, les principes de navigation dans un environnement tridimensionnel ainsi que les processus d'orientation spatiale qui a le potentiel de créer une surcharge cognitive.

Au terme de cette étude, nous sommes d'avis que le VMT-3 est un outil prometteur pour une évaluation neuropsychologique écologique. À l'heure actuelle, il serait toutefois prématuré de l'utiliser dans le but d'évaluer la MP auprès de populations cliniques. Plusieurs fonctions cognitives semblent effectivement jouer un rôle dans la réalisation des tâches du VMT-3, ce qui pourrait être évalué dans une étude ultérieure. De futures études devront être entreprises afin notamment d'examiner les liens entre des tests évaluant les FE et les indices issus du VMT-3.

Références

- Allain, P., Foloppe, D. A., Besnard, J., Yamaguchi, T., Etcharry-Bouyx, F., Le Gall, D., ... Richard, P. (2014). Detecting everyday action deficits in Alzheimer's disease using a nonimmersive virtual reality kitchen. *Journal of the International Neuropsychological Society*, 20(05), 468-477.
- Baddeley, A. (1986). Working memory. Oxford: Oxford University Press.
- Banville, F. (2014). Élaboration d'une procédure d'évaluation de la mémoire prospective en réalité virtuelle immersive et étude de sa validité auprès de participants sains ou ayant subi un traumatisme craniocérébral (Thèse doctorale). Université du Québec à Trois-Rivières, Trois-Rivières, QC.
- Banville, F., Couture, J-F, Verhulst, E., Besnard, J., Richard, P., Allain, P. (2017). Using Virtual Reality to Assess the Elderly: The Impact of Human-Computer Interfaces on Cognition. HCI International 2017. Springer.
- Banville, F. Lussier, C., Massicotte, E., Verhulst, E., Couture, J.-F., Allain, P., Richard, P. (2018) Validation of a Sorting Task Implemented in the Virtual Multitasking Task-2 and Effect of Aging: The Impact of Human-Computer Interfaces on Cognition. HCI International 2018. Springer.
- Banville, F. & Nolin, P. (2000) *Mémoire prospective : analyse des liens entre les fonctions mnésiques et les fonctions frontales chez des adultes victimes d'un traumatisme craniocérébral*. Revue française de neuropsychologie, vol. 10(2), juin, 255-280.
- Banville, F., & Nolin, P., (2012). Using virtual reality to assess prospective memory and executive functions after traumatic brain injury. *Journal of Cybertherapy and Rehabilitation*, 5 (1), 45-55.
- Banville, F., Nolin, P., Lalonde, S., Henry, M., Dery, M. P., & Villemure, R. (2010). Multitasking and prospective memory: can virtual reality be useful for diagnosis? *Behavioural neurology*, 23(4), 209-211.
- Beck, A. T., Steer, R. A., & Brown, G. K. (1996). Beck depression inventory-II. *San Antonio*, 78(2), 490-8.
- Blanco-Campal, A., Coen, R. F., Lawlor, B. A., Walsh, J. B., & Burke, T. E. (2009). Detection of prospective memory deficits in mild cognitive impairment of suspected Alzheimer's disease etiology using a novel event-based prospective memory task. *Journal of the International Neuropsychological Society*, 15(01), 154-159.

- Bouchard, S., Renaud, P., Robillard, G., St-Jacques, J., Côté, S., & Cournoyer, L. G. Traduction et validation des mesures de présence et de cybermalaises. *Instruments et données partielles disponibles à www.ugg.ca/cybemtsy*.
- Bugg, J. M., Zook, N. A., DeLosh, E. L., Davalos, D. B., & Davis, H. P. (2006). Age differences in fluid intelligence: contributions of general slowing and frontal decline. *Brain and cognition*, 62(1), 9-16.
- Burgess, P. W. (2000). Strategy application disorder: the role of the frontal lobes in human multitasking. *Psychological research*, 63(3-4), 279-288.
- Burgess, P. W., Alderman, N., Forbes, C., Costello, A., Coates, M. C., Dawson, D. R., ... & Channon, S. (2006). The case for the development and use of “ecologically valid” measures of executive function in experimental and clinical neuropsychology. *Journal of the international neuropsychological society*, 12(2), 194-209.
- Burgess, P. W., Quayle, A., & Frith, C. D. (2001). Brain regions involved in prospective memory as determined by positron emission tomography. *Neuropsychologia*, 39(6), 545-555.
- Burgess, P. W., Scott, S. K., & Frith, C. D. (2003). The role of the rostral frontal cortex (area 10) in prospective memory: A lateral versus medial dissociation. *Neuropsychologia*, 41(8), 906-918.
- Burgess, P. W., & Shallice, T. (1997). The relationship between prospective and retrospective memory: Neuropsychological evidence. *Cognitive models of memory*, 5, 249-256.
- Canty, A. L., Fleming, J., Patterson, F., Green, H. J., Man, D., & Shum, D. H. (2014). Evaluation of a virtual reality prospective memory task for use with individuals with severe traumatic brain injury. *Neuropsychological Rehabilitation*, 24(2), 238-265.
- Carson, N., Leach, L., & Murphy, K. J. (2018). A re-examination of Montreal Cognitive Assessment (MoCA) cutoff scores. *International journal of geriatric psychiatry*, 33(2), 379-388.
- Cegarra, J., & Morgado, N. (2009). *Étude des propriétés de la version francophone du NASA-TLX*. Communication présentée à la cinquième édition du colloque de psychologie ergonomique, Nice, France.
- Connor, L. T., & Maeir, A. (2011). Putting executive performance in a theoretical context. *OTJR: Occupation, Participation and Health*, 31(1), S3 – S7. doi:10.3928/15394492-20101108-02

- Costa, A., Perri, R., Serra, L., Barban, F., Gatto, I., Zabberoni, S., ... Carlesimo, G. A. (2010). Prospective memory functioning in mild cognitive impairment. *Neuropsychology*, *24*(3), 327.
- Costa, A., Perri, R., Zabberoni, S., Barban, F., Caltagirone, C., & Carlesimo, G. A. (2011). Event-based prospective memory failure in amnesic mild cognitive impairment. *Neuropsychologia*, *49*(8), 2209-2216.
- Craik, F. I., & Bialystok, E. (2006). Planning and task management in older adults: Cooking breakfast. *Memory & Cognition*, *34*(6), 1236-1249.
- Crawford, J., Smith, G., Maylor, E., Della Sala, S., & Logie, R. (2003). The Prospective and Retrospective Memory Questionnaire (PRMQ): Normative data and latent structure in a large non-clinical sample. *Memory*, *11*(3), 261-275.
- Davison, S. M. C., Deeprose, C. et Terbeck, S. (2017). A comparison of immersive virtual reality with traditional neuropsychological measures in the assessment of executive functions. *Acta Neuropsychiatrica*, 1-11. doi : 10.1017/neu.2017.14
- Debarnot, U., Crépon, B., Orriols, E., Abram, M., Charron, S., Lion, S., ... Baron, J. C. (2015). Intermittent theta burst stimulation over left BA10 enhances virtual reality-based prospective memory in healthy aged subjects. *Neurobiology of Aging*, *36*(8), 2360-2369.
- Delprado, J., Kinsella, G., Ong, B., Pike, K., Ames, D., Storey, E., ... Rand, E. (2012). Clinical measures of prospective memory in amnesic mild cognitive impairment. *Journal of the International Neuropsychological Society*, *18*(02), 295-304.
- Derakshan, N. et Eysenck, M. W. (2009). Anxiety, processing efficiency, and cognitive performance: New developments from attentional control theory. *European Psychologist*, *14*(2), 168-176. <https://doi.org/10.1027/1016-9040.14.2.168>
- Domingues, C. (2010). *Interaction 3D collaborative en réalité virtuelle* (Doctoral dissertation, Université d'Evry-Val d'Essonne).
- Duchek, J.M., Balota, D.A., & Cortese, M. (2006). Prospective memory and Apolipoprotein E in healthy aging and early stage Alzheimer's disease. *Neuropsychology*, *20*, 633-644.
- Ebbinghaus H. 1964. *Memory: A Contribution to Experimental Psychology*. Dover: (New York original work published 1885; translated 1913).
- Einstein, G. O., & McDaniel, M. A. (1990). Normal aging and prospective memory. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, *16*(4), 717.

- Einstein, G. O., & McDaniel, M. A. (1996). Retrieval processes in prospective memory: Theoretical approaches and some new empirical findings. *Prospective memory: Theory and applications*, 115-141.
- Einstein, G. O., McDaniel, M. A., Richardson, S. L., Guynn, M. J., & Cunfer, A. R. (1995). Aging and prospective memory: examining the influences of self-initiated retrieval processes. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 21(4), 996.
- Einstein, G.O., McDaniel, M.A., & Scullin, M.K. (2012). Prospective memory and aging: Understanding the variability. Dans Naveh-Benjamin, M., & Ohta, N. (Éds), *Memory and aging: Current issues and future directions* (pp. 153 – 179). New York, NY: Psychology Press.
- Elliott, R. (2003). Executive functions and their disorders. *Imaging in clinical neuroscience. British Medical Bulletin*, 65(1), 49–59.
- Ellis, J. (1996). Prospective memory or the realization of delayed intentions: A conceptual framework for research. *Prospective memory: Theory and applications*, 1-22.
- Ellis, J., & Freeman, J. E. (2008). Ten years on: Realizing delayed intentions. In M. Kliegel, M. A. McDaniel, & G. O. Einstein (Eds.), *Prospective memory: Cognitive, neuroscience, developmental, and applied perspectives* (pp. 1–27). New York: Lawrence Erlbaum Associates.
- Evans, V. C., Chan, S. S., Iverson, G. L., Bond, D. J., Yatham, L. N., & Lam, R. W. (2013). Systematic review of neurocognition and occupational functioning in major depressive disorder. *Neuropsychiatry*, 3(1), 97-105.
- Foster, E. R., Rose, N. S., McDaniel, M. A., & Rendell, P. G. (2013). Prospective memory in Parkinson disease during a virtual week: Effects of both prospective and retrospective demands. *Neuropsychology*, 27(2), 170.
- Gao, J. L., Cheung, R. T. F., Chan, Y. S., Chu, L. W., & Lee, T. M. C. (2013). Increased prospective memory interference in normal and pathological aging: different roles of motor and verbal processing speed. *Aging, Neuropsychology, and Cognition*, 20(1), 80-100.
- Giebel, C. M., Challis, D., & Montaldi, D. (2015). Understanding the cognitive underpinnings of functional impairments in early dementia: A review. *Aging & Mental Health*, 19(10), 859-875.
- Graf, P., & Uttl, B. (2001). Prospective memory: A new focus for research. *Consciousness and Cognition: An International Journal*, 10(4), 437-450.

- Greenwood, K. E., Morris, R., Smith, V., Jones, A. M., Pearman, D., & Wykes, T. (2016). Virtual shopping: A viable alternative to direct assessment of real life function? *Schizophrenia research*, *172*(1), 206-210.
- Grewe, P., Lahr, D., Kohsik, A., Dyck, E., Markowitsch, H. J., Bien, C. G., ... & Piefke, M. (2014). Real-life memory and spatial navigation in patients with focal epilepsy: ecological validity of a virtual reality supermarket task. *Epilepsy & Behavior*, *31*, 57-66.
- Hart, S. G., & Staveland, L. E. (1988). Development of NASA-TLX (Task Load Index): Results of empirical and theoretical research. *Advances in Psychology*, *52*, 139-183.
- Hutchens, R. L., Kinsella, G. J., Ong, B., Pike, K. E., Parsons, S., Storey, E., ... & Clare, L. (2012). Knowledge and use of memory strategies in amnesic mild cognitive impairment. *Psychology and aging*, *27*(3), 768.
- Jovanovski, D., Zakzanis, K., Campbell, Z., Erb, S., & Nussbaum, D. (2012). Development of a novel, ecologically oriented virtual reality measure of executive function: The Multitasking in the City Test. *Applied Neuropsychology: Adult*, *19*(3), 171-182.
- Karantzoulis, S., Troyer, A. K., & Rich, J. B. (2009). Prospective memory in amnesic mild cognitive impairment. *Journal of the International Neuropsychological Society*, *15*(03), 407-415.
- Kawano, N., Iwamoto, K., Ebe, K., Aleksic, B., Noda, A., Umegaki, H., ... Ozaki, N. (2012). Slower adaptation to driving simulator and simulator sickness in older adults. *Aging Clinical and Experimental Research*, *24*, 285-289.
- Kliegel, M., Jäger, T., & Phillips, L. H. (2008). Adult age differences in event-based prospective memory: a meta-analysis on the role of focal versus nonfocal cues. *Psychology and Aging*, *23*(1), 203.
- Knight, R. G., Harnett, M., & Titov, N. (2005). The effects of traumatic brain injury on the predicted and actual performance of a test of prospective remembering. *Brain Injury*, *19*(1), 27-38.
- Knight, R. G., & Titov, N. (2009). Use of virtual reality tasks to assess prospective memory: applicability and evidence. *Brain impairment*, *10*(1), 3-13.
- Kvavilashvili, L. (1998). Remembering intentions: testing a new method of investigation. *Applied Cognitive Psychology*, *12*(6), 533-554.
- Kvavilashvili, L., & Ellis, J. (1996). Varieties of intention: Some distinctions and classifications. *Prospective memory: Theory and applications*, *6*, 183-207.

- Lecomte, S. (2010). *Intégrité des composantes prospective et rétrospective de la mémoire prospective dans la maladie d'Alzheimer* (Doctoral dissertation, Université du Québec à Montréal).
- 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.
- Lezak, M. D., Howieson, D. B., Bigler, E. D. et Tranel, D. (2012). *Neuropsychological Assessment* (5^eed). New York, États-Unis : Oxford University Press.
- Logie, R. H., Trawley, S., & Law, A. (2011). Multitasking: multiple, domain-specific cognitive functions in a virtual environment. *Memory & cognition*, 39(8), 1561-1574.
- Lo Priore, C., Castelnovo, G., Liccione, D., & Liccione, D. (2003). Experience with V-STORE: considerations on presence in virtual environments for effective neuropsychological rehabilitation of executive functions. *CyberPsychology & Behavior*, 6(3), 281-287.
- Man, D. W., Chan, M. K. L., & Yip, C. C. K. (2015). Validation of the Cambridge Prospective Memory Test (Hong Kong Chinese version) for people with stroke. *Neuropsychological Rehabilitation*, 25(6), 895-912.
- Massicotte, E., Lussier, C., Tabet, S. & Banville, F. (2017). The virtual multitasking test for assessing elderly: Preliminary psychometric data. Conférence réalisée dans le cadre du IWAMIT, University of science, Tokyo.
- Meier, B., & Zimmermann, T. D. (2015). Loads and loads and loads: the influence of prospective load, retrospective load, and ongoing task load in prospective memory. *Frontiers in human neuroscience*, 9, 322.
- McDaniel, M. A., & Einstein, O. G. (2000). Strategic and automatic processes in prospective memory retrieval: A multiprocess framework. *Applied Cognitive Psychology*, 14, S127-S144.
- McDaniel, M. A., Einstein, O. G., Rendell, P. (2008). The puzzle of inconsistent age-related declines in prospective memory: A multiprocess explanation. Kliegel- Matthias, ed. pp 141-160.
- McDaniel, M., & Einstein, G. (2007). *Prospective memory: An overview and synthesis of an emerging field*. Los Angeles: SAGE Publications.
- Morris, R. G., Kotitsa, M., Bramham, J., Brooks, B., & Rose, F. D. (2002, September). Virtual reality investigation of strategy formation, rule breaking and prospective memory in patients with focal prefrontal neurosurgical lesions. In *Proceedings of the 4th International Conference on Disability, Virtual Reality & Associated Technologies* (pp. 101-108).

- Nasreddine, Z. S., Phillips, N. A., Bédirian, V., Charbonneau, S., Whitehead, V., Collin, I., ... & Chertkow, H. (2005). The Montreal Cognitive Assessment, MoCA: a brief screening tool for mild cognitive impairment. *Journal of the American Geriatrics Society*, 53(4), 695-699.
- Neuderth, S., Jabs, B., & Schmidtke, A. (2009). Strategies for reducing test anxiety and optimizing exam preparation in German university students: a prevention-oriented pilot project of the University of Würzburg. *Journal of Neural Transmission*, 116(6), 785-790.
- Neulinger, K., Oram, J., Tinson, H., O’Gorman, J., & Shum, D. (2016). Prospective memory and frontal lobe function. *Aging, Neuropsychology, and Cognition*, 23(2), 171–183.
- Nir-Hadad, S. Y., Weiss, P. L., Waizman, A., Schwartz, N., & Kizony, R. (2017). A virtual shopping task for the assessment of executive functions: Validity for people with stroke. *Neuropsychological rehabilitation*, 27(5), 808-833.
- Nolin, P., Banville, F., Cloutier, J., & Allain, P. (2013). Virtual reality as a new approach to assess cognitive decline in the elderly. *Academic Journal of Interdisciplinary Studies*, 2(8), 612.
- Nolin, P., Stipanici, A., Henry, M., Joyal, C.C., & Allain, P. (2012). Virtual reality as a screening tool for sports concussion in adolescents. *Brain Injury*, 26, 1564–1573.
- Okuda, J., Fuji, T., Yamadori, A., Kawashima, R., Tsukiura, T., Fukatsu, R., ... Fukuda, H. (1998). Participation of the prefrontal cortices in prospective memory: Evidence from a PET study in humans. *Neuroscience letters*, 253, 127–130.
- Parsons, T. D. (2011). Neuropsychological assessment using virtual environments: enhanced assessment technology for improved ecological validity. In *Advanced computational intelligence paradigms in healthcare 6. Virtual reality in psychotherapy, rehabilitation, and assessment* (pp. 271-289). Springer, Berlin, Heidelberg.
- Parsons, T. D., & Barnett, M. (2017). Validity of a newly developed measure of memory: Feasibility study of the virtual environment grocery store. *Journal of Alzheimer's Disease*, 59(4), 1227-1235.
- Rendell, P. G., & Henry, J. D. (2009). A review of Virtual Week for prospective memory assessment: Clinical implications. *Brain Impairment*, 10(01), 14-22.
- Riva, G., Mantovani, F., & Gaggioli, A. (2004). Presence and rehabilitation: toward second-generation virtual reality applications in neuropsychology. *Journal of neuroengineering and rehabilitation*, 1(1), 9.
- Rizzo, A., & Buckwalter, J. G. (1997). Virtual Reality and Cognitive Assessment and Rehabilitation: The State of the Art; In G. Riva (Ed), *Virtual Reality in Neuro-Psychophysiology*, IOS Press, Holanda.

- Rizzo, A. S., & Kim, G. J. (2005). A SWOT analysis of the field of virtual reality rehabilitation and therapy. *Presence: Teleoperators & Virtual Environments*, 14(2), 119-146.
- Roca, M., Vives, M., López-Navarro, E., García-Campayo, J., & Gili, M. (2015). Cognitive impairments and depression: a critical review. *Actas Esp Psiquiatr*, 43(5), 187-93.
- Roediger III, H. L., & Zaromb, F. M. (2010). Memory for actions: How different ? In *Name not included in text, 2006, Nasby Castle, Stockholm, Sweden; This volume is based on the proceedings from a conference arranged at Nasby Castle outside Stockholm in the fall of 2006*. Psychology Press.
- Rouleau, I., Lajeunesse, A., Drolet, V., Potvin, M. J., Marcone, S., Lecomte, S., ... Joubert, S. (2016). L'évaluation clinique de la mémoire prospective dans le MCI. *NPG Neurologie-Psychiatrie-Gériatrie*, 16(93), 152-158.
- Sadowski, W., & Stanney, K. (2002). Presence in virtual environments. Dans K. M. Stanney (Éd.), *Handbook of virtual environments: Design, implementation, and applications*, (pp. 791-806). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates Publishers.
- Salthouse, T. (2012). Consequences of age-related cognitive declines. *Annual review of psychology*, 63, 201-226.
- Saravanan, C., Kingston, R., & Gin, M. (2014). Is test anxiety a problem among medical students: A cross sectional study on outcome of test anxiety among medical students? *International journal of psychological studies*, 6(3), 24.
- Schmitter-Edgecombe, M., Woo, E., & Greeley, D. R. (2009). Characterizing multiple memory deficits and their relation to everyday functioning in individuals with mild cognitive impairment. *Neuropsychology*, 23(2), 168.
- Schubert, T. W., Friedmann, F., & Regenbrecht, H. T. (1999, April). Decomposing the sense of presence: Factor analytic insights. In *2nd international workshop on presence* (Vol. 1999).
- Shallice, T., & Burgess, P. W. (1991). Deficits in strategy application following frontal lobe damage in man. *Brain*, 114, 727-741.
- Shallice, T., & Burgess, P. (1996). The domain of supervisory processes and temporal organization of behaviour. *Phil. Trans. R. Soc. Lond. B*, 351(1346), 1405-1412.
- Shallice, T., & Burgess, P. (1993). Supervisory control of action and thought selection. In A. Baddeley & L. Weiskrantz (Eds.), *Attention: Selection, Awareness, and Control* (171-187). Oxford: Clarendon Press.

- Smith, R. E., & Bayen, U. J. (2006). The source of adult age differences in event-based prospective memory: A multinomial modeling approach. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 32(3), 623.
- Smith, G., Del Sala, S., Logie, R. H., & Maylor, E. A. (2000). Prospective and retrospective memory in normal ageing and dementia: A questionnaire study. *Memory*, 8(5), 311-321.
- Spielberger, C. D., Gorsuch, R. L. et Lushene, R. D. (1970). *Test manual for the State Trait Anxiety Inventory*. Palo Alto: Consulting Psychologist Press.
- 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.
- Stanney, K. M., & Kennedy, R. S. (1997). The psychometrics of cybersickness. *Communications of the ACM*, 40(8), 66-68.
- Talarowska, M., Zajączkowska, M., & Gałecki, P. (2015). Cognitive functions in first-episode depression and recurrent depressive disorder. *Psychiatria Danubina*, 27(1), 38-43.
- Thompson, C., Henry, J. D., Rendell, P. G., Withall, A., & Brodaty, H. (2010). Prospective memory function in mild cognitive impairment and early dementia. *Journal of the International Neuropsychological Society*, 16(02), 318-325.
- Thomson, D. R., & Hasher, L. (2017). On the preservation of vigilant attention to semantic information in healthy aging. *Experimental Brain Research*, 235(7), 2287-2300.
- Trawley, S. L., Law, A. S., & Logie, R. H. (2011). Event-based prospective remembering in a virtual world. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 64(11), 2181-2193.
- Trivedi, M. H., & Greer, T. L. (2014). Cognitive dysfunction in unipolar depression: implications for treatment. *Journal of affective disorders*, 152, 19-27.
- Troyer, A. K., & Murphy, K. J. (2007). Memory for intentions in amnesic mild cognitive impairment: Time-and event-based prospective memory. *Journal of the International Neuropsychological Society*, 13(02), 365-369.
- Uttl, B. (2008). Transparent meta-analysis of prospective memory and aging. *PloS one*, 3(2), e1568.
- Van den Berg, E., Kant, N., & Postma, A. (2012). Remember to buy milk on the way home! A meta-analytic review of prospective memory in mild cognitive impairment and dementia. *Journal of the International Neuropsychological Society*, 18(04), 706-716.

- Verhulst, E., Banville, F., Richard, P., & Allain, P. (2018-accepted) Is the pointing task effective to characterize the user's abilities when using a specific interaction technique? *HCI International 2017*. Springer.
- Viaud-Delmon (2007). iGroup presence questionnaire (French translation). Repéré à www.igroup.org/pq/ipq/download.php.
- Warrington, E. K. (1984). *Recognition Memory Test*. Californie, USA : Western Psychological Services.
- Wilson, B., Cockburn, J., Baddeley, A., & Hiorns, R. (1989). The development and validation of a test battery for detecting and monitoring everyday memory problems. *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology*, *11*(6), 855-870.
- Wilson, B. A., Cockburn, J., Baddeley, A., & Hiorns, R. (1991). *The Rivermead Behavioural Memory Test: Supplement Two*. Bury St. Edmunds, UK: Thames Valley Test Company.
- Wilson, B.A., Greenfield, E., Clare, L., Baddeley, A.D., Cockburn, J., Watson, P., Tate, R., Soprena, S., Nannery, R., & Crawford, J.R. (2010). *The Rivermead Behavioural Memory Test - Third Version*. London: Pearson Assessment.
- Wilson, B. A., Shiel, A., Foley, J., Emslie, H., Groot, Y., Hawkins, K., & Watson, P. (2005). Cambridge test of prospective memory (CAMPROMPT). *San Antonio: Pearson Assessment*.
- Woods, S. P., Weinborn, M., Li, Y. R., Hodgson, E., Ng, A. R., & Bucks, R. S. (2015). Does prospective memory influence quality of life in community-dwelling older adults? *Aging, Neuropsychology and Cognition*, *22*(6), 679-692.
- Yang, T. X., Wang, Y., Lin, H., Zheng, L. N., & Chan, R. C. (2013). Impact of the aging process on event-, time-, and activity-based prospective memory. *PsyCh journal*, *2*(1), 63-73.
- Zhang, L., Abreu, B.C., Seale, G.S., Masel, B., Christiansen, C.H., & Ottenbacher, K.J. (2003). A virtual reality environment for evaluation of a daily living skill in brain injury rehabilitation: Reliability and validity. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, *84*, 1118–1124.

Appendice A

Recette du poulet rôti présentée aux participants

Poulet rôti aux légumes

Description de la recette

Ingrédients

- Sirop d'érable
- Huile d'olive
- Poulet
- Sel et poivre
- 6 carottes moyennes
- 1 navet
- 2 oignons moyens
- 8 pommes de terre grelots
- Sauce préparée : bouillon de poulet et ail

Préparation

1. Déposer le poulet dans le plat de cuisson. Ajouter le sirop d'érable. Saler et poivrer. Laisser reposer 5 minutes.
2. Préchauffer le four (appuyer sur le bouton de droite, une lumière s'allumera).
3. Par la suite, ajouter les légumes (navet, oignons, carottes et pommes de terre) la sauce préparée et l'huile d'olive sur le poulet.
4. Mettre la préparation et le poulet au four pour 1h30 (programmer le minuteur sur le four).

Appendice B

Tableau 7

Résultats (en score Z) obtenus aux tâches de mémoire dans le VMT-3 selon l'âge des participants

	N*	Moyenne	Écart-type	Minimum	Maximum
VMT_RI_TOT	61	0,46	0,52	-1,23	0,92
18-45 ans	12	0,47	0,38	-0,15	0,92
45-65 ans	15	-0,98	1,64	-4,98	0,92
65-80 ans	6	-0,87	1,42	-2,83	0,92
80 ans et plus					
VMT_RD_TOT	61	0,50	0,55	-1,57	0,95
18-45 ans	12	0,18	0,56	-0,73	0,95
45-65 ans	15	-1,01	1,48	-4,09	0,95
65-80 ans	6	-0,45	1,65	-3,25	0,95
80 ans et plus					
VMT_MP_TB	61	0,35	1,12	-0,90	3,07
18-45 ans	12	-0,03	0,98	-0,90	1,99
45-65 ans	15	-0,42	0,59	-0,90	0,90
65-80 ans	6	-0,72	0,30	-0,90	-0,18
80 ans et plus					
VMT_MP_EB	61	0,30	0,37	-0,38	0,49
18-45 ans	12	-0,96	2,44	-8,21	0,49
45-65 ans	15	-0,03	0,86	-2,12	0,49
65-80 ans	6	-0,67	0,90	-2,12	0,49
80 ans et plus					
VMT_MP_AB	61	0,12	0,94	-1,44	2,59
18-45 ans	12	-0,56	0,96	-1,44	0,58
45-65 ans	15	0,41	1,03	-1,44	2,08
65-80 ans	6	-0,43	1,68	-1,44	2,59
80 ans et plus					
VMT_MP_TOT	61	0,40	0,86	-1,22	2,36
18-45 ans	12	-0,58	1,37	-3,79	0,83
45-65 ans	15	-0,10	1,00	-1,99	1,60
65-80 ans	6	-0,93	1,03	1,74	1,08
80 ans et plus					

*En raison de quelques données manquantes, notamment sur l'âge, le nombre de participants inclus dans ces analyses est de 94.

Mémoire prospective (MP), Mémoire épisodique (ME), Rappel immédiat (RI), Rappel différé (RD), Time-based (TB), Event-based (EB), Activity-based (AB), Total (TOT)