Université du Québec en Outaouais

Effets psychophysiologiques des immersions en réalité virtuelle chez les personnes âgées

Essai doctoral
Présenté au
Département de Psychoéducation et de Psychologie

Comme exigence partielle du doctorat en psychologie,
Profil neuropsychologie clinique (D.Psy.)

Par
© Sébastien ISERE

Décembre 2018

Composition du jury

Titre de l'essai : Effets psychophysiologiques des immersions en réalité virtuelle chez les personnes âgées

Par
Sébastien Isere

Cet essai doctoral est évalué par un jury composé des personnes suivantes :

Hélène Forget, Ph.D., directrice de recherche, Département de psychoéducation et de psychologie, Université du Québec en Outaouais.

Stéphane Bouchard, Ph.D., co-directeur de recherche, Département de psychoéducation et de psychologie, Université du Québec en Outaouais.

Guilhème Pérodeau, Ph.D., examinatrice interne et présidente du jury, Département de psychologie et de psychoéducation, Université du Québec en Outaouais.

Patrice Renaud, Ph.D., examinateur interne, Département de psychologie et de psychoéducation, Université du Québec en Outaouais.

Frédéric Banville, Ph.D., examinateur externe, Département des sciences infirmières, Université du Québec à Rimouski.

REMERCIEMENTS

Cet essai doctoral est l'accomplissement d'un investissement commun. Il est le fruit de l'implication d'un ensemble de personnes. Ces personnes m'auront encouragé, inspiré, dirigé et enseigné tout au long de mon doctorat. J'ai également eu la chance d'avoir le soutien essentiel au succès de cette expérience internationale qui fut l'un de mes plus grands défis. J'ai donc une immense reconnaissance pour toutes ces personnes.

Je souhaite avant tout remercier Hélène Forget ma directrice de recherche, qui m'a accueilli au sein de son laboratoire et sans qui ce travail et cette expérience de recherche n'auraient pas eu lieu. Je la remercie pour la confiance qu'elle m'a accordée, mais également pour l'enthousiasme et la motivation qu'elle a su m'inspirer dès notre première rencontre. Je la remercie pour l'autonomie qu'elle m'a confiée, pour son encadrement et cette bienveillance m'ayant permis d'exprimer mon plein potentiel durant mes études. Merci au LAPS^2 et ses ressources ainsi qu'à mes collègues pour cet atmosphère de travail idéale !

Un grand merci à Stéphane Bouchard mon codirecteur, auprès de qui j'ai énormément appris. Je le remercie particulièrement pour la richesse de ses explications, sa spontanéité et sa grande générosité dans le partage de son expérience. Merci pour sa grande disponibilité et de m'avoir offert toutes les ressources nécessaires à l'accomplissement de ce travail.

Merci au laboratoire de Cyberpsychologie de m'avoir autant donné. Merci pour cette ouverture aux stagiaires internationaux qui souhaitent apprendre sur le domaine de la réalité virtuelle et de favoriser leur intégration. Un grand merci à l'ensemble de l'équipe pour l'aide technique (et psychologique parfois !) et les heures passées sans compter sur les technologies utilisées dans ce travail. Merci à Geneviève et Marie Christine pour votre soutien, votre présence et pour m'avoir accompagné dans cette aventure canadienne depuis mon arrivée.

Merci à Ariane Goulet, assistante de recherche, pour son aide précieuse dans le recrutement de participants ainsi que pour la collecte des données.

Un grand merci à tous les participants sans qui cette étude n'aurait pas eu lieu. Je les remercie également pour leur enthousiasme, leur curiosité et leurs encouragements.

Je souhaite remercier les membres de mon jury d'évaluation Guilhème Pérodeau, Patrice Renaud et Frédéric Banville pour leur précieux regard sur cette étude. Merci pour les commentaires très touchants et ceux m'ayant permis d'optimiser la qualité de ce travail de recherche. Merci à Dominique Trottier pour son évaluation et ses conseils quant au projet.

Une grosse pensée pour mes collègues doctorants issus des différentes cohortes, avec qui j'ai partagé ce parcours rempli d'épreuves et de succès !

Merci à mes amis et collègues de l'Institut Universitaire de Gériatrie de Montréal, auprès de qui j'apprends chaque jour et qui ont nourri mon affection toute particulière pour la population de cette étude. Un gros merci pour leur présence dans mon aventure depuis 2015 !!

Merci à Anne-Karine Gauthier pour ses enseignements et plus particulièrement pour avoir été à mes côtés durant toutes ces années !

Un immense merci à Giulia sans qui ce travail et cette expérience n'auraient jamais eu cette couleur. Merci d'avoir tant cru en moi et mes idées et d'être cette lumière dont j'ai eu tant besoin durant les périodes de doute.

Merci à Rosella et Gianni d'être toujours présent et m'avoir supporté toutes ces années.

Un grand merci à ma petite famille Luc, Céline, Cécilia et Maxime, pour leur immense support et pour faire partie de cet équilibre essentiel à mon épanouissement et donc au succès de mes objectifs. Merci à Max, Mélina, Anne et Matias mes fidèles compagnons depuis le début de mes études universitaires jusqu'à aujourd'hui, et ce même lorsqu'un océan entier nous séparait !! Je souhaite également remercier Jacques et Françoise pour leur contribution à cette étude, mais également pour leur chaleureuse présence qui m'a aidé à tenir dans les moments difficiles ces cinq années durant.

À Maman, cette étoile qui aussi loin qu'elle puisse être fait briller mon chemin avec toujours plus d'intensité. Merci pour tes lumières et cet amour inconditionnel qui me furent indispensables toute ma vie et jusqu'à l'aboutissement de l'un de mes plus grands défis.

À Maman

TABLE DES MATIÈRES

LISTE DES TABLEAUX v
LISTE DES FIGURES vi
LISTE DES ABRÉVIATIONS, SIGLES ET ACRONYMES vii
RÉSUMÉ viii
ABSTRACT ix

CHAPITRE I

INTRODUCTION 1
La réalité virtuelle 2
Apports de la réalité virtuelle à la neuropsychologie clinique 4
L'étude des effets psychophysiologiques des immersions en réalité virtuelle 7
Les effets physiologiques mesurables de la réalité virtuelle 7
Les facteurs psychologiques ayant une influence sur l'expérience en RV 12
La personne âgée et la réalité virtuelle 13
Les déclins cognitif et physique liés au vieillissement: implications en RV 13
L'attitude à l'égard des nouvelles technologies 15
L'étude des effets psychophysiologiques de la réalité virtuelle: une étape vers une technologie efficace et adaptée à la gériatrie 17
Objectifs et questions de recherche 18

CHAPITRE II

MÉTHODE 21
Participants 22
Appareillage et outils de mesure 24
Questionnaires 25
Stimuli 27
Conditions expérimentales 28
Variables et mesures 29
Variables dépendantes 29
Périodes de recueil des mesures physiologiques 30
Variables indépendantes 30
Procédures 30
Première partie: entrevue d'information et d'éligibilité à la participation 31
Deuxième partie: appariement et recueil de données 31
Troisième partie: la tâche d'immersion en environnement virtuel 32
Quatrième partie: administration des questionnaires « post-immersion » 34
Traitement des données 34
Transformation de données et distribution 34
Analyses statistiques 35

CHAPITRE III

RÉSULTATS 36
Partie I : l'attitude à l'égard des nouvelles technologies 37
Analyses préliminaires de la fidélité du QAT 37
Analyses préliminaires de la validité congruente et divergente du QAT 37
Comparaisons intergroupes 38

Partie II: l'évolution in virtuo des symptômes liés aux cybermalaises..... 39
Analyses préliminaires de la validité congruente du QESC 39
Analyse des résultats du QESC 40
Analyse des résultats du QC 45
Partie III : la réponse émotionnelle 45
Évolution du taux de cortisol 45
Évolution de la réponse électrodermale 47
Évolution de la fréquence cardiaque 48
L'anxiété situationnelle 48
Partie V : Prédisposition à utiliser la réalité virtuelle 49
Le sentiment de présence 49
La propension à l'immersion 49
Partie IV : Analyse des relations entre le QAT et le Cortisol selon l'âge 50

CHAPITRE IV

DISCUSSION 51
L'implication des effets de l'âge en RV..... 53
L'attitude à l'égard des nouvelles technologies..... 53
La propension à l'immersion et le sentiment de présence 54
Les cybermalaises 56
La réponse émotionnelle selon l'âge et ses relations avec l'attitude face à la technologie…….....59
L'effet du type de technologie sur l'utilisateur..... 60
Apports de l'étude et perspectives futures..... 63
Limites méthodologiques 67

CHAPITRE V
CONCLUSION..... 69

RÉFÉRENCES 71

ANNEXE A : QUESTIONNAIRE D'ATTITUDE À L'ÉGARD DES NOUVELLES TECHNOLOGIES (QAT) 89
ANNEXE B : QUESTIONNAIRE SUR L'ÉVOLUTION DES SYMPTÔMES LIÉS AUX CYBERMALAISES (QESC) 95
ANNEXE C : FORMULAIRE DE CONSENTEMENT 97
ANNEXE D : QUESTIONNAIRES ET GRILLES DE DÉPISTAGE 101
ANNEXE E : TABLEAUX DES DONNÉES STATISTIQUES 125

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1. *Données sociodémographiques des participants* 22

Tableau 2. *Répartition du nombre de participants par groupe et par condition expérimentale* 23

Tableau 3. *Cohérence interne des échelles du QAT par groupes* 37

Tableau 4. *Validité congruente et divergente entre les échelles du QAT par groupes* 38

Tableau 5. *Validité congruente entre les échelles et items du QESC et le QC - Post immersion selon le groupe d'âge* 40

Tableau 6. *Évolution in virtuo des symptômes selon les facteurs Âge et Technologie* 44

Tableau 7. *Moyennes et écarts-types du QC selon le groupe et la condition* 45

Tableau 8. *Niveau de cortisol selon le groupe et la condition par temps de mesure* 47

Tableau 9. *Corrélations entre les échelles du QAT et le Cortisol T1-Base et T2-Pré par groupe* 50

LISTE DES FIGURES

Figure 1. *Capture de l'environnement virtuel* 28
Figure 2. *Répartition des étapes de la procédure dans le temps* 31
Figure 3. *Parcours réalisé par les participants dans l'appartement* 33
Figure 4. *Comparaisons intergroupes des scores moyens aux échelles du QAT* 39
Figure 5. *Évolution des vertiges selon le groupe d'âge toutes conditions* 43
Figure 6. *Évolution du cortisol selon le groupe d'âge toutes conditions* 46

LISTE DES ABRÉVIATIONS, SIGLES ET ACRONYMES

3D	Trois dimensions
BDI	Beck Depression Inventory
CAVE	Cave Automatic Virtual Environment™
FC	Fréquence cardiaque
GDS	Geriatric Depression Scale
HHS	Axe hypothalamo-hypophyso-surrénalien
IASTA	Inventaire d'Anxiété Situationnelle et de Trait d'Anxiété
MMSE	Mini-Mental State Evaluation
QAT	Questionnaire sur l'attitude à l'égard des technologies
QC	Questionnaire sur les cybermalaises
QEP	Questionnaire sur l'état de présence
QESC	Questionnaire sur l'évolution des symptômes liés aux cybermalaises
QPI	Questionnaire sur la propension à l'immersion
RED	Réponse électrodermale
RV	Réalité Virtuelle
TCC	Thérapies cognitives et comportementales

RÉSUMÉ

La réalité virtuelle (RV) est en plein essor dans le domaine de la santé. Son intérêt a été clairement démontré en psychologie sur différentes populations. Toutefois, en ce qui concerne les personnes âgées la question de son utilisation clinique n'est pas claire. Plusieurs caractéristiques psychophysiologiques liées à l'âge sont susceptibles d'influencer leur expérience avec cet outil. Par exemple, l'attitude à l'égard des technologies, les effets du vieillissement normal sur la cognition et le déclin de la fonction vestibulaire y prennent une place importante. Dans cette étude, des changements psychophysiologiques de deux groupes d'âge durant une immersion virtuelle ont été comparés. Nous avons suivi l'évolution d'un biomarqueur hormonal du stress durant l'expérience (le cortisol) et deux marqueurs physiologiques (la réponse électrodermale et cardiaque). Plusieurs mesures autorapportées notamment relatives aux cybermalaises et à l'attitude à l'égard des technologies ont aussi été recueillies. Nous avons utilisé deux types de technologie (casque et voûte immersive). Nos résultats montrent que l'évolution *in virtuo* des cybermalaises se distingue chez les personnes âgées par une augmentation plus rapide des vertiges. Ceci va dans le sens de la « *théorie de l'instabilité posturale* » de Riccio & Stoffregen (1991) et s'explique par les changements bien connus de la fonction vestibulaire avec l'âge. De plus, les courbes de cortisol indiquent que les ainés sont plus stressés durant l'expérience. Des corrélations négatives montrent un lien entre l'attitude à l'égard des technologies et la réponse au stress face à l'utilisation de la RV. Ces résultats préliminaires suggèrent que les futurs outils cliniques en RV doivent s'adapter aux ainés, puisque les immersions virtuelles semblent les affecter différemment sur le plan psychophysiologique. L'origine de ces différences et leurs implications en RV sont discutées dans cette étude. Nous proposons une articulation de ces résultats aux données et modèles théoriques en lien avec les systèmes physiologiques et les facteurs psychologiques impliqués.

Mots-clés : réalité virtuelle, personnes âgées, psychophysiologie, stress, cybermalaises.

ABSTRACT

In recent decades Virtual Reality (VR) technologies have been increasingly used in the health domain. In the field of psychology, a growing number of studies have shown that VR is an effective tool within different populations. Nevertheless, the scientific debate about whether and how clinical VR applications can be used among elderly populations is still open. Indeed, many age-related psychophysiological factors can influence elderly's VR user experience. For instance, attitudes towards technologies, the effects of normal aging on cognition, as well as the decline of vestibular function can play an important role in determining elderly's VR experience. In the present study we have compared the psychophysiological changes of a group of adults and one of elderly during a virtual immersion task. Specifically we have followed the evolution of a hormonal stress biomarker (i.e., cortisol), and two physiological markers (i.e., skin conductivity and heart rate) during the VR experience. Furthermore, different self-reported measures, as cybersickness and attitude towards technology, were collected. We have used two types of technology (i.e., head-mounted display and six walls cave-like system). The results of the present study have shown a specific cybersickness evolution among elderly, which was characterized by a faster increasing of vertigo. This result is in line with Riccio & Stoffregen's *"postural instability theory"* (1991) and is explained by the well-known aging changes in vestibular function. In addition our results have shown that cortisol curves indicated higher levels of stress among seniors during the VR immersive task compared to the adults group. Furthermore, negative correlations have shown a link between attitude towards technologies and VR-use-related stress response. These preliminary results posit that future VR clinical applications should be specifically adapted to elderly, as VR experience has shown to have specific psychophysiological effects among this population. The origin of these peculiarities and their implications for RV are discussed in this study. Finally, we have proposed an interpretation of these results adopting theoretical models related to the physiological systems and the psychological factors involved.

Keywords: virtual reality, elderly, psychophysiology, stress, cybersickness

Chapitre I

INTRODUCTION

La réalité virtuelle (RV) est de plus en plus présente aussi bien dans le domaine des loisirs, de l'éducation que celui de la santé. En psychologie, elle élargit à chaque innovation le panel d'offres de prise en charge par la recherche et le développement d'outils cliniques novateurs. Les perspectives qu'elle propose, tant sur le plan de la recherche que celui de la clinique, représentent aujourd'hui un enjeu majeur pour la population et plus particulièrement celle des personnes plus âgées. En effet, ces perspectives nous permettent d'envisager une amélioration de la prise en charge des troubles psychologiques et des troubles neurocognitifs dans les prochaines années, ainsi qu'une meilleure compréhension de l'impact fonctionnel de ces troubles sur les activités de la vie domestique.

Nous proposons dans cette section de mieux comprendre comment la RV s'insère dans le champ de la santé psychologique et quels sont ses apports en psychologie clinique et en neuropsychologie clinique. Nous décrivons les facteurs psychophysiologiques impliqués dans l'expérience d'une immersion virtuelle ainsi que les méthodes permettant de mesurer leurs changements. Nous explorerons ensuite, à travers des données de la littérature, les défis et enjeux pour les personnes âgées. Finalement, nous terminerons en proposant un éclairage des principales problématiques relatives à l'utilisation clinique de la RV en gériatrie y compris l'attitude à l'égard des nouvelles technologies.

La réalité virtuelle

La RV est classiquement définie comme une simulation de la réalité générée par un système informatique (Steuer, 1992). Elle permet à l'individu d'explorer en temps réel un environnement en trois dimensions. L'environnement virtuel est donc un modèle de la réalité avec lequel l'individu peut interagir et percevoir l'information sensorielle à travers ses sens et ses actions (Blade & Padgett, 2002). Les notions d'environnement virtuel et de RV sont souvent utilisées de façon synonyme, mais les auteurs préfèrent limiter l'usage du terme

« environnement virtuel » pour parler plus spécifiquement d'environnement numérique avec lequel l'utilisateur peut interagir. Par ailleurs, le terme *« in virtuo »* est fréquemment utilisé. En analogie à *in vivo* (« *dans le vivant* ») ou *in vitro* (« *dans le verre* »), *« in virtuo »* signifie « *dans le virtuel* » (Tisseau, 2008). Une tâche *in virtuo* est ainsi définie comme une tâche réalisée dans un environnement virtuel.

L'ordinateur est le support matériel nécessaire à la RV. Il peut prendre divers formats (ordinateur portable ou de bureau, téléphone intelligent, etc.). L'environnement virtuel est généré par un logiciel informatique supportant la « *trois dimensions* » (3D). Trois types de technologie sont principalement utilisés pour produire les images (Kim, Rosenthal, Zielinski, & Brady, 2012). Nous pouvons les situer sur un continuum allant de la moins immersive à la plus immersive. Plusieurs notions permettent d'estimer le degré d'immersion permis par une technologie. Parmi celles-ci, le Fov (acronyme de *field of view*) et le For (acronyme de « *field of regard* ») sont souvent cités (Bowman & McMahan, 2007). Le Fov correspond à la taille de l'espace représentant l'environnement virtuel (en degré d'angle visuel) visible instantanément avant que les stimuli du monde réel n'apparaissent (par exemple, l'écran d'un ordinateur est un rectangle dans notre champ visuel, entouré de notre environnement réel). Le For, quant à lui, représente la surface virtuelle totale entourant l'utilisateur lorsqu'il bouge la tête (en degré d'angle visuel).

L'écran d'un ordinateur de bureau ou d'un ordinateur portable représente la technologie la moins immersive. Ensuite vient le casque immersif (dénomination anglaise « *Head Mounted Display: HMD* »). C'est un casque muni de deux écrans, auquel est également intégré un capteur de localisation (« *tracker »*) permettant de reproduire à l'image les mouvements de la tête du sujet. La plupart des modèles actuels offrent la stéréoscopie (versus monoscopie) c'est-à-dire la restitution d'une vision binoculaire permise par une image différenciée pour chaque œil. Ce système permet d'obtenir la perception des profondeurs en

offrant la 3D. Les casques immersifs offrent un bon degré d'immersion, constituant le degré intermédiaire. Enfin, la troisième technologie est le CAVE (*Cave Automatic Virtual Environment*^{TM}), ou *Voûte immersive à plusieurs faces*, qui correspond à une pièce dont les faces fournissent des images via des projecteurs externes. L'individu est à l'intérieur avec suffisamment d'espace pour effectuer quelques pas et il peut être accompagné d'autres personnes (par exemple un psychologue). Comme pour le casque immersif, la tête de l'utilisateur est localisée en temps réel par le système via des capteurs de localisation, afin de déterminer l'angle de vue et sa position dans l'environnement virtuel. C'est la technologie la plus immersive. Un autre avantage de cette technologie est une présence minimale du matériel sur soi, en termes de poids et d'encombrement (pas de casque immersif), malgré un degré d'immersion élevé. Finalement, il existe des versions à trois, quatre et cinq faces, moins immersives qu'un CAVE à six faces.

Le champ d'application de la RV est extrêmement large. En effet, elle est utilisée en médecine (par exemple dans l'apprentissage et le développement de techniques chirurgicales), dans l'ingénierie automobile (en recherche et développement), dans le domaine de l'aérospatiale (simulation de vol), dans l'architecture, le design et la visualisation dans l'urbanisme, dans le tourisme ainsi que dans le domaine de la psychologie (par exemple les thérapies cognitives et comportementales, l'évaluation et l'intervention neuropsychologique) ou bien dans le domaine de l'art (Mihelj, Novak, & Beguš, 2014).

Apports de la réalité virtuelle à la neuropsychologie clinique

C'est à partir des années quatre-vingt-dix que la RV fait son entrée dans le champ de la neuropsychologie clinique (Mendozzi, Motta, Barbieri, Alpini, & Pugnetti, 1998; Pugnetti et al., 1995a; Rose, Attree, & Johnson, 1996). Les premières discussions relatives aux perspectives de cette nouvelle technologie concernaient l'amélioration des méthodes traditionnelles d'évaluations des fonctions supérieures. L'évaluation neuropsychologique

traditionnelle est classiquement réalisée dans un bureau, loin de la vie quotidienne et de l'environnement naturel des patients. Cette question des limites en termes de validité écologique des outils de mesure en neuropsychologie est une préoccupation constante depuis de nombreuses années (Chaytor & Schmitter-Edgecombe, 2003; Sbordone & Long, 1996; Silver, 2000; Wilson, 1993). Par exemple, Shallice et Burgess (1991) ont montré qu'un patient ayant une atteinte du lobe frontal pouvait présenter des déficits des fonctions exécutives en situation de vie réelle tout en ayant des performances normales aux tests neuropsychologiques classiques. Dans cette perspective, une étude plus récente en IRMf (*Imagerie par résonnance magnétique fonctionnelle*) a rapporté une activité neurale différente dans les zones impliquées dans la planification lorsque la fonction était évaluée classiquement versus *in virtuo* en contexte écologique (Campbell et al., 2009). La tâche en RV de cette étude a permis d'obtenir des performances plus représentatives des capacités réelles du sujet en améliorant la validité écologique de l'évaluation. Ainsi, la RV pourrait peut-être répondre à l'une des plus grandes faiblesses des évaluations cognitives à savoir leur validité écologique.

Plusieurs études se sont intéressées à la possibilité d'utiliser la RV pour évaluer la cognition en situation écologique. Il existe par exemple des tâches pour évaluer les fonctions exécutives en faisant ses courses dans un supermarché virtuel (Jansari, et al., 2014; Werner, Rabinowitz, Klinger, Korczyn, & Josman, 2009), des tâches pour évaluer le trouble de déficit d'attention tout en étant immergé dans une salle de classe virtuelle durant un cours (Iriarte et al., 2016; Parsons, Bowerly, Buckwalter, & Rizzo, 2007; Rizzo et al., 2000) ou encore des tâches pour évaluer différents aspects de la mémoire (épisodique, prospective et sémantique) lors de situations de la vie quotidienne représentées virtuellement (Banville et al., 2010; Nolin, Banville, Cloutier, & Allain, 2013; Parsons & Rizzo, 2008b; Plancher, Gyselinck, Nicolas, & Piolino, 2010). Ces environnements virtuels sont majoritairement utilisés en recherche, notamment car il existe très peu de tâches *in virtuo* normées qui soient

actuellement adaptées à un usage clinique. Concernant l'évaluation d'individus présentant des atteintes neurologiques, une étude a proposé une procédure en RV permettant un diagnostic précoce de troubles neurocognitifs de type Alzheimer (Mendez, Joshi, & Jimenez, 2015). Ces données vont dans le même sens que les conclusions de Werner et al., (2009) qui ont montré, quelques années plus tôt, qu'il était possible d'évaluer les fonctions exécutives de patients atteints de troubles neurocognitifs en situation écologique en environnement virtuel.

Dans le domaine de la réhabilitation neuropsychologique, plusieurs études ont proposé des protocoles en RV permettant de travailler des fonctions cognitives déficitaires, impliquées dans une situation problématique précise pour le patient, puis de tester les bénéfices thérapeutiques dans différents environnements et scénarios virtuels contrôlés (Parsons, Silva, Pair, & Rizzo, 2008; Rizzo, Buckwalter, & Neumann, 1997b; Rizzo et al., 2000; Rose, Brooks, & Rizzo, 2005). Une étude publiée dans la revue *Nature* a montré qu'un entrainement sur un jeu vidéo, en utilisant un ordinateur portable (Apple MacBook Pro) et une manette, pouvait améliorer le fonctionnement exécutif de sujets âgés de 60 à 85 ans (Anguera et al., 2013). Les performances exécutives des participants âgés entrainés étaient supérieures à celles des jeunes adultes non entrainés, avec des bénéfices sur le plan cognitif transférés dans la vie quotidienne et maintenus six mois plus tard. De plus, les résultats en EEG montrent une modification de l'activité neurale durant la tâche du groupe âgé entrainé, caractérisée par une augmentation des ondes thêta des zones préfrontales. Ces changements d'activité ont pu prédire l'amélioration des performances cognitives sur des tâches exécutives et attentionnelles, illustrant par ailleurs la plasticité cérébrale toujours opérante chez les personnes âgées (Anguera et al., 2013).

Les conclusions sont généralement optimistes et les études en RV dans le domaine de la neuropsychologie présentent des résultats intéressants dans les comparatifs « *in vivo* versus *in virtuo* ». On déplore toutefois que ces données reposent souvent sur des échantillons très

restreints (étude de cas) ou hétérogènes avec peu ou pas de détails sur le comportement des participants face à la RV. Aujourd'hui, les perspectives se tournent vers la création de normes sur des échantillons plus importants et la possibilité de rendre ces outils accessibles aux praticiens non familiers à la RV.

L'étude des effets psychophysiologiques des immersions en réalité virtuelle

L'étude des changements psychophysiologiques *in virtuo* permet de mieux comprendre comment les immersions en RV sont vécues par l'individu et quels sont leurs impacts sur ce dernier. Dans le cadre d'une comparaison entre groupes d'âge, elle permet d'estimer les effets de l'âge sur l'expérience d'une immersion et d'identifier les facteurs impliqués. Cette section décrit les principaux facteurs physiologiques et psychologiques connus pour être affectés par les immersions et influencer l'expérience de l'utilisateur. Nous présentons également les méthodes qui permettent de les mesurer.

Les aspects psychophysiologiques sont définis par Andreassi (2010) comme les éléments qui entourent les relations entre le psychisme et les processus physiologiques de l'individu en interaction avec son environnement (Andreassi, 2010). Dans le cadre de la présente étude, nous élargissons la notion d'environnement pour inclure celle d'environnement virtuel tel que précédemment défini.

Les effets physiologiques mesurables de la réalité virtuelle

La réponse émotionnelle. Une réponse émotionnelle met en jeu tout un ensemble de mécanismes psychophysiologiques, dont les manifestations sont mesurables par des instruments. Trois mesures, pouvant être utilisées indépendamment, sont classiquement employées dans le domaine de la recherche en psychologie expérimentale. La première est la fréquence cardiaque (FC), mesurable par le nombre de battements cardiaques par minute. La seconde est la réponse électrodermale (RED) qui se mesure par les changements de

conductance électrique de la peau via la sudation. Ces deux premières mesures sont les plus utilisées dans les recherches sur le stress et l'anxiété (Diemer, Mühlberger, Pauli, & Zwanzger, 2014). La troisième mesure est le dosage salivaire du cortisol. Le cortisol est une hormone sécrétée en réponse à une situation de stress via la mise en jeu de l'axe hypothalamo-hypophyso-surrénalien (HHS) (Tsigos & Chrousos, 2002). Sa concentration salivaire augmente lors d'une situation de stress vécue par l'individu. L'analyse de biomarqueurs dans le domaine de la recherche sur le stress est depuis longtemps décrite comme l'une des méthodes parmi les plus fiables (Kirschbaum & Hellhammer, 1994). Ainsi, mesurer l'activité physiologique est une excellente indication pour évaluer les effets d'une immersion en réalité virtuelle sur l'individu. Elle est souvent accompagnée de mesures autorapportées via des questionnaires (Diemer et al., 2014; Kim et al, 2012; Mendez et al., 2015).

Depuis les années quatre-vingt-dix, la recherche s'est intéressée à la question de la réponse émotionnelle que les environnements virtuels peuvent induire chez l'individu au moyen de tâches cognitive en RV (Pugnetti, Mendozzi, Barbieri, Rose, & Attree, 1996; Silberstein, 1990). La diversité grandissante des technologies et leur intérêt en psychologie clinique ont poussé plus récemment les équipes à s'intéresser davantage à la question et à l'élargir aux effets que le matériel informatique peut également avoir sur l'individu. Plusieurs études ont utilisé des mesures physiologiques pour évaluer la réponse émotionnelle induite par la technologie lors des immersions. La première a tenté d'observer les effets de différents types de technologie sur les participants (Kim et al., 2012). Les auteurs ont utilisé trois types de matériel qui sont (a) l'écran d'un ordinateur de bureau; (b) un casque immersif et (c) la technologie CAVE. La tâche était une version 3D modifiée du Stroop (Stroop, 1935) où il était demandé aux participants de nommer la couleur de l'encre de mots (par exemple le mot « rouge » écrit en bleu). Ils ont également utilisé des stimuli stressants (bruits, éclairs

lumineux et vibrations inattendues dans les mains). Ils ont mesuré la RED et recueilli les impressions des 53 sujets jeunes (population collégiale) via des questionnaires (notamment sur le sentiment de présence, les cybermalaises, etc.). Les résultats ont montré que la technologie CAVE était celle qui induisait le plus d'émotions positives et les amplitudes dans la RED les plus élevées. À l'inverse, le casque immersif provoque le plus d'émotions négatives avec des changements modérés dans la RED. La seconde étude est un projet pilot (n= 5) qui avait pour objectif d'observer si la présence d'atteintes neurocognitives (troubles neurocognitifs d'étiologie frontotemporale) avait un impact sur la tolérance à l'immersion et le sentiment de présence (Mendez et al., 2015). Les participants étaient des adultes âgés en moyenne de 56 ans. L'environnement virtuel représentait une salle avec une table autour de laquelle étaient présents cinq avatars semblables à une équipe de soin. La tâche consistait à répondre aux questions des avatars concernant la santé du participant. Mendez et al., (2015) ont utilisé un casque immersif (eMagin Z800 HMD) et enregistré la réponse cardiaque. Les résultats indiquent que la RV est bien tolérée par les participants de cette étude, sans cybermalaises, de changement dans la FC et d'augmentation du stress rapportés. En 2015, Forget et al. (2015) ont montré qu'une immersion dans l'environnement virtuel VMT (Virtual Multitasking Test) entraîne une augmentation significative de l'anxiété situationnelle chez un groupe de personnes âgées comparativement à un groupe de jeunes. Les niveaux de cortisol post-immersion étaient également plus élevés chez les personnes âgées.

Les cybermalaises. Les effets induits par la RV sont la plupart du temps positifs, comme la satisfaction, le plaisir lié à la découverte, etc. Toutefois, les immersions peuvent provoquer chez l'individu certaines manifestations gênantes comparables au mal des transports. Il s'agit d'un ensemble de symptômes temporaires liés aux immersions virtuelles tels que nausées, gênes oculaires, désorientations et troubles de l'équilibre (Kennedy, Lane, Berbaum, & Lilienthal, 1993). L'intensité de ces manifestations est évaluée à l'aide de

questionnaires *pré* et *post* immersion. Ces symptômes sont regroupés sous diverses appellations en fonction de la sémiologie et de la technologie dont il est question. Les simulateurs de vol en RV, par exemple, reproduisent les mouvements de l'appareil, agissant sur l'individu de façon bien spécifique par rapport aux autres systèmes dont nous parlons ici. De ce fait, le mal du simulateur se distingue par une désorientation prédominante et une gêne oculomotrice relativement inférieure à celle des cybermalaises (Stanney, Kennedy, & Drexler, 1997). Les cybermalaises, le mal du simulateur et le mal des transports partagent néanmoins une sémiologie très semblable. La littérature regroupe ces symptômes sous la dénomination commune « d'effets secondaires négatifs induits par la réalité virtuelle » (Regan, 1995; Regan & Price, 1994).

Les cybermalaises sont donc un ensemble de symptômes induits par les immersions en RV. Ce ne sont pas des « malaises » à proprement parler mais une réponse physiologique dont les effets sont temporaires. Plusieurs théories proposent une explication relative à leur apparition. Parmi celles-ci, la proposition de la « théorie des conflits sensoriels » est la plus largement utilisée (LaViola, 2000; Oman, 1990). Selon cette explication, les symptômes apparaissent lorsque le cerveau reçoit des informations contradictoires entre (a) la vision (détection visuelle du mouvement); (b) le système vestibulaire (informations spatiales et mouvements d'accélération/décélération via l'oreille interne) et (c) le système proprioceptif (provenant du corps, informant sur ses positions et ses mouvements) (Lackner, 2014). La capacité de gestion de ces conflits est variable d'un individu à l'autre et est fonction de l'expérience vécue avec la réalité virtuelle.

Les cybermalaises peuvent être mesurés par questionnaires en évaluant les changements posturaux (méthode de « l'instabilité posturale ») et via l'analyse de variables physiologiques (tension artérielle, électrocardiogramme, électroencéphalogramme, etc.) (Rebenitsch & Owen, 2016). L'un des questionnaires les plus utilisés est le « *Simulator*

Sickness Questionnaire » de Kennedy et al. (1993). Les mesures sont recueillies *pré-post* immersion. Toutefois, certains auteurs ont tenté l'utilisation de questions uniques posées à intervalles réguliers pour suivre l'évolution d'un symptôme spécifique *in virtuo* (Keshavarz & Hecht, 2011).

Plusieurs facteurs sont impliqués dans l'apparition de ces symptômes comme une durée d'immersion supérieure à 20 minutes, l'intensité et le nombres de mouvements de la tête réalisés *in virtuo* ainsi que le manque d'expérience avec le matériel (Bloch, Rigaud, & Kemoun, 2013; Domeyer, Cassavaugh, & Backs, 2013; Kim et al., 2012; North M.M., North S.M., & Coble, 1997). Le type de technologie utilisée peut également influencer l'apparition et l'intensité des cybermalaises. Un écran d'ordinateur offre un faible degré immersion mais sera mieux toléré par l'individu puisqu'il génère moins de cybermalaises (Kim et al., 2012). Ceci peut être un choix intéressant lorsqu'on souhaite travailler avec des personnes sensibles aux cybermalaises. Selon Kim et al., (2012), les casques immersifs sont décrits comme étant les moins tolérés par les sujets. Les symptômes gênants sont plus souvent rapportés lorsque le délai de réponse entre l'image et les mouvements du sujet est important et que la fluidité de l'image est pauvre (nombre d'images par secondes exprimé en *Hertz*) et ceci dépendamment de la géométrie de l'écran (angle du champ de vision) (Allison, Harris, Jenkin, Jasiobedzka, & Zacher, 2001; Bridgeman, Blaesi, & Campusano, 2014; Draper, Viirre, Furness, & Gawron, 2001). Les casques grand public de nouvelles générations (par exemple l'Oculus Rift et le HTC VIVE) ont toutefois fortement corrigé plusieurs de ces faiblesses, comme la fluidité de l'image lors des mouvements, ce qui pourrait avoir un effet positif sur l'apparition des cybermalaises.

Ainsi, le type de technologie utilisée influence la façon dont l'individu va tolérer l'immersion. Le choix de la technologie doit donc tenir compte des caractéristiques de la population concernée en termes de fragilité et sensibilités aux cybermalaises.

Les facteurs psychologiques ayant une influence sur l'expérience en RV

La propension à l'immersion. L'immersion en environnement virtuel est définie comme le fait d'être physiquement entouré par une réalité générée par un système informatique (Slater & Wilbur, 1997). Cette notion est intimement liée aux propriétés de la technologie, lui permettant de susciter chez l'individu l'illusion d'une réalité, bien que créée artificiellement. L'immersion est dépendante de la propension de l'individu à se sentir « présent » dans l'environnement virtuel (c'est-à-dire « enveloppé » par celui-ci) et être ainsi coupé de sa réalité. La propension à l'immersion en environnement virtuel est une caractéristique personnelle qui ne dépend pas de la technologie utilisée.

Le sentiment de présence. Le sentiment de présence est une notion importante et complexe de la RV. Il existe plusieurs définitions en fonction des aspects et de la discipline considérés (philosophie, ingénierie, etc.). Dans le domaine de la RV, elle est communément définie comme le sentiment « d'être là », d'être présent dans un environnement virtuel (Slater & Wilbur, 1997; Witmer & Singer, 1998). Les stimuli produits par la technologie (images, sons, odeurs) induisent chez l'individu l'illusion perceptive d'être « ailleurs », parti du « monde » duquel il provient. Certains auteurs considèrent que le sentiment de présence se situe sur un continuum allant du monde physique au monde virtuel (Kim & Biocca, 1997). Moins l'individu se sent présent dans un environnement (physique versus virtuel), plus il est immergé dans l'autre (Biocca, 2003). Le sentiment de présence de l'individu se déplace donc entre ces deux pôles. Ce déplacement est associé à une réorientation du focus attentionnel qui se désengage des stimuli de l'environnement physique vers ceux de l'environnement virtuel. Le sentiment de présence implique également le fait d'oublier la présence de la technologie. Selon Riva et al. (2011), pour que le sentiment de présence émerge, l'individu doit avoir le sentiment de pouvoir transformer ses intentions en action de façon intuitive, c'est-à-dire sans qu'il ait à penser à ce qu'il doit faire pour atteindre un but. C'est en agissant sur son

environnement que le sujet se sent présent. La mesure du sentiment de présence est complexe étant donné le caractère subjectif et la variabilité de son intensité durant l'immersion. De manière courante, le sentiment de présence est mesuré par des questionnaires après l'immersion virtuelle (Slater, 1999; Witmer & Singer, 1998).

Le type de technologie influence le sentiment de présence et la réponse aux stimuli environnementaux virtuels. Une étude sur l'acrophobie a mis en évidence un lien entre le niveau d'anxiété volontairement induit par la thérapie (exposition au vide) et le type de technologie utilisée (casque versus CAVE) (Juan & Pérez, 2009). Plus la technologie est immersive, plus le sentiment de présence est élevé et donc plus l'anxiété volontairement induite est importante. Toutefois, concernant l'intérêt thérapeutique plus spécifiquement, des données indiquent qu'il n'y avait pas de différence au niveau des résultats des thérapies *in virtuo* selon qu'elles soient réalisées avec la technologie CAVE ou un casque immersif (Krijn et al., 2004; Meyerbröker, Morina, Kerkhof, & Emmelkamp, 2010).

La personne âgée et la réalité virtuelle

Les déclins cognitif et physique liés au vieillissement: implications en réalité virtuelle

Les situations de la vie courante font souvent intervenir plusieurs fonctions cognitives en même temps. Il en va de même pour les tâches *in virtuo*. Par exemple, lors de tâches *in virtuo*, certaines des habiletés déclinantes chez la personne âgée comme le contrôle exécutif (Gazzaley, 2013), le contrôle moteur (Seidler et al., 2010) ou bien l'attention visuospatiale (Greenwood & Parasuraman, 1994) peuvent être sollicitées de manière très importante. Nolin et al. (2013) rapportent également que certaines tâches écologiques (par exemple faire ses courses dans un supermarché) pourraient être plus difficiles à réaliser à l'ordinateur que dans la vie réelle pour une personne âgée.

De récentes données mettent en évidence l'importance de prendre en compte l'impact de l'interface homme-machine sur une population âgée dans les protocoles d'évaluation cognitive (Banville et al., 2017). Ces protocoles peuvent être peu adaptés, trop complexes à utiliser, anxiogènes et exigeants sur le plan cognitif. Ainsi, il apparait important de contrôler les procédures mobilisant la coordination motrice et la dextérité par exemple. Pour un groupe âgé, la manipulation d'une manette peut être moins confortable, moins fluide et donc demander plus de temps (facteur important dans les protocoles chronométrés). La charge cognitive réelle que les tâches impliquent doit également être prise en compte. Maintenir une même consigne (adulte versus personne âgée) lorsqu'on doit également maintenir celles permettant d'utiliser la manette pour la réaliser sera plus exigeant sur le plan cognitif chez la personne âgée. Des gestes procéduralisés chez la majorité des jeunes adultes sont donc moins couteux sur le plan attentionnel et de la mémoire de travail (fonctions cognitives notamment impliquées dans le maintien et l'application d'instructions, dont la surcharge augmente le risque d'erreur). Ces facteurs sont donc importants lorsqu'il s'agit d'une population dont les ressources cognitives sont plus fragiles.

Concernant les cybermalaises, plusieurs études indiquent qu'un individu de plus de 60 ans y serait plus sensible (Brooks et al., 2010; Domeyer et al., 2013; Kennedy et al., 1993; North et al., 1997). Comme nous l'avons vu plus tôt, la vision et le système vestibulaire peuvent être perturbés lors d'une immersion et provoquer des manifestations physiques gênantes. Avec l'âge, la capacité à traiter l'information en provenance des systèmes visuels, vestibulaires et proprioceptifs diminue, menant à des difficultés de gestion de l'équilibre (Manchester, Woollacott, Zederbauer-Hylton, & Marin, 1989). Ainsi, une propension plus élevée chez les personnes âgées à développer des cybermalaises *in virtuo* serait liée à une gestion des systèmes d'équilibre déclinante (Bloch et al., 2013; Brooks et al., 2010). Cette fragilité implique donc d'éviter particulièrement certaines méthodologies (comme les

immersions longues impliquant des explorations avec casque immersif monoscopique) ou bien d'ajuster les procédures à la personne âgée (protocoles et normes adaptées). Dans cette optique, Domeyer et al. (2013) ont montré que l'utilisation de périodes de familiarisation progressive à l'immersion virtuelle contribuait à réduire les cybermalaises chez la personne âgée. Toutefois, la littérature n'a pas démontré de façon claire la manière dont ces cybermalaises évoluent durant une immersion et quels sont les facteurs psychologiques pouvant être influents.

L'un des aspects psychologiques pouvant intervenir dans la tolérance à l'immersion est l'anxiété. Des données montrent que l'anxiété peut augmenter la propension à développer le mal des transports en perturbant le fonctionnement visuovestibulaire (Paillard et al., 2013). Ainsi, nous pouvons tout à fait envisager qu'il en soit de même dans un contexte d'immersion virtuelle puisque, comme nous l'avons vu, les mêmes processus sont impliqués. Ceci est d'autant plus plausible qu'il existe un lien entre l'anxiété, le rapport aux nouvelles technologies et les personnes âgées. Nous expliciterons cette relation dans les prochains paragraphes.

L'attitude à l'égard des nouvelles technologies

Les nouvelles technologies ont considérablement changé notre environnement depuis ces trente dernières années. Leur arrivée dans la vie des personnes âgées s'est faite tardivement, contrairement aux jeunes adultes qui se sont développés avec elles. La fréquence d'utilisation mais également la diversité des supports technologiques utilisés au quotidien diffèrent entre ces deux populations (Olson, O'Brien, Rogers, & Charness, 2011). Les personnes âgées sont moins familières à l'égard des nouvelles technologies et éprouveraient de l'anxiété face à leur utilisation (Laguna & Babcock, 1997; Lee & Coughlin, 2015). Les personnes âgées ne seraient pourtant pas réfractaires à leur utilisation, bien au contraire, et les

opinions négatives concernent surtout les aspects fonctionnels et peu pratiques des technologies (Gonzalez, Ramirez, & Viadel , 2012; Mitzner et al., 2010).

L'étude de l'attitude à l'égard des nouvelles technologies chez les personnes âgées semble complexe. La notion même « d'attitude » ne fait pas consensus. Il existe un grand nombre d'échelles « d'attitude à l'égard des ordinateurs » qui pourtant évaluent des construits très différent (Garland & Noyes, 2008). Une étude a recensé dix facteurs nécessaires à l'étude du comportement des personnes âgées face aux technologies afin de mieux comprendre comment ces dernières sont acceptées (Lee & Coughlin, 2015). Ceci illustre la complexité de cette notion dans le cadre de l'élaboration d'un outil permettant de la mesurer. L'un des éléments centraux dans les rapports qu'entretiennent des personnes âgées à la technologie est son potentiel anxiogène. Buche, Davis, et Vician (2007) rapportent que près de 40% des américains présentaient une anxiété à l'égard des ordinateurs et ajoutent qu'une mauvaise expérience passée impacte les futures utilisations. Cette anxiété est définie comme un état émotionnel négatif vécu par l'individu lorsqu'il utilise une technologie informatique (Bozionelos, 2001). Afin d'étudier et évaluer l'anxiété à l'égard des ordinateurs, Beckers et Schmidt (2001) ont utilisé différentes échelles courtes explorant divers aspects entourant cette notion (Beckers & Schmidt, 2001). Leurs résultats ont donné lieu à un modèle en six facteurs de l'anxiété à l'égard des ordinateurs. Ce modèle intègre les dimensions relatives à la connaissance sur les ordinateurs, l'auto-efficacité, les réactions physiques causées par les ordinateurs, les sentiments affectifs, la croyance envers les effets bénéfiques des ordinateurs et la croyance envers les aspects déshumanisants des ordinateurs (Beckers & Schmidt, 2001).

L'attitude à l'égard de la technologie ne peut cependant pas être définie uniquement par les croyances et les émotions négatives qu'elle peut provoquer chez l'individu (Garland & Noyes, 2008). Elle requiert également l'association d'autres aspects comme notre expérience avec les technologies (incluant la fréquence, le type et la durée d'utilisation) ainsi que le

sentiment de confiance et d'efficacité (ou auto-efficacité, c'est-à-dire se sentir efficace lors de l'utilisation) (Elliott, Meng, & Hall, 2012; Heinssen, Glass, & Knight, 1987; Murphy, Coover, & Owen, 1989; Nickell & Pinto, 1986). Il existe un nombre important d'outils d'évaluation de l'attitude à l'égard de la technologie. En 2004, une méta-analyse recensait déjà plus d'une trentaine d'instruments (Shaft, Sharfman, & Wu, 2004). Pourtant, la littérature souligne le manque d'outils disponibles pour évaluer l'attitude à l'égard de la technologie chez les personnes âgées qui soit réellement adaptés à cette population (Wagner, Hassanein, & Head, 2010). En effet, à ce jour il n'existe aucun questionnaire validé, relativement court, évaluant les croyances, l'anxiété, le sentiment d'efficacité et l'expérience à l'égard des technologies présentes dans notre quotidien (agenda en ligne, tablettes connectées, etc.) et celles arrivant tout juste sur le marché du grand public comme les casques immersifs (p. ex., HTC VIVE). Dans le cadre d'une étude en RV avec des comparaisons intergroupes (p. ex., jeunes et âgés) comme celle de cet essai doctoral, la création d'un tel outil semble indispensable. Cela permet d'identifier les facteurs propres à une population pouvant influencer l'expérience *in virtuo* et ainsi proposer une explication sur les différences intergroupes éventuellement observées sur une tâche.

L'étude des effets psychophysiologiques de la réalité virtuelle: une étape vers une technologie efficace et adaptée à la gériatrie

L'intérêt de la RV dans le domaine de la psychologie clinique a clairement été démontré sur une population de jeunes et d'adultes (Gonçalves, Pedrozo, Coutinho, Figueira, & Ventura, 2012; Iriarte et al., 2016; Jack et al., 2001; Larson, Feigon, Gagliardo, & Dvorkin, 2014; Opriş et al., 2012; Parsons et al., 2008; Rizzo et al., 2000). En revanche, en ce qui concerne la personne âgée, la question n'est pas claire. Bien qu'un bon nombre d'études estiment qu'il soit actuellement possible d'utiliser la RV efficacement avec les personnes âgées (Anguera et al., 2013; Benoit et al., 2015, Mendez et al., 2015), plusieurs auteurs font

ressortir des limites importantes spécifiques à cette population. En effet, ils rapportent que les habiletés liées à l'utilisation et la manipulation de la technologie sont impliquées dans les performances, et donc, que les résultats doivent être interprétés avec précaution lorsqu'il s'agit de groupes âgés (Cherniack, 2011; Nolin et al., 2013; Werner et al. 2009). L'interface homme-machine serait encore sous-optimale, pouvant avoir une influence sur l'anxiété et la charge cognitive en contexte d'évaluation (Banville et al., 2017). De plus, une plus grande fragilité relative aux cybermalaises est supposée (Brooks et al., 2010; Domeyer et al., 2013; Kennedy et al., 1993; North et al., 1997) et le nombre d'études de faisabilité dans certains domaines est encore insuffisant pour nous éclairer (Bloch et al., 2013). Le fort potentiel clinique de la RV en gériatrie semble toutefois faire consensus.

L'importance des facteurs psychophysiologiques qui distinguent la personne âgée de l'adulte reste donc encore sous-estimée. La recherche s'intéresse encore majoritairement au développement d'outils cliniques ayant des protocoles non différenciés entre populations. En effet, un grand nombre d'études récentes repose sur des échantillons de population ayant un intervalle d'âge très large. Or, ces facteurs psychophysiologiques peuvent biaiser les résultats obtenus et compromettre la pertinence des interprétations. Ainsi, mieux comprendre l'impact psychophysiologique de la RV sur les personnes âgées et le différencier de celui sur les jeunes adultes constitue un préalable essentiel à la recherche et au développement d'outils efficaces et adaptés à une utilisation en gériatrie.

Objectifs et questions de recherche

Comme viennent de le soulever les données présentées dans la section précédente, les limites rapportées par les auteurs d'études ayant exploré la question de la RV chez les personnes âgées sont encore trop importantes. Par exemple, elles n'incluent pas dans leurs analyses (a) un recueil exhaustif des données relatives à l'attitude à l'égard des nouvelles technologies (dans le cadre de comparaisons intergroupes); (b) un contrôle de l'effet de la

nature du matériel sur les participants âgés; (c) le recueil de mesures *in virtuo* de l'évolution des symptômes des cybermalaises; (d) le recueil des données physiologiques fiables (biomarqueur du stress); (e) ainsi qu'une analyse des associations entre la réponse au stress et l'attitude à l'égard des technologies selon le groupe d'âge.

Dans cette perspective, cette étude porte sur les effets psychophysiologiques des immersions en RV chez les personnes âgées. L'objectif était dans un premier temps d'observer les changements psychophysiologiques d'un groupe de personnes âgées avant, pendant et après une immersion, puis de comparer ces changements avec ceux d'un groupe d'adultes. Dans un second temps, l'objectif était d'identifier les facteurs qui interviennent dans ces changements ainsi que leurs relations avec l'âge. Plus spécifiquement, nous avions quatre objectifs:

1. Élaborer un outil permettant d'estimer l'attitude à l'égard des nouvelles technologies.
2. Élaborer un outil permettant d'estimer l'évolution des symptômes liés aux cybermalaises *in virtuo*.
3. Comparer les changements psychophysiologiques liés aux immersions en RV selon le groupe d'âge (personne âgée et adulte) et le type de technologie (voûte et casque), en termes de (a) changements physiologiques liés au stress avant, pendant et après une immersion; (b) d'attitude à l'égard des technologies; (c) de sensibilité aux cybermalaises; (d) de sentiment de présence et propension à l'immersion.
4. Vérifier les liens entre l'âge, l'attitude à l'égard des technologies et le stress.

Nous proposons ici une étude à visée exploratoire, aucune hypothèse n'est donc formulée. Nous avons trois questions de recherche :

1. **Existe-t-il un effet de l'âge** sur (a) l'attitude à l'égard de la technologie; (b) sur l'évolution des cybermalaises; (c) sur la réponse émotionnelle avant, pendant et après l'immersion; (d) sur le sentiment de présence et la propension à l'immersion?

2. **Existe-t-il un effet du type de technologie** utilisée selon l'âge au niveau de la réponse émotionnelle, l'évolution des cybermalaises et le sentiment de présence?
3. **Existe-t-il une relation** entre l'âge, l'attitude à l'égard de la technologie et la réponse émotionnelle?

Chapitre II

MÉTHODE

Participants

Quarante-six personnes âgées de dix-huit à quatre-vingt-dix ans ont participé à l'étude. Il y avait un groupe *Aînés* composé de vingt-deux personnes, hommes et femmes, âgés de soixante-cinq ans et plus, en bonne santé et de langue maternelle française. Nous avions aussi un groupe *Adultes* de vingt-quatre adultes composé d'hommes et de femmes, âgés entre dix-huit et trente-cinq ans, en bonne santé et de langue maternelle française. Les participants ont été recrutés par sollicitation directe, par « bouche-à-oreille » et par différentes annonces affichées à l'Université du Québec en Outaouais et sur le site internet d'associations de retraités de l'Outaouais. Cette étude a été approuvée par le comité d'éthique de la recherche de l'Université du Québec en Outaouais.

Tableau 1. *Données sociodémographiques des participants*

	Groupe Adultes (N = 24)	Groupe Aînés (N = 22)
Âge moyen (en année)	23 (3.31)	73 (6.94)
Femme (n=26) - Homme (n=20)	11 - 13	15 - 7
Niveau de scolarité (en année)	16 (2.06)	14 (4.03)
Score moyen au MMSE	29.63 (1.06)	29.59 (.73)
Score de dépression moyen (BDI/GDS)	6.38 (6.46)	5.64 (4.88)
Score de traits d'anxiété (IASTA-Y2)	34.96 (11.4)	33.18 (8.54)

Note : MMSE = Mini-Mental State Evaluation, BDI-II = Beck Depression Inventory, GDS = Geriatric Depression Scale, IASTA-Y2 = Inventaire d'anxiété situationnelle et de trait d'anxiété - Forme Y2, les écarts-types sont présentés entre parenthèses après les moyennes.

Tableau 2. *Répartition du nombre de participants par groupe et par condition expérimentale*

Facteur *Technologie*	Facteur *Âge*	
	Groupe *Adultes*	Groupe *Aînés*
Condition *« Casque »*	12	12
Condition « *Voûte* »	12	10

Critères d'inclusion. Nous avons utilisé un questionnaire de recueil d'informations générales concernant la santé, le niveau socioculturel, les habitudes et activités de vie en général. Les participants ne devaient pas dépasser les seuils cliniques liés à la dépression, l'anxiété et les troubles cognitifs.

Pour dépister les éventuels troubles cognitifs chez les personnes âgées, nous avons utilisé le *Mini-Mental State Evaluation* (MMSE) (un score inférieur à 25 étant considéré comme anormal). Afin de dépister d'éventuels symptômes dépressifs, nous avons utilisé le *Beck Depression Inventory* (BDI-II) et la *Geriatric Depression Scale* (GDS) (les participants devaient obtenir un score maximal de 9). Nous avons également utilisé l'Inventaire de traits d'anxiété, forme 2 (IASTA-Y2 et IASTA-Y65+ - Y2), mesurant les traits d'anxiété. Un score inférieur à 60 était requis pour participer à l'étude.

Critères d'exclusion. Les participants ne devaient pas avoir de troubles visuels connus (dégénérescence maculaire liée à l'âge, glaucome, etc.), de mal des transports, de problèmes de santé importants (cardiovasculaires, troubles neurologiques), d'effets secondaires connus liés à une médication de type cardiovasculaire, de trouble de l'oreille interne, de troubles neurologiques ou de troubles anxieux. Finalement les participants ne devaient pas consommer de médicaments de type psychotrope et de régulateurs hormonaux.

Appareillage et outils de mesure

Matériel informatique. Selon les conditions expérimentales, deux types de matériel ont été utilisés. Le premier était un casque immersif stéréoscopique le « HTC Vive » version standard d'une résolution de 1200x1080, d'un taux de rafraichissement de 90 *Hertz* et d'un champ de vision de 110°. Il était relié à un ordinateur de bureau et utilisé avec une manette pour les déplacements. L'environnement virtuel fonctionnait sous le logiciel « Unity 3D». Le deuxième type de matériel était la technologie CAVE, la voûte à six faces (prénommée *Psyché*) du laboratoire de cyberpsychologie de l'Université du Québec en Outaouais. Les six faces recevaient les images en stéréoscopie de six projecteurs (VizTek 1) d'une résolution de 1280x1024 et d'un taux de rafraichissement de l'image de 100 *Hertz* (Bouchard et al., 2013). La position de la tête des participants était localisée afin de reproduire la perspective de l'image en temps réel en fonction des mouvements. Les participants portaient des lunettes 3D (NuVision). Six ordinateurs « esclaves » étaient dédiés à l'image, un ordinateur gérait le système de localisation et un ordinateur central synchronisait l'ensemble. Le système fonctionnait à l'aide du logiciel « Virtools VR Publisher Unlimited 5.0 ».

Matériel de mesure physiologique. Durant chaque immersion, les réponses physiologiques étaient recueillies. Afin de recueillir ces mesures, nous avons utilisé le boitier d'acquisition de données *ProComp Infiniti* (Model SA7500) et le logiciel *Infinity* de la compagnie *Thought Technology*. L'ensemble des capteurs était connecté au boitier qui est lui-même relié à l'ordinateur. Une ceinture pectorale de la marque *Thought Technology* a été utilisée pour la mesure de la FC. Deux capteurs avec fixation aux doigts de la marque *Thought Technology* (modèle SA9309M) ont été utilisés pour la RED. Afin de prélever le dosage du cortisol salivaire, des salivettes de la compagnie *Sarstedt* ont été utilisées. Les prélèvements salivaires ont été dosés à l'aide du kit *« HS-cortisol High Sensitivity Salivary Cortisol Enzyme Immunoassay Kit* » de la compagnie *Salimetrics*.

Questionnaires

Le questionnaire sur l'attitude à l'égard des nouvelles technologies (QAT). Le QAT est un outil que nous avons développé dans le cadre des objectifs de la présente étude. Il explore les habitudes relatives à l'utilisation des technologiques actuelles (ordinateur, téléphone, tablette, etc.) et les rapports qu'entretient l'individu avec celles-ci via les aspects suivants : les croyances, l'anxiété, le sentiment d'efficacité et l'expérience. Nous avons repris la méthode de Beckers et Schmidt (2001) et nous nous sommes inspirés d'items d'outils validés issus de la *Computer Attitude Scale* (Nickell & Pinto, 1986), de la *Internet Attitude Scale* (Durndell & Haag, 2002), de la *Computer Anxiety Rating Scale* (Heinssen et al., 1987), de la *Computer Self-Efficacy Scale* (Torkzadeh & Koufteros, 1994), ainsi que la Composite *Scale of Self-Efficacy* utilisée par Igbaria et IIvari (1995). Les items couvrent divers supports technologiques et ont été mis à jour au regard des technologies actuelles. La durée de passation est inférieure à 10 minutes.

Le QAT se compose de 4 échelles. L'échelle *Croyances positives* évalue le degré d'opinion favorable à l'égard des nouvelles technologies, en 6 items de 5 points, avec 3 items positifs et 3 items négatifs (cf. annexe A). Plus le score est élevé, plus l'opinion générale sur les nouvelles technologies est positive. L'échelle *Anxiété* évalue l'anxiété à l'égard des technologies en 10 items de 5 points, avec 5 items positifs et 5 items négatifs. Plus le score est élevé plus l'anxiété face aux technologies est importante. L'échelle *Sentiment de confiance et d'efficacité* se compose de 10 items de 5 points. Six items concernent l'exécution de tâches (p. ex., être capable d'envoyer facilement une photo par courriel) et quatre items concernent la manipulation et les connaissances d'un support matériel donné. Plus le score est élevé, plus le sentiment d'être efficace avec les technologies est important. L'échelle *Expérience* explore la fréquence et la durée d'utilisation quotidienne des nouvelles technologies via différents supports (p. ex., téléphone intelligent, tablette, etc.) ainsi que le niveau de difficulté perçu

pour chaque support, en 10 items de 5 points (de « *très facile à utiliser* » à « *très difficile à utiliser* »). Plus le score est élevé, plus la familiarité avec les nouvelles technologies est élevée. Six questions ouvertes sont également utilisées afin de recueillir des informations plus qualitatives sur l'expérience avec la réalité virtuelle et les technologies plus généralement. Le score total est calculé ainsi: *Croyances* + *Sentiment d'efficacité* + *Expérience* - *Anxiété*. Dans notre échantillon, les échelles possèdent une bonne cohérence interne avec un alpha de Cronbach se situant entre .71 et .86 (groupe *Adultes*) et entre .79 et .88 (groupe *Aînés*).

Le questionnaire sur l'évolution des symptômes liés aux cybermalaises in virtuo (QESC). Le QESC est le deuxième outil que nous avons développé dans le cadre des objectifs de l'étude. Il se compose de 4 items évaluant les symptômes principaux des cybermalaises : les nausées, les vertiges, les céphalées et le sentiment d'être stressé. Il est administré toutes les 5 minutes durant l'immersion. Il a été administré à quatre reprises dans le cadre de cette expérimentation. La durée de passation est inférieure à 1 minute (cf. annexe B).

Le Questionnaire sur les cybermalaises (QC). Le QC évalue les cybermalaises induits par la RV. Il est généralement administré avant et après les immersions. La version utilisée est une traduction canadienne-française du *Simulator Sickness Questionnaire* (Kennedy et al., 1993). Il possède 16 items via une échelle de quatre points. Il dispose d'une bonne validité et fidélité (Bouchard, Robillard, & Renaud, 2007).

Le questionnaire sur l'état de présence (QEP). Le QEP évalue le sentiment de présence. Ce questionnaire est inspiré du Witmer et Signer (1998). Il est composé de 19 items répartis en 5 sous-échelles. Il possède un coefficient d'alpha de Cronbach de 0.84 (Robillard, Bouchard, Renaud, & Cournoyer, 2002).

Le questionnaire sur la propension à l'immersion (QPI). Le QPI évalue la prédisposition d'un individu à s'immerger dans un environnement virtuel avec un sentiment

de présence élevé. Il se compose de 18 items avec une échelle continue. Les analyses factorielles révèlent un alpha de Cronbach à 0.78. La littérature ne propose pas d'études des propriétés psychométriques de la version française (Robillard et al., 2002).

Les questionnaires d'évaluation personnelle IASTA-Y. L'IASTA mesure l'anxiété de trait et l'anxiété situationnelle (Gauthier & Bouchard, 1993). Le IASTA possède une cohérence interne de 0.35 à 0.69 chez les femmes et de 0.36 à 0.74 chez les hommes. Il bénéficie d'une bonne validité de construit (Gauthier & Bouchard, 1993). Nous avons utilisé une version adulte (Gauthier & Bouchard, 1993) et une version adaptée à la personne âgée de plus de 65 ans pour notre groupe *Aînés*, le IASTA-Y65+, qui possède les mêmes propriétés psychométriques (Bouchard, Gauthier, Ivers, & Paradis, 1996).

L'inventaire de dépression de Beck (IDB-II). Le BDI est une traduction du Beck Depression Inventory (BDI-II) utilisée pour mesurer l'intensité des symptômes dépressifs. La version francophone de cet instrument présente 21 questions allant de 0 à 3 points. Il présente de bonnes propriétés psychométriques (Beck, Steer & Brown, 1998).

L'échelle gériatrique de dépression. Cette échelle est une traduction française de la GDS (*Geriatric depression scale*) utilisée pour mesurer les symptômes dépressifs chez la personne âgée. Elle se compose de 30 questions (réponses oui/non). L'échelle présente de bonnes propriétés psychométriques (Bourque, Blanchard & Vézina, 1990).

Stimuli

Nous avons utilisé un environnement virtuel 3D représentant un appartement. Il est meublé avec un hall d'entrée, une terrasse, deux chambres, un bureau, une salle de bain, une buanderie, un salon et une cuisine ouverte sur la salle à manger (voir Figure 1).

Figure 1. Capture de l'environnement virtuel

Conditions expérimentales

Les participants étaient aléatoirement répartis en deux conditions expérimentales selon le type de matériel utilisé:

1. Condition 1 « *Voûte* »: l'individu était debout, portait des lunettes 3D, une manette et l'équipement lié aux mesures physiologiques. Il était à l'intérieur de la voûte avec l'expérimentateur. Chaque participant pouvait se déplacer et visiter l'ensemble de l'environnement avec la possibilité d'y interagir (ouvrir des portes et manipuler un objet). Le niveau d'immersion était élevé.
2. Condition 2 *« Casque »*: l'individu était debout, portait un casque immersif (HTC Vive), une manette et l'équipement lié aux mesures physiologiques. L'expérimentateur était debout près de lui. Chaque participant pouvait se déplacer et visiter l'ensemble de l'environnement avec la possibilité d'y interagir. Le niveau d'immersion était inférieur à la condition *Voûte*.

Variables et mesures

Variables dépendantes

Nous avions deux groupes de variables dépendantes. Notre premier groupe de variables dépendantes était *la réponse émotionnelle*. Les données ont été recueillies à l'aide des outils de mesures suivants :

1. Mesures physiologiques :
    - La FC: les participants portaient une ceinture pectorale sans fil. Le nombre de battement cardiaque par minute a été mesuré.
    - La RED: les participants portaient deux capteurs disposés au bout de l'index et de l'annulaire et de la main non dominante. Ces capteurs étaient reliés par deux fils au boitier d'acquisition de données porté à la ceinture. L'amplitude moyenne de la réponse, exprimée en micro-Siemens (µS), a été mesurée.
    - Les prélèvements du cortisol: le taux de cortisol, exprimé en microgramme par décilitre (µg/dL) était mesuré à l'aide d'un dosage salivaire. Cela consistait à mâcher un bout de coton pendant une à deux minutes. Les prélèvements ont été ensuite entreposés dans un tube au congélateur jusqu'au moment des analyses.
2. Mesure autorapportée : IASTA Forme Y-1. Il mesure l'état d'anxiété actuel.

Notre deuxième groupe de variables dépendantes était la *prédisposition à l'utilisation de la RV*. Les données ont été recueillies à l'aide des outils de mesures suivants :

1. Questionnaire sur les cybermalaises (QC) évaluant un ensemble de manifestations gênantes éventuellement provoquées par l'immersion.
2. Questionnaire sur la propension à l'immersion (QPI) évaluant la prédisposition d'un individu à s'immerger dans un environnement virtuel.
3. Questionnaire sur l'état de présence (QEP) évaluant la prédisposition de l'individu à s'immerger dans l'environnement virtuel.

4. Questionnaire sur l'Attitude à l'égard des technologies (QAT) évaluant les habitudes relatives à l'utilisation d'outils technologiques.

Périodes de recueil des mesures physiologiques

La FC moyenne (nombre de battements par minute moyen) a été recueillie à trois moments de l'expérience. Le premier temps est une moyenne sur trois minutes avant l'immersion (ligne de base). Le second temps est la moyenne de la FC durant l'immersion. Le troisième temps est la moyenne sur cinq minutes de la FC, recueillie dix minutes après l'immersion. La RED moyenne a été recueillie de la même façon que la FC. Les prélèvements de cortisol ont été recueillis à quatre moments. Le premier temps (T1-Base) est la ligne de base. Le second temps (T2-Pré) est prélevé environ deux minutes avant l'immersion. Le troisième temps (T3-Post) est prélevé environ deux minutes après l'immersion. Le quatrième temps (T4-Post 40m) est prélevé quarante minutes après l'immersion.

Variables indépendantes

L'étude proposait 2 variables indépendantes :

1. La variable « *Âge* » à 2 modalités : « *Adultes* » et « *Aînés* »
2. La variable « *Technologie* » à 2 modalités : *« Casque »* et *« Voûte »*

Procédures

La procédure se décomposait globalement en trois grandes étapes : (a) remplir les questionnaires pré-immersion; (b) réaliser l'immersion en réalité virtuelle et (c) remplir les questionnaires post-immersion (cf. Figure 2). La procédure nécessitait environ 2h30 et la durée totale pouvait varier en fonction de la rapidité à répondre aux questionnaires.

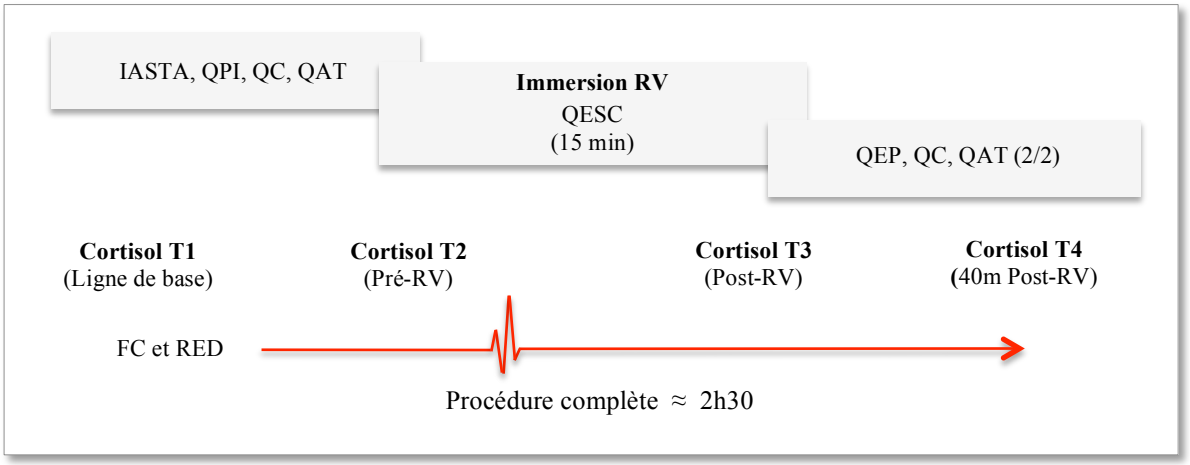


Figure 2. Répartition des étapes de la procédure dans le temps.

Première partie: entrevue d'information et d'éligibilité à la participation

Les participants admissibles étaient rencontrés sur rendez-vous, le matin de 10 à 13 heures afin de diminuer autant que possible l'effet des variations endogènes du cortisol. L'expérience était précédée d'une entrevue d'information (information sur le déroulement de l'expérimentation, signature du formulaire de consentement, réponses aux questions, etc.) suivie d'un dépistage des troubles cognitifs par le « *Mini Mental States Evaluation* » (MMSE) et d'un dépistage des troubles dépressifs par la « *Beck Depression Inventory* » (BDI-II) pour les participants adultes et l'Échelle Gériatrique de Dépression (GDS) pour les personnes âgées ainsi que l'inventaire de Trait d'Anxiété (IASTA, Forme Y2 et IASTA-Y65+, Forme Y2).

Deuxième partie: appariement et recueil de données

Le premier prélèvement de cortisol (T1-Base) était réalisé tout de suite après l'entrevue. Le participant devait mâcher pendant une minute environ un bout de coton. Chaque participant avait été informé des obligations suivantes: dernier repas maximum une heure avant la collecte de salive, pas de café une heure avant, pas de nicotine une heure avant, pas d'exercice physique intense deux heures avant, pas de brossage de dents ou de chewing-gum une heure avant, pas d'alcool 24 heures avant, sans restriction pour les médicaments et

l'eau. Les prélèvements étaient ensuite parafilmés, étiquetés et conservés au congélateur (température inférieure à -20° C).

Les participants étaient ensuite appareillés d'une ceinture pectorale « *Bluetooth* » (pour la FC) et de deux électrodes au bout de deux doigts (RED). Ces capteurs étaient reliés à un boitier inséré dans un sac fixé autour de la taille des participants. Les participants, installés devant un bureau, étaient ensuite invités à remplir les quatre questionnaires « *pré-immersion »* suivant : l'inventaire d'anxiété situationnelle (IASTA Forme Y1 et IASTA-Y65+ Forme Y1), le questionnaire sur la propension à l'immersion (QPI), le questionnaire sur les cybermalaises (QC) et le questionnaire d'attitude avec la technologie (QAT). Un deuxième prélèvement de salive était ensuite collecté (T2-Pré).

Troisième partie: la tâche d'immersion en environnement virtuel

La tâche consistait à visiter simplement un appartement virtuel. Cette exploration se voulait le moins stressante possible (sans stimuli anxiogènes connus) et se déroulait au rythme du participant pour une durée totale de 15 minutes.

Les instructions suivantes étaient données aux participants (exemple avec la condition *Casque*) : *« Je vais vous installer un casque sur la tête, qui va projeter les images d'un environnement représentant un appartement. Je vais ensuite vous donner quelques instructions et vous poser quelques questions. »*. Une fois le casque installé, le chronomètre était lancé pour 15 minutes. *« Vous êtes dans le salon d'un appartement que vous pouvez explorer à 360° de gauche à droite et de haut en bas. Prenez le temps d'observer ce qu'il y a autour de vous. Au début, essayez de ne pas faire de mouvement trop rapide avec la tête. ».* Ensuite, les indications sur le fonctionnement de la manette étaient données : « *pour se déplacer dans l'appartement, appuyez avec votre pouce vers le haut pour avancer, vers le bas pour reculer, sur la gauche ou la droite pour aller vers ces directions* ». Ces instructions étaient répétées autant de fois que nécessaire. Une première série de questions étaient posées

concernant les objets et meubles visibles par les participants (p. ex., « *Il y a une fenêtre dernière vous, tournez-vous et décrivez-moi ce que vous voyez au travers* », « *pouvez-vous lire ce qu'il y a d'écrit sur la couverture des livres à votre droite* ». Ensuite, les participants étaient invités à visiter l'appartement. Ils suivaient tous le même parcours et visitaient chaque pièce en entrant complètement dans chacune d'entre elles (cf. Figure 3). Nous indiquions quelle était la pièce suivante et sa direction successivement. La vitesse de déplacement était contrôlée par les participants, qui pouvaient avancer à leur rythme. Les portes des pièces étaient fermées, les participants devaient presser un bouton de la manette placé sous l'index lorsque la porte virtuelle changeait de couleur. Lorsque les participants passaient près du comptoir de la cuisine, ils devaient prendre un paquet de pâtes (pressant le bouton sous l'index, lorsque le paquet s'illuminait) et lire ce qu'il y a d'écrit dessus (marque fictive du produit). Nous avons posé aux participants quatre questions (à quatre reprises espacées de cinq minutes) relatives aux symptômes des cybermalaises. Après 15 minutes, la tâche était terminée. On réalisait ensuite un troisième prélèvement de cortisol (T3-Post).

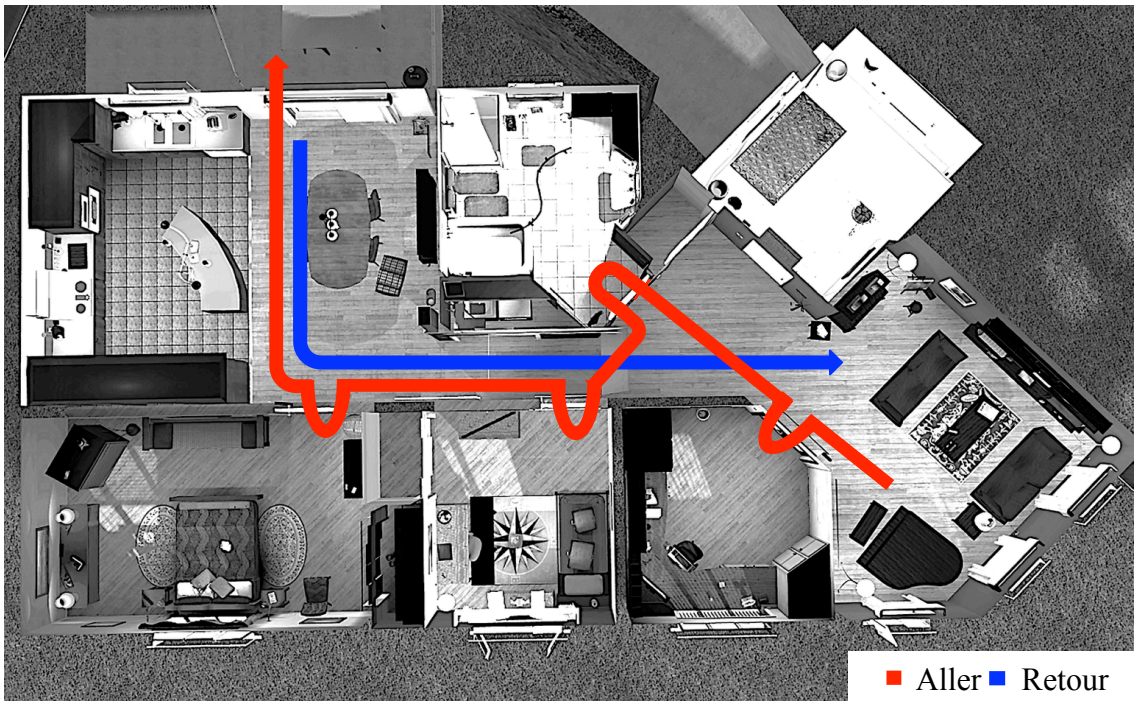


Figure 3. Parcours réalisé par les participants dans l'appartement.

Quatrième partie: administration des questionnaires « post-immersion »

Les participants, installés devant un bureau, étaient ensuite invités à remplir les trois questionnaires « *post-immersion »* suivants : le questionnaire sur l'état de présence (QEP), le questionnaire sur les cybermalaises (QC) et le questionnaire d'attitude à l'égard de la technologie - deuxième partie (QAT).

Les participants avaient ensuite un entretien final (retour sur l'expérience, répondre aux questions). On réalisait enfin un quatrième prélèvement de cortisol (T4-Post 40m), 40 minutes après l'immersion.

Cette étude a été approuvée par le comité d'éthique de la recherche de l'Université du Québec en Outaouais.

Traitement des données

Transformation de données et distribution

La majorité des variables utilisées respecte une distribution normale selon les seuils de Kolmogorov-Smirnov et Shapiro-Wilk avec des valeurs de kurtose et d'asymétrie comprises entre -1.7 et +1.6. Afin d'optimiser la distribution des variables ne respectant pas ces critères de normalité, des transformations logarithmiques « Log10 » et « Log10 (X + 1) » ont été tentées tel que recommandé dans ce contexte (Tabachnick & Fidell, 2012). Les distributions des variables du questionnaire QESC (administrées à 0 et 5min d'immersion) présentaient une asymétrie négative (jusqu'à -4) malgré les transformations logarithmiques réalisées. Ceci s'explique par une fréquence élevée de réponse « 0 » (absence de symptôme) à 0 et 5 minutes d'immersion. Une faible présence de symptômes rapportés en début immersion est tout à fait normale puisque l'immersion débute. Nous pouvons donc estimer que cette distribution est représentative de la population. De plus, bien que des transformations aient été faites et que la distribution soit jugée représentative de la population, des analyses non paramétriques ont été

réalisées là où c'était possible. Les résultats de ces analyses non paramétriques sont rapportés lorsqu'ils sont différents des analyses paramétriques.

Analyses statistiques

Des ANOVAs à mesure répétée ont été réalisées afin d'évaluer l'impact de l'âge et du type de technologie sur (a) l'évolution des niveaux de cortisol; (b) l'évolution des scores moyens au QESC; (c) l'évolution des scores moyens au QC; (c) l'évolution de la RED et de la FC. Des analyses de variance factorielle ont été réalisées afin de vérifier l'impact de l'âge et du type de technologie sur l'intensité de ces variables pour chaque temps de mesure ainsi que pour les scores moyens au QAT, au QSP et à l'IASTA. Une analyse des différences entre les comparaisons avec ajustement pour les comparaisons multiples a été réalisée lorsque nécessaire, au moyen du test de Bonferroni. Une vérification de l'homogénéité des variances des variables testées a été réalisée à l'aide du test de Levene. Une correction de Huynh-Feldt avait été appliquée lorsque le postulat de sphéricité n'était pas respecté (c'est-à-dire lorsque le test de Mauchly était significatif).

Lorsqu'aucun effet du facteur « *Technologie* » n'a été obtenu, les deux conditions (*Voûte* et *Casque*) ont été regroupées afin d'évaluer l'impact de l'âge sur l'ensemble des variables dépendantes. Étant donné que les mêmes résultats ont été obtenus dans cette deuxième série d'ANOVAs, ils n'ont pas été détaillés dans ce travail.

Enfin, une évaluation préliminaire de la fiabilité du QAT a été réalisée au moyen d'une analyse de la cohérence interne (calcul de l'Alpha de Cronbach). Une évaluation préliminaire de la validité congruente et divergente du QAT et du QESC a été réalisée au moyen de corrélations de Pearson entre échelles et questionnaires. Une analyse corrélationnelle au moyen de corrélations de Pearson a été réalisée pour évaluer les relations entre les échelles du QAT et les niveaux de cortisol Pré-immersion (T1-Base et T2-Pré).

Chapitre III

RÉSULTATS

Partie I : l'attitude à l'égard des nouvelles technologies

Analyses préliminaires de la fidélité du QAT

Une analyse préliminaire de la fiabilité des échelles du QAT a été réalisée par groupes d'âge (*Aînés* = 22, *Adultes* = 24). L'Alpha de Cronbach selon l'échelle et le groupe d'âge est indiqué dans le Tableau 3. Il se situait entre .71 et .88. Le QAT présente une bonne cohérence interne.

Tableau 3. *Cohérence interne des échelles du QAT par groupes*

Échelles	Groupe	Alpha de Cronbach
Croyances	Aînés	.79
	Adultes	.71
Anxiété	Aînés	.87
	Adultes	.86
Sentiment d'efficacité	Aînés	.88
	Adultes	.84
Expérience	Aînés	.86
	Adultes	.77

Analyses préliminaires de la validité congruente et divergente du QAT

Une analyse préliminaire de la validité congruente et divergente a été réalisée entre les échelles du QAT et l'IASTA administré avant l'immersion, selon le groupe d'âge. Les corrélations de Pearson sont présentées annexe E (Tableau E1). Seule l'échelle *Anxiété* du QAT du groupe *Aînés* était modérément associée à l'IASTA, avec une corrélation positive ($r = .43$, $p < .05$).

Une analyse préliminaire de la validité congruente et divergente a été réalisée entre les échelles du QAT selon les groupes d'âge. Les corrélations de Pearson sont présentées dans le

Tableau 4. Concernant le groupe *Adultes*, seule l'échelle *Efficacité* n'était pas corrélée avec les autres échelles. L'échelle *Anxiété* avait des corrélations négatives avec toutes les autres échelles. Concernant le groupe *Aînés*, seules les échelles *Expérience* et *Croyances* n'étaient pas corrélées entre elles. Seule l'échelle *Anxiété* avait des corrélations négatives avec les autres échelles. Les résultats préliminaires de l'analyse de la validité du QAT montrent de bons indices préliminaires de validité congruente et divergente.

Tableau 4. *Validité congruente et divergente entre les échelles du QAT par groupes*

		Croyances	Anxiété	Efficacité	Expérience
Anxiété	Adultes	-.73***	_		
	Aînés	-.86***			
Efficacité	Adultes	.12	-.40	_	
	Aînés	.63**	-.70***		
Expérience	Adultes	.41*	-.51**	.07	_
	Aînés	.35	-.46*	.60**	
Score total	Adultes	.65***	-.84***	.34	.83***
	Aînés	.73***	-.82*	.85***	.85***

Note : * $p < .05$. ** $p < .01$. *** $p < .001$

Comparaisons intergroupes

Des analyses de variance factorielle ont été réalisées afin d'évaluer les différences entre les groupes d'âge des scores aux échelles *Croyances, Anxiété*, *Sentiment d'efficacité* et *Expérience* du QAT. Les moyennes et les écarts-types des échelles sont présentés selon les groupes dans en annexe E (Tableau E2) et les comparaisons intergroupes sont représentées dans la Figure 4. L'âge moyen de la première utilisation d'un ordinateur était de 50.15 ans (*E.T.* 14.19) chez les aînés et de 9.29 ans (*E.T.* 4.32) chez les adultes.

Il n'y avait pas de différence significative sur l'échelle *Croyances* entre les groupes (p = .88). Il y avait une différence intergroupe sur l'échelle *Anxiété* [$F(3,44) = 7.49$, $p < 0.01$, η^2 partiel = .15]. La taille d'effet était élevée. Les scores d'anxiété du groupe *Aînés* étaient plus élevés. Il y avait une différence intergroupe sur l'échelle *Sentiment d'efficacité* [$F(1,43) = 27.03$, $p < 0.001$, η^2 partiel = .39]. La taille d'effet était élevée. Le sentiment d'être efficace avec les technologies était plus important chez le groupe *Adultes*. Il y avait une différence intergroupe sur l'échelle *Expérience* [$F(1,44) = 42.59$, $p < 0.001$, η^2 partiel = .49]. La taille d'effet était élevée. La familiarité avec les technologies était plus élevée chez les adultes.

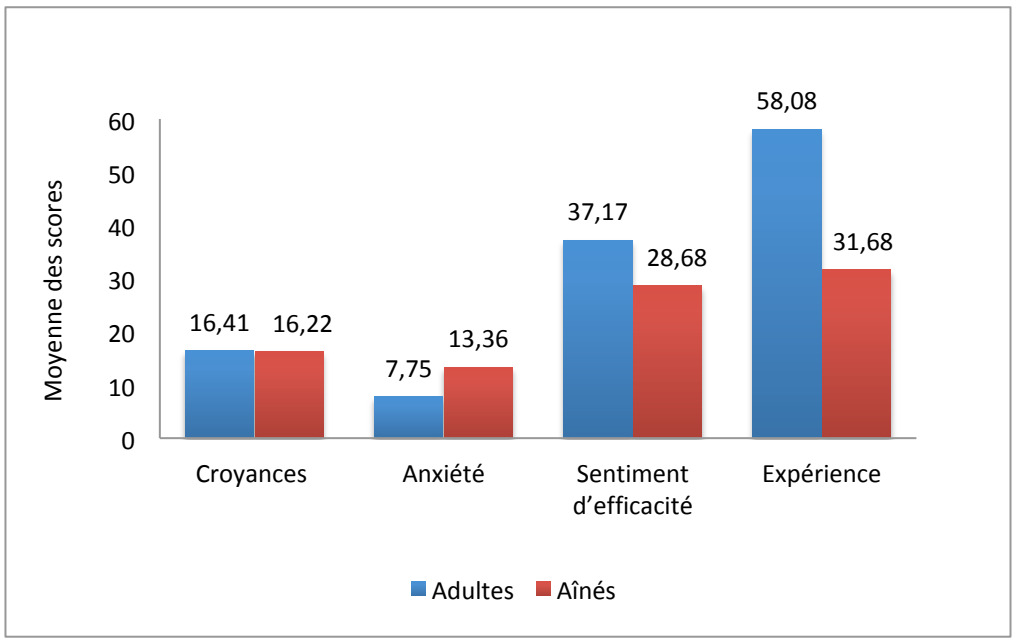


Figure 4. Comparaisons intergroupes des scores moyens aux échelles du QAT

Partie II: l'évolution *in virtuo* des symptômes liés aux cybermalaises

Analyses préliminaires de la validité congruente du QESC

Une analyse préliminaire de la validité congruente entre les échelles et items du QESC et le QC - Post immersion selon les groupes d'âge a été réalisée. Les corrélations de Pearson sont présentées dans le Tableau 5. Concernant l'évolution des symptômes liés aux cybermalaises, seule l'échelle QESC - 0 du groupe *Adultes* n'était pas corrélée avec le QC.

Les items liés aux symptômes « nausées » (*Item - N*) et « vertiges » (*Item - V*) présentaient des associations positives avec les QC dans les deux groupes. L'item lié aux symptômes « anxiété » (*Item - A*) n'était pas corrélé au QC dans les deux groupes. L'item lié aux symptômes « céphalées » (*Item - C*) n'était pas corrélé au QC dans le groupe *Adultes* uniquement. Les résultats préliminaires de l'analyse de la validité congruente montrent de bons indices de validité congruente du QESC avec le QC.

Tableau 5. *Validité congruente entre les échelles et items du QESC et le QC - Post immersion selon le groupe d'âge.*

	QC - Post *Adultes*	QC - Post *Aînés*
QESC - 0	-.12	.65**
QESC - 5	.54*	.60**
QESC - 10	.68***	.51*
QESC - 15	.73***	.53*
Total QESC	.71***	.81***
Items - C	.32	.69***
Items - N	.67**	.74***
Items - V	.59**	.61**
Items - A	.18	.42

Note : * $p < .05$. ** $p < .01$. *** $p < .001$, QESC-0 = Évolution des symptômes liés aux cybermalaises en début d'immersion, QESC-5 = à 5 minutes, QESC-10 = à 10 minutes, QESC-15 = à 15 minutes, QC-Pré = Questionnaire sur les cybermalaises Pré immersion; QC-Post = Questionnaire sur les cybermalaises post immersion; Items-C = Total des items céphalées, Items-N = Total des items nausées, Items-V = Total des items vertiges, Items-A = Total des items anxiété.

Analyse des résultats du QESC

Résultats de l'évolution de l'ensemble des symptômes. Une analyse de variance à mesures répétées a été réalisée pour vérifier s'il y a un effet de l'âge et du type de technologie

sur l'évolution de l'ensemble des symptômes (*nausées, céphalées, vertiges, anxiété*) liés aux cybermalaises, à 0, 5, 10 et 15 minutes d'immersion. Les moyennes et les écarts-types selon le facteur Technologie et le facteur Âge sont indiqués Tableau 6. Les moyennes (toutes conditions) étaient plus élevées pour le groupe *Aînés* en milieu d'immersion et plus faible en début et fin.

L'analyse montrait un effet du temps sur l'évolution des symptômes [$F(2.34, 86.44) = 5.94$, $p < .01$, η^2 partiel .14], avec une taille d'effet élevée. Les comparaisons appariées avec une correction de Bonferroni indiquaient une différence entre les mesures à « 0 minute » et « 10 minutes » ($p < .05$) et entre les mesures à « 0 minute » et « 15 minutes » ($p < .05$). Il n'y avait pas d'effet du facteur Âge [$F(1, 37) = .03$, $p = .86$, η^2 partiel .00] ni du facteur Technologie [$F(1, 37) = .08$, $p = .78$, η^2 partiel .00]. Il n'y avait pas d'interaction Temps X Âge [$F(2.34, 86.44) = 2.21$, $p = .11$, η^2 partiel .06] ni Temps X Technologie [$F(2.34, 86.44) = .74$, $p = .50$, η^2 partiel .02].

Résultats par symptômes. Des analyses de variance à mesures répétées ont été réalisées pour vérifier s'il y a un effet de l'âge et du type de technologie sur l'évolution des nausées, céphalées, vertiges, anxiété, à 0, 5, 10 et 15 minutes d'immersion.

Les nausées. Les moyennes et les écarts-types par temps de mesure selon le groupe d'âge et la condition sont indiqués Tableau 6. Il y avait une augmentation globale des moyennes dans le temps pour les deux groupes avec des valeurs proches. Entre 5 et 15 minutes, les moyennes étaient stables chez le groupe *Adultes*. Il y avait un effet du temps sur l'évolution des nausées [$F(2.36, 96.56) = 3.66$, $p < .05$, η^2 partiel .08], avec une taille d'effet modérée. Les comparaisons avec une correction de Bonferroni indiquaient une différence entre les mesures « 0 minute » et « 15 minutes » ($p < .05$). Il n'y avait pas d'effet du facteur Âge [$F(1, 41) = .00$, $p = .98$, η^2 partiel .00] ni du facteur Technologie [$F(1, 41) = .44$, $p = .51$, η^2 partiel .01]. Il n'y avait pas d'interaction Temps X Âge [$F(2.36, 96.56) = 3.66$, $p = .99$, η^2

partiel .08] ni d'interaction Temps X Technologie [$F(2.36, 96.56) = .01$, $p = .56$, η^2 partiel .00]. Les nausées augmentaient avec le temps sans différence entre l'âge et le type de technologie.

Les vertiges. Concernant les vertiges, à partir de 5 minutes les moyennes étaient plus élevées chez le groupe *Aînés*. Les moyennes et les écarts-types par temps de mesure selon le groupe d'âge et la technologie sont indiqués en Tableau 6. La différence de moyenne la plus élevée intervient à 10 minutes d'immersion (voir Figure 5). L'analyse montrait un effet du temps sur l'évolution des vertiges [$F(3, 123) = 7.34$, $p < .001$, η^2 partiel .15], avec une taille d'effet élevée. Les comparaisons multiples avec une correction de Bonferroni indiquaient une différence entre les mesures « 0 minute » et « 5 minutes » ($p < .01$), les mesures « 0 minute » et « 10 minutes » ($p < .01$) puis les mesures « 0 minute » et « 15 minutes » ($p < .01$). Il y avait un effet de l'âge sur l'évolution des vertiges [$F(1, 41) = 4.25$, $p < = .05$, η^2 partiel .09]. Il n'y avait pas d'effet du facteur Technologie [$F(3, 123) = .33$, $p = .20$, η^2 partiel .01].

Une analyse de variance factorielle 2 (aînés/adultes) X 2 (casque/voûte) avait été réalisée afin de vérifier les différences d'intensités des vertiges selon l'âge et le type de technologie pour chaque temps de mesure. L'intensité des vertiges variait selon le facteur Âge au temps de mesure « 10 minutes » [$F(3, 41) = 9.88$, $p < 0.01$, η^2 partiel = .19]. La taille d'effet était élevée. Les vertiges étaient plus importants chez le groupe *Aînés* que chez le groupe *Adultes* ($p < .01$) à « 10 minutes » d'immersion. Il n'y avait pas d'effet du facteur Technologie [$F(3, 41) = .19$, $p = .67$, η^2 partiel = .00]. À « 0 minute », il n'y avait pas d'effet de l'âge [$F(3, 41) = .18$, $p = .48$, η^2 partiel = .01] ou de la technologie [$F(3, 41) = 4.48$, $p = .40$, η^2 partiel = .10] ni d'interaction entre l'âge et la technologie [$F(3, 41) = .50$, $p = .48$, η^2 partiel = .01]. À « 5 minutes », il n'y avait pas d'effet de l'âge [$F(1, 41) = 3.44$, $p = .07$, η^2 partiel = .08] ou de la technologie [$F(3, 41) = 1.10$, $p = .30$, η^2 partiel = .03] ni d'interaction entre l'âge et la technologie [$F(3, 41) = .16$, $p = .69$, η^2 partiel = .00]. À « 15 minutes », il n'y

avait pas d'effet de l'âge [$F(1, 41) = 1.15$, $p = .60$, η^2 partiel = .03] ou de la technologie [$F(1, 41) = .29$, $p = .29$, η^2 partiel = .01] ni d'interaction entre l'âge et la technologie [$F(1, 41) = 1.79$, $p = .19$, η^2 partiel = .04].

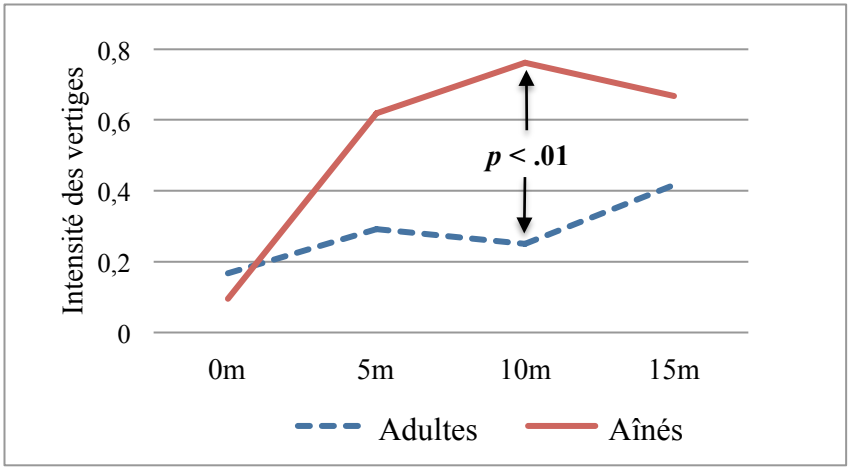


Figure 5. Évolution des vertiges selon le groupe d'âge toutes conditions

Le test *U* de Mann et Whitney indique que l'intensité des vertiges était plus importante chez le groupe *Aînés* (*Mdn* = 1) que chez le groupe *Adultes* (*Mdn* = 0) à « 5 minutes » d'immersion également ($U = 174$, $p = .039$, $r = 0.31$). La taille d'effet était modérée.

Les céphalées. Concernant les céphalées, les moyennes étaient plus élevées dans le groupe *Aînés* jusqu'à 10 minutes puis plus élevées chez le groupe *Adultes* à 15 minutes (voir Tableau 6). Il n'y avait pas d'effet du facteur Temps [$F(2.25, 92.25) = 1.10$, $p = .34$, η^2 partiel .03], du facteur Âge [$F(2.25, 92.25) = 2.45$, $p = .09$, η^2 partiel .06] ni du facteur Technologie [$F(2.25, 92.25) = .06$ $p = .96$, η^2 partiel .00] sur l'évolution des céphalées.

L'anxiété. Concernant l'anxiété, les moyennes étaient globalement plus élevées dans le groupe *Aînés* que dans le groupe *Adultes* (voir Tableau 6). Il n'y avait pas d'effet du facteur Temps [$F(2.86, 117.18) = 1.42$, $p = .24$, η^2 partiel .03], du facteur Âge [$F(2.86, 117.18) = 2.94$, $p = .18$, η^2 partiel .03] ou du facteur Technologie [$F(2.86, 117.18) = 2.48$ $p = .53$, η^2 partiel .06] sur l'évolution de l'anxiété.

Tableau 6. *Évolution in virtuo des symptômes selon les facteurs Âge et Technologie*

		Aînés			Adultes		
		Casque	Voûte	Total	Casque	Voûte	Total
Nausées	0min	.17 (.39)	.11 (.33)	.14 (.36)	.17 (.39)	.08 (.29)	.13 (.34)
	5min	.33 (.80)	.11 (.33)	.24 (.62)	.33 (.89)	.08 (.29)	.21 (.66)
	10min	.25 (.62)	.22 (.44)	.24 (.54)	.33 (.89)	.17 (.39)	.25 (.68)
	15min	.50 (.80)	.33 (.71)	.43 (.75)	.33 (.78)	.50 (.80)	.42 (.78)
Vertiges	0min	.17 (.39)	.00 (.00)	.10 (.30)	.33 (.65)	.00 (.00)	.17 (.48)
	5min	.67 (.65)	.56 (.53)	.62 (.59)	.42 (.67)	.17 (.39)	.29 (.55)
	10min	.75 (.45)	.78 (.67)	.76 (.54)	.33 (.65)	.17 (.39)	.25 (.53)
	15min	.83 (.72)	.44 (.73)	.67 (.73)	.33 (.65)	.50 (.67)	.42 (.65)
Céphalées	0min	.33 (.49)	.44 (.73)	.38 (.59)	.25 (.45)	.17 (.39)	.21 (.41)
	5min	.42 (.51)	.44 (.53)	.43 (.51)	.17 (.39)	.25 (.62)	.21 (.51)
	10min	.42 (.79)	.44 (.53)	.43 (.68)	.33 (.49)	.33 (.65)	.33 (.56)
	15min	.33 (.65)	.33 (.50)	.33 (.58)	.33 (.67)	.67 (.78)	.58 (.72)
Anxiété	0min	.17 (.39)	.22 (.44)	.19 (.40)	.50 (.67)	.00 (.00)	.25 (.53)
	5min	.25 (.45)	.22 (.44)	.24 (.44)	.25 (.45)	.00 (.00)	.13 (.34)
	10min	.17 (.39)	.56 (.73)	.33 (.58)	.25 (.45)	.00 (.00)	.13 (.34)
	15min	.33 (.49)	.56 (.53)	.43 (.51)	.25 (.45)	.08 (.29)	.17 (.38)
Ensemble des symptômes	0min	.30 (.48)	.50 (.93)	.39 (.70)	1.17 1.19	.27 (.65)	.74 (1.05)
	5min	1.20 (1.23)	1.25 (1.17)	1.22 (1.17)	1.17 (1.52)	.55 (1.03)	.87 (1.33)
	10min	1.20 (1.23)	1.88 (.99)	1.50 (1.15)	1.25 (1.48)	.73 (1.00)	1.00 (1.28)
	15min	1.30 (1.16)	1.25 (1.04)	1.28 (1.07)	1.42 (1.73)	1.91 (2.21)	1.65 (1.95)

Note : les écarts-type sont présentés entre parenthèses.

Analyse des résultats du QC

Une analyse de variance à mesures répétées a été réalisée pour vérifier s'il y a un effet de l'âge et du type de technologie sur l'évolution des cybermalaises. Les moyennes et les écarts-types selon l'âge et le type de technologie sont indiqués au Tableau 7. L'analyse montrait un effet du temps sur les cybermalaises [$F(1, 39) = 6.16$, $p < .05$, η^2 partiel .14], avec une taille d'effet élevée. Il n'y avait pas d'effet du facteur Âge [$F(1, 39) = .03$, $p = .86$, η^2 partiel .00] ni du facteur Technologie [$F(1, 30) = .03$, $p = .59$, η^2 partiel .01]. Il n'y avait pas d'interaction entre les facteurs Temps X Âge [$F(1, 39) = 3.18$, $p = .08$, η^2 partiel .08] ni entre les facteurs Temps X Technologie [$F(1, 39) = 2.32$, $p = .14$, η^2 partiel .06].

Tableau 7. *Moyennes et écarts-types du QC selon le groupe et la condition*

	Groupe	Casque	Voûte
QC-Pré	Aînés, n= 21	3.08 (2.96)	0.67 (2.12)
	Adultes, n= 22	3.73 (2.87)	3.75 (4.85)
QC-Post	Aînés, n= 21	4.33 (3.75)	5.11 (3.76)
	Adultes, n= 22	3.73 (3.66)	3.55 (3.86)

Note : les écarts-types sont présentés entre parenthèses, QC-Pré = Questionnaire sur les cybermalaises Pré RV; QC-Post = Questionnaire sur les cybermalaises post RV.

Partie III : la réponse émotionnelle

Évolution du taux de cortisol

Une analyse de variance à mesures répétées a été réalisée pour vérifier s'il y a un effet de l'âge et du type de technologie sur l'évolution du cortisol durant l'immersion. Les moyennes et les écarts-types selon le groupe et la condition sont indiqués au Tableau 8 et l'évolution dans le temps par groupe est représentée à la Figure 6. Les moyennes du taux de cortisol du groupe *Adultes* diminuaient dans le temps, quelle que soit la condition.

L'évolution dans le temps des moyennes du groupe *Aînés* était fluctuante (diminueraient puis augmentaient) dans les deux conditions. Il y avait un effet du temps sur le taux de cortisol [$F(2.20, 81.27) = 7.76$, $p < .001$, η^2 partiel .17], avec une taille d'effet élevée. L'analyse montrait une interaction avec l'âge [$F(2.20, 81.27) = 4.69$, $p < .01$, η^2 partiel .11], avec une taille d'effet modérée.

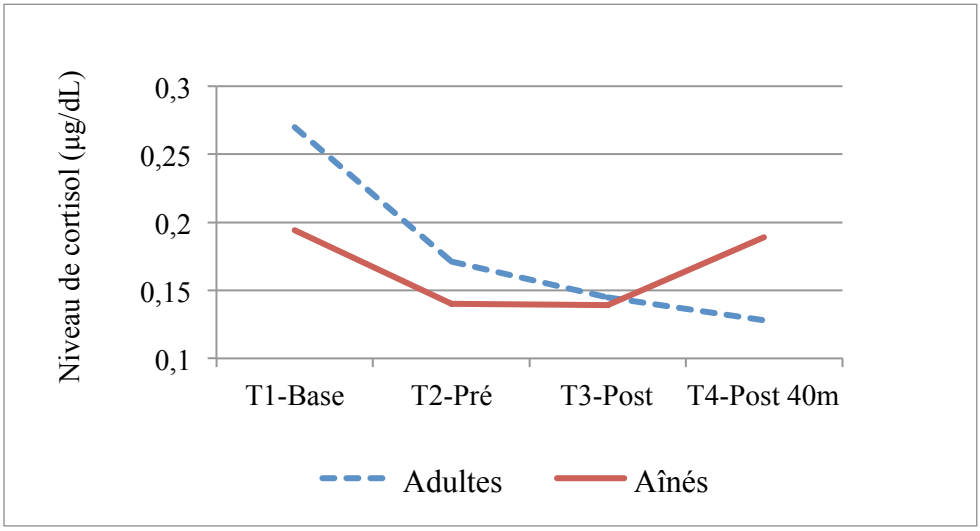


Figure 6. Évolution du cortisol selon le groupe d'âge toutes conditions

Les comparaisons appariées réalisées avec une correction de Bonferroni n'indiquaient aucune différence entre les temps de mesure pour le groupe *Aînés* ($p = .25$). En revanche, concernant le groupe *Adultes*, il y avait une diminution significative des moyennes entre les temps de mesure T1-Base et T2-Pré ($p < .001$), T1-Base et T3-Post ($p < .01$), T1-Base et T4-Post 40m ($p < .001$), ainsi que T2-Pré et T3-Post ($p < .05$) et T2-Pré et T4-Post 40m ($p < .05$). Il n'y avait pas de différence entre les temps T3-Post et T4-Post 40m ($p = .39$). Il n'y avait pas d'interaction Temps X Technologie [$F(2.20, 81.27) = .46$, $p = .65$, η^2 partiel .01].

Une analyse de variance factorielle avait été réalisée afin de vérifier les différences d'intensités des niveaux de cortisol selon l'âge dans la condition *Casque*. Il n'y avait pas de différence entre les groupes d'âge au T1-Base [$F(1, 22) = .61$, $p = .45$, η^2 partiel = .03], au T2-Pré [$F(1, 22) = 1.19$, $p = .29$, η^2 partiel = .05], au T3-Post [$F(1, 22) = .20$, $p = .66$, η^2 partiel =

.01] et au T4-Post 40m [$F(1, 21) = .00$, $p = .95$, η^2 partiel = .00]. Dans la condition *Voûte*, il n'y avait pas de différence entre les groupes d'âge au T1-Base [$F(1, 17) = 3.12$, $p = .10$, η^2 partiel = .16], au T2-Pré [$F(1, 17) = 1.23$, $p = .28$, η^2 partiel = .07], au T3-Post [$F(1, 22) = .16$, $p = .69$, η^2 partiel = .01] et au T4-Post 40m [$F(1, 16) = 1.92$, $p = .20$, η^2 partiel = .11].

Le test *U* de Mann et Whitney indiquait que le niveau moyen de cortisol de base au T1-Base était plus élevé dans le groupe *Adultes* (*Mdn* = 0.23) que dans le groupe *Aînés* (*Mdn* = .15), ($U = 132$, $p = .016$, $r = 0.37$). La taille d'effet était modérée.

Tableau 8. *Niveau de cortisol selon le groupe et la condition par temps de mesure*

Facteur		Cortisol (µg/dL)			
Technologie	Âge	T1-Base	T2-Pré	T3-Post	T4-Post 40m
Casque, n=23	Aînés, n=11	0.215 (0.15)	0.131 (0.07)	0.117 (0.07)	0.136 (0.06)
	Adultes, n=12	0.246 (0.10)	0.159 (0.07)	0.145 (0.09)	0.134 (0.08)
Voûte, n=22	Aînés, n=10	0.170 (0.12)	0.152 (0.06)	0.165 (0.12)	0.255 (0.28)
	Adultes, n=12	0.302 (0.19)	0.188 (0.08)	0.146 (0.06)	0.120 (0.08)
Voûte et Casque	Aînés, n=21	0.194 (0.13)	0.140 (0.06)	0.139 (0.10)	0.189 (0.20)
	Adultes, n=24	0.270 (0.14)	0.171 (0.07)	0.145 (0.08)	0.128 (0.08)

Note : µg/dL = Microgrammes par décilitre, Cortisol T1-Base = Taux de cortisol temps 1, Cortisol T2-Pré = Taux de cortisol temps 2, Cortisol T3-Post = Taux de cortisol temps 3, Cortisol T4-Post 40m = Taux de cortisol temps 4. Les écarts-types par groupe et condition sont présentés entre parenthèses.

Évolution de la réponse électrodermale

Une analyse de variance à mesures répétées a été réalisée pour vérifier s'il y a un effet de l'âge et du type de technologie sur l'évolution de la RED avant, pendant et après l'immersion. L'amplitude moyennes (exprimée micro-Siemens) ainsi que les écarts-types

selon le groupe et la condition sont indiqués à l'annexe E (Tableau E3). L'analyse montrait un effet du facteur Temps sur la RED [$F(1.70, 67.87) = 76.98$, $p < .001$, η^2 partiel .66], avec une taille d'effet élevée. Il n'y avait pas d'interaction Temps X Âge [$F(1.70, 67.87) = 1.23$, $p = .30$, η^2 partiel .03] ni entre les facteurs Temps X Technologie [$F(1.70, 67.87) = 1.49$, $p = .64$, η^2 partiel .01]. Les comparaisons appariées réalisées avec une correction de Bonferroni indiquaient une différence entre le temps de mesure pré immersion et durant l'immersion ($p < .001$), puis entre le temps de mesure pré et post immersion ($p < .001$).

Évolution de la fréquence cardiaque

Une analyse de variance à mesures répétées a été réalisée pour vérifier s'il y a un effet de l'âge et du type de technologie sur l'évolution de la FC moyenne avant, pendant et après l'immersion. Les moyennes et les écarts-types selon le groupe et la condition sont indiqués à l'annexe E (Tableau E4). Les moyennes sont exprimées en nombre de battement cardiaque par minute. L'analyse montrait un effet du temps sur la FC [$F(1.71, 64.83) = 29.16$, $p < .001$, η^2 partiel .43], avec une taille d'effet élevée. Il n'y avait pas d'interaction Temps X Âge [$F(1.71, 64.83) = 3.65$, $p = .11$, η^2 partiel .09] ni d'interaction Temps X Technologie [$F(1.71, 64.83) = 2.21$, $p = .13$, η^2 partiel .06]. Les comparaisons appariées réalisées avec une correction de Bonferroni indiquaient une différence entre le temps de mesure pré immersion et durant l'immersion ($p < .001$), puis entre le temps de mesure durant l'immersion et post immersion ($p < .001$).

L'anxiété situationnelle

Une analyse de variance factorielle a été réalisée pour évaluer les différences aux scores de l'IASTA-Pré selon le groupe. Le groupe *Adultes* obtenait une moyenne de 30.30 (*E.T.* 9.33) et le groupe *Aînés* 28.05 (*E.T.* 5.88). Il n'y avait pas de différence entre les groupes [$F(1, 43) = .94$, $p = .34$, η^2 partiel .02]. Une analyse de variance factorielle a été réalisée pour évaluer les différences aux scores de l'IASTA-Post selon l'âge et le type de

technologie. Le groupe *Adultes* obtenait une moyenne de 30.82 (*E.T.* 7.60) et le groupe *Aînés* 31.15 (*E.T.* 12.16). Il n'y avait pas d'effet du facteur Âge [$F(1, 38) = .22$, $p = .64$, η^2 partiel .01] ni du facteur Technologie [$F(1, 38) = 3.30$, $p = .08$, η^2 partiel .80]. Il n'y avait pas d'interaction Âge X Technologie [$F(1, 38) = .06$, $p = .82$, η^2 partiel .00].

Une analyse de variance à mesures répétées a été réalisée pour vérifier s'il y a un effet de l'âge et du type de technologie sur l'évolution de l'anxiété situationnelle (scores à l'IASTA). Il n'y avait pas d'effet du temps sur les scores à l'IASTA [$F(1, 37) = .48$, $p = .49$, η^2 partiel .01]. Il n'y avait pas d'interaction avec l'âge [$F(1, 37) = 1.11$, $p = .30$, η^2 partiel .03], ni avec la technologie [$F(1, 37) = .44$, $p = .51$, η^2 partiel .01].

Partie V : Prédisposition à utiliser la réalité virtuelle

Le sentiment de présence

Nous avons évalué l'impact de l'âge et de la technologie sur le sentiment de présence. Nous avons réalisé une analyse de variance factorielle 2 (*aînés*/adultes) X 2 (casque/voûte). Concernant la condition *Casque* le score moyen était de 90.46 (*E.T.* 23.05) pour le groupe *Aînés* et de 98.75 (*E.T.* 14.30) pour le groupe *Adultes*. Pour la condition *Voûte* le score moyen était de 82.78 (*E.T.* 14.88) pour le groupe *Aînés* et de 92.17 (*E.T.* 15.01) pour le groupe *Adultes*. Il n'y avait pas d'effet du facteur Âge [$F(1, 42) = 2.87$, $p = .10$, η^2 partiel .06], ni du facteur Technologie [$F(1, 42) = 1.87$, $p = .18$, η^2 partiel .04]. Il n'y avait pas d'interaction Âge X Technologie [$F(1, 42) = .01$, $p = .92$, η^2 partiel .00].

La propension à l'immersion

Une analyse de variance simple a été réalisée pour évaluer l'impact de l'âge sur la propension à l'immersion. Les moyennes étaient de 62.59 (*E.T.* 13.76) pour le groupe *Aînés* (n= 22) et de 78.38 (*E.T.* 13.19) pour le groupe *Adultes* (n= 24). Il y avait une différence intergroupe sur les scores du QPI ($F = 15.78$, $p < .001$). La propension à l'immersion était plus élevée chez les adultes.

Partie IV : Analyse des relations entre le QAT et le Cortisol selon l'âge

Afin d'analyser les liens entre l'attitude à l'égard des nouvelles technologies et la réponse au stress pré-immersion (fait d'appréhender l'immersion), des corrélations de Pearson ont été réalisées entre les taux de cortisol T1-Base et T2-Pré et les échelles du QAT. Les corrélations sont présentées Tableau 9. L'échelle *Efficacité* était négativement corrélée avec le taux de cortisol T2-Pré chez le groupe *Aînés.* Moins le score de l'échelle était élevé, plus le taux de cortisol au temps T1-Base était élevé. L'échelle *Expérience* était négativement corrélée avec le taux de cortisol T1-Base et T2-Pré. Plus le score était élevé, moins les taux de cortisol au temps T1 et T2 l'étaient. Le score total du QAT était négativement corrélé avec le taux de cortisol T2-Pré. Plus le score était élevé, moins le taux de cortisol au temps T2 l'était.

Tableau 9. *Corrélations entre les échelles du QAT et le Cortisol T1-Base et T2-Pré par groupe*

	Adultes		Aînés	
	Cortisol T1-Base	Cortisol T2-Pré	Cortisol T1-Base	Cortisol T2-Pré
Croyances	.17	-.17	.04	-.15
Anxiété	-.14	.15	.08	.18
Efficacité	.06	.09	-.23	-.39*
Expérience	.23	-.29	-.53*	-.69***
Score total	.19	-.33	-.25	-.53**

Note : * $p < .05$. ** $p < .01$. *** $p < .001$, Cortisol T1-Base = Taux de cortisol temps 1, Cortisol T2-Pré = Taux de cortisol temps 2, Cortisol T3-Post = Taux de cortisol temps 3, Cortisol T4-Post 40m = Taux de cortisol temps 4.

Chapitre IV

DISCUSSION

Cette étude portait sur les effets psychophysiologiques des immersions en réalité virtuelle chez les personnes âgées. L'objectif était dans un premier temps d'observer les changements psychophysiologiques d'un groupe de personnes âgées avant, pendant et après une immersion, puis de comparer ces changements à ceux d'un groupe d'adultes. La seconde partie de l'objectif consistait à identifier les facteurs qui interviennent dans ces changements ainsi que leurs relations avec l'avancée en âge.

Plus spécifiquement, nos objectifs spécifiques étaient de (a) élaborer un outil permettant d'estimer l'attitude à l'égard des nouvelles technologies; (b) élaborer un outil permettant d'estimer l'évolution des symptômes liés aux cybermalaises *in virtuo*; (c) de comparer les facteurs psychophysiologiques selon le groupe d'âge et le type de technologie (en termes de changements physiologiques liés au stress avant, pendant et après une immersion, d'attitude à l'égard des nouvelles technologies, de sensibilité aux cybermalaises induits par la RV, de prédisposition à l'utilisation de la RV via le sentiment de présence et la propension à l'immersion); (d) vérifier les liens entre l'âge, l'attitude à l'égard des technologies et la réponse au stress durant l'expérience. Nous avions trois questions de recherche:

1. **Existe-t-il un effet de l'âge** sur (a) l'attitude à l'égard de la technologie; (b) sur l'évolution des cybermalaises; (c) sur la réponse émotionnelle avant, pendant et après l'immersion; (d) sur le sentiment de présence et la propension à l'immersion?
2. **Existe-t-il un effet du type de technologie** utilisée selon l'âge au niveau de la réponse émotionnelle, l'évolution des cybermalaises et du sentiment de présence?
3. **Existe-t-il une relation** entre l'âge, l'attitude à l'égard de la technologie et le stress?

L'implication des effets de l'âge en RV

L'attitude à l'égard des nouvelles technologies

L'analyse préliminaire des propriétés psychométriques du QAT à montré des résultats satisfaisants en termes de fidélité et de validité. Concernant les données des participants recueillis, ils indiquent que l'opinion des personnes âgées à l'égard des technologies n'était pas plus négative que celle des adultes. Il n'y avait pas de différence intergroupe sur l'échelle *Croyances* (exemple d'item « *Grace aux nouvelles technologies nous avons une vie meilleure* »). Ces données vont dans le sens de plusieurs travaux sur la question (Gonzalez et al., 2012; Mitzner et al., 2010). Sur un échantillon de cent-treize participants, Mitzner et al. (2010) ont rapporté que les aînés montraient davantage d'attitudes positives que négatives. Les attitudes négatives étaient surtout liées à des aspects fonctionnels et à des préoccupations de sécurité et de fiabilité des technologies (Mitzner et al., 2010). En revanche, les aînés de notre étude rapportaient se sentir globalement moins confiant et efficace avec les technologies que les adultes (exemple d'item de l'échelle *Efficacité* « *Je me sens confiant pour enregistrer des fichiers sur mon ordinateur ou ma tablette comme des photos ou vidéos* »). Ce résultat est classiquement retrouvé dans les études comparatives, les personnes âgées se sentent moins capables d'utiliser les technologies de manière adéquate (Gatti, Brivio, & Galimberti, 2017). Les résultats au QAT montrent également que la familiarité des aînés à l'égard des nouvelles technologies (évaluée avec l'échelle *Expérience*) est inférieure à celle des adultes. Ce résultat confirme ceux de précédents travaux ayant mis en évidence une expérience moindre des personnes âgées en termes de fréquence d'utilisation et de diversité des supports quotidiennement utilisés (Huber & Watson, 2014; Olson et al., 2011).

Un autre résultat intéressant de cette étude montre que comparativement aux adultes, les personnes âgées rapportent se sentir plus anxieuses face aux technologies (exemple d'item de l'échelle *Anxiété*: « *j'appréhende d'utiliser l'ordinateur, j'évite quelques fois* »). Ces

résultats vont dans le sens de précédents travaux ayant rapporté cette anxiété liée aux ordinateurs chez les personnes âgées (Laguna & Babcock, 1997; Stellefson et al., 2017; Zhang, Grenhart, McLaughlin & Allaire, 2017). Cependant, cette anxiété est à dissocier de leurs croyances positives ou non envers des apports des technologies. En effet, plusieurs auteurs rapportent que les craintes formulées par les personnes âgées concernent surtout des technologies pas ou peu connues. Hill et al., (2015) rapportent que leurs participants âgés évoquaient appréhender qu'un jour l'expansion des services informatiques et automatisés limite leur autonomie. À l'aide d'un « *groupe de discussion focalisé* » de participants âgés découvrant les tablettes connectées, une étude récente a rapporté que les thèmes qui ont émergé en grand nombre lors de l'expérimentation étaient liés à des difficultés d'accessibilité (manque de connaissances et de confiance, coûts, etc.), à des préoccupations (technologie trop complexe) et au scepticisme quant à l'utilisation des tablettes et de la technologie en général (Vaportzis, Giatsi Clausen & Gow, 2017). Les avantages ont également été soulevés par ce groupe (en termes d'accès à l'information par exemple) ainsi que la probabilité d'utiliser des tablettes dans le futur. Ainsi, la principale source d'inquiétudes ne semble pas être la technologie en tant que telle mais le manque de compétences et d'expérience.

La propension à l'immersion et le sentiment de présence

Les résultats de cet essai doctoral montrent que la propension à l'immersion est nettement moins élevée chez les personnes âgées comparativement aux jeunes adultes. La capacité à se sentir immergé dans un environnement virtuel, c'est-à-dire à se sentir coupé de sa propre réalité, semble donc plus faible au sein de cette tranche de la population. En revanche, il n'y avait pas de différence concernant le sentiment de présence. Les résultats concernant le sentiment de présence ne peuvent cependant pas être interprété comme une absence de différence en tant que telle, puisque l'environnement virtuel utilisé comportait très peu de stimuli sonores. Plusieurs participants indiquaient ne pas pouvoir répondre aux items

relatifs aux aspects auditifs du QEP, parce qu'ils n'avaient pas identifié de sons durant l'immersion. Ceci peut donc avoir affecté les résultats. Mentionnons également la taille d'effet sur cette variable ayant pu jouer un rôle sur ces résultats.

L'âge a depuis longtemps été décrit comme une des caractéristiques individuelles ayant un effet sur le sentiment de présence (Witmer & Singer, 1998). Nous savons qu'avec l'avancée en âge des changements s'opèrent dans les structures neurales impliquées dans l'intégration multisensorielle qui devient moins efficace (De Dieuleveult, Siemonsma, Van Erp, & Brouwer, 2017; Freiherr, Lundström, Habel, & Reetz 2013). L'intégration multisensorielle est un élément essentiel pour un sentiment de présence élevé lorsque l'équipement le permet, particulièrement concernant l'intégration simultanée de stimuli haptiques, olfactifs et auditifs (Dinh, Walker, Song, Kobayashi, & Hodges, 1999). Ainsi, si notre tâche avait présenté ces trois types de stimuli sensoriels, les capacités d'intégrations plus fragiles des personnes âgées auraient peut-être produit un effet sur leur sentiment de présence, visible par une différence intergroupe significative. Enfin, l'administration du QESC pourrait avoir eu une influence sur le sentiment de présence. En effet, le QESC est administré *in virtuo* ce qui implique un désengagement du focus attentionnel des stimuli environnementaux virtuels vers un engagement sur la tâche d'estimation de l'intensité des symptômes perçus. Ceci aurait pu donc avoir diminué l'intensité du sentiment de présence. Cet effet reste hypothétique et difficilement mesurable dans le cadre de notre étude, mais demeure pertinent à souligner. Le temps de passation du QESC est toutefois très court (inférieur à une minute) ce qui laisse penser que son impact éventuel aurait été limité. De plus, il aurait affecté toutes les conditions et les groupes d'âge de la même manière. Les résultats suggèrent cependant qu'il y a un effet de l'âge sur la prédisposition à exploiter pleinement la VR, à savoir une propension à l'immersion en environnement virtuel inférieure à celle des adultes.

Les cybermalaises

L'analyse préliminaire de la validité du QESC a montré de bons indices de validité congruente avec le QC (méthode traditionnelle d'évaluation *pré - post* des cybermalaises). Les items *nausées* et *vertiges* ainsi que le score total étaient corrélés avec le QC dans les deux groupes d'âge. L'item *céphalées* était corrélé dans le groupe *Aînés* uniquement. Ces résultats sont similaires à ceux rapportés par Keshavarz et Hecht (2011) ayant utilisé cette méthodologie. En effet, ces auteurs avaient utilisé le « *Simulator Sickness Questionnaire* » de Kennedy et al. (1993) (similaire au QC) pour étudier la validité d'un questionnaire d'évaluation des symptômes *in virtuo* (similaire au QESC).

Concernant l'évaluation traditionnelle *pré-post* des cybermalaises (avec le QC), nos résultats n'ont pas montré d'effet de l'âge sur l'intensité. Ces résultats vont dans le sens de plusieurs études avec ou sans comparaison intergroupe (Benoit et al., 2015, Mendez et al., 2015). Toutefois, il est important de noter que cette question fait débat et qu'un bon nombre d'auteurs ont soulevé la question de la sensibilité des personnes âgées aux cybermalaises (Brooks et al., 2010; Domeyer et al., 2013; Kennedy et al., 1993; North et al., 1997). Plusieurs facteurs interviennent dans la genèse des symptômes induits par la RV comme la durée d'immersion, le type de technologie ainsi que la fréquence et l'intensité des mouvements exigés par la tâche (Bloch et al., 2013; Domeyer et al., 2013; Kim et al., 2012; North et al., 1997). L'absence de différences entre nos groupes d'âge est possiblement liée à la durée d'immersion relativement courte (quinze minutes) ainsi qu'à une taille d'effet modeste. De plus, l'intensité du balayage visuel en début d'immersion était réduite au possible pour chaque groupe. Il était demandé aux participants d'éviter les mouvements rapides et amples en début de tâche, pour justement limiter l'apparition trop brutale de symptômes. Par ailleurs, les différences entre les groupes d'âge semblent plus évidentes lorsqu'il s'agit du mal du simulateur comparativement aux cybermalaises. Kawano et al. (2012), sur un simulateur de

conduite, montraient que la fréquence des symptômes était plus élevée chez les personnes âgées (29,4%) que chez les jeunes adultes (6,7%), avec 17,6% participants âgés ayant dû abandonner. Dans le même sens, toujours sur une simulation de conduite automobile, Keshavarz et al. (2018) ont récemment montré que les participants âgés développaient plus d'effets secondaires que les jeunes et qu'il leur fallait plus de temps pour récupérer de la session. Les personnes âgées seraient donc plus sensibles au mal du simulateur. Rappelons que le mal du simulateur et les cybermalaises partagent une sémiologie similaire, dont la principale différence est la prédominance des symptômes (Rebenitsch & Owen, 2016). Concernant les effets de l'âge sur la sensibilité aux cybermalaises, une analyse symptôme par symptôme, telle que réalisée dans cet essai doctoral, apporte un éclairage supplémentaire.

Afin de mieux comprendre comment les symptômes évoluent individuellement durant l'immersion, nous avons utilisé le QESC. Une augmentation des symptômes dans leur ensemble a été mise en évidence par le QESC chez nos deux groupes d'âge. Ces résultats appuient les données obtenues par Keshavarz et Hecht (2011), qui en utilisant trois items administrés *in virtuo* (« nausées », « inconfort général » et « problèmes d'estomac ») ont également montré un effet du temps sur une immersion de vingt minutes. De plus, notre analyse des symptômes pris indépendamment ajoute un résultat très intéressant. Durant l'immersion, les symptômes évoluaient différemment dans le temps chez les personnes âgées. Les vertiges augmentaient plus rapidement avec un écart significatif avec les adultes à partir de cinq minutes d'immersion. Il n'y avait pas de différences pour les nausées, les céphalées et le stress perçu. À notre connaissance, c'est la première fois qu'une étude montre une évolution différenciée des symptômes des cybermalaises selon l'âge durant une immersion. Par ailleurs, ce résultat rejoint les observations qualitatives du comportement des participants en immersion, puisque trois personnes âgées dans la condition *Voûte* ont ressenti le besoin de tenir momentanément le bras de l'expérimentateur pour se sentir plus stables.

Ces résultats sur la mesure des vertiges pourraient s'expliquer par une différence physiologique liée à l'âge. La prévalence des vertiges augmente considérablement au cours du vieillissement (Fernández, Breinbauer & Delano, 2015). L'origine est liée à la détérioration de la fonction vestibulaire (impliquée dans la gestion de l'équilibre) en raison de la dégénérescence des cellules nerveuses avec l'âge (Iwasaki & Yamasoba, 2015). Il a depuis longtemps été démontré que les personnes âgées présentaient des capacités de gestion de l'équilibre fortement diminuées en conditions d'informations sensorielles conflictuelles ou réduites (Woollacott, Shumway-Cook, & Nashner, 1986). Ces conditions sont retrouvées lors d'une immersion virtuelle. Outre cette spécificité physiologique liée au vieillissement, une théorie peut également nous éclairer sur ces résultats: la théorie de « *l'instabilité posturale* ». Riccio et Stoffregen (1991) ont proposé une explication alternative à la théorie des « *conflits sensoriels* » critiquée pour sa faible validité prédictive dans l'apparition des cybermalaises. Selon leur proposition, l'apparition des cybermalaises serait liée à un défaut initial des systèmes de gestion posturale *in virtuo* (Riccio & Stoffregen, 1991). En effet, il a été mis en évidence que des changements posturaux ainsi qu'une instabilité des segments du corps précèdent l'apparition des cybermalaises perçus (Smart, Stoffregen & Bardy, 2002). Tyrrell et al., (2017) ont récemment montré que sur une population âgée d'une cinquantaine années et présentant une pathologie du système vestibulaire, l'incidence des cybermalaises était nettement plus élevée comparativement à un groupe asymptomatique. Nous pouvons ainsi penser que les personnes âgées soient plus sensibles aux effets secondaires de la RV en raison des contraintes exercées sur leur système vestibulaire plus fragile lors des immersions. Ceci occasionnerait l'apparition plus rapide de vertiges lors des premières minutes d'immersion, comme l'indiquent les résultats du QESC.

La réponse émotionnelle selon l'âge et ses relations avec l'attitude face à la technologie

L'immersion virtuelle induit une augmentation de la réponse cardiaque et électrodermale chez les deux groupes d'âge de cette étude de manière indifférenciée. La réponse au stress augmente donc au moment de l'immersion sans effet de l'âge observé. Les changements physiologiques mesurés sur la réponse hormonale durant l'expérience suggèrent que l'utilisation de la RV active davantage l'axe HHS des personnes âgées. Les taux de cortisol se maintenaient dans le temps chez les personnes âgées alors qu'ils diminuaient significativement chez les adultes. À notre connaissance, aucune étude n'a spécifiquement évalué l'impact d'une immersion au moyen d'un environnement virtuel neutre (sans stimuli anxiogènes connus) sur la réponse hormonale au stress selon l'âge. Classiquement, les études utilisent ces mesures pour tester l'efficacité des stimuli virtuels censés induire une réponse au stress chez l'individu. La validité des mesures psychophysiologiques incluant une mesure hormonale obtient d'excellentes critiques (Kirschbaum & Hellhammer, 1994; Norrholm et al., 2016) nous permettant de supposer, sur la base de ces résultats préliminaires, que les personnes âgées sont plus stressées face à l'utilisation de la RV. Partant de ce constat, nous avons réalisé une analyse corrélationnelle afin d'identifier les facteurs susceptibles d'être impliqués dans cette réponse au stress.

L'un des points importants de nos résultats concerne les corrélations entre l'expérience avec les technologies, le sentiment d'efficacité et la réponse hormonale au stress. Les échelles *Expérience* et *Efficacité* du QAT étaient négativement corrélées aux deux premiers temps de mesure du cortisol (c'est-à-dire avant les immersions en RV). Ces résultats montrent que moins les personnes âgées étaient familières avec les nouvelles technologies, plus elles appréhendaient l'utilisation de la RV. De même, moins elles rapportaient se sentir efficace avec les technologies, plus elles appréhendaient l'immersion. Notre étude confirme

donc les liens décrits dans la littérature entre le sentiment d'efficacité, la familiarité et la réponse au stress et l'anxiété à l'égard des technologies chez les aînés (Sengpiel & Jochems, 2015; Yagil, Cohen, & Beer, 2016). Ces associations pourraient être davantage liées à une question de génération qu'à un effet de l'âge en tant que tel. En effet, ces corrélations n'ont pas été retrouvées chez notre groupe d'adulte. L'explication pourrait être liée à l'expérience rapportée à l'âge de l'individu. Les participants du groupe *Adultes* ont rapporté en moyenne avoir utilisé un ordinateur pour la première fois à l'âge de neuf ans, ce qui correspondant à la transition entre l'enfance et l'adolescence (Sawyer, Azzopardi, Wickremarathne, & Patton, 2018). C'est une période à laquelle les apprentissages sont multiples et se font de manière très efficace. La moyenne était de cinquante ans pour notre groupe *Aînés*. Les participants adultes ont donc passé près de la moitié de leur vie à utiliser les technologies plus longtemps, plus fréquemment et sur une diversité de support plus large que les aînés de notre étude. Des auteurs ont rapporté que l'âge en tant que tel occupe une place moins importante que l'expérience d'utilisateur et le sentiment d'efficacité dans l'anxiété à l'égard des technologies (Fernández-Ardèvol & Ivan, 2015). Nous pouvons donc penser qu'à partir d'un certain niveau d'expertise (comme celui des adultes de la présente étude) les différences de niveau d'expérience n'influencent plus la réponse au stress face à la RV de la même façon. Les générations suivantes auront peut-être un rapport aux technologies très différent, peut être moins anxiogène que la génération actuelle étant donné que leur niveau d'expérience sera nettement supérieur.

L'effet du type de technologie sur l'utilisateur

Les deux conditions expérimentales avaient pour but de vérifier s'il y avait un effet de la présence du matériel sur soi selon le groupe d'âge. Deux types de technologie ont été utilisés: le casque immersif et la voûte. Le casque immersif présente un encombrement plus

important en termes de poids et de volume sur soi que l'équipement utilisé dans la voûte. Les deux technologies proposent un degré d'immersion élevé.

Les résultats n'ont montré aucun effet du type de technologie utilisé selon l'âge au niveau de l'évolution et de l'intensité des cybermalaises. Ceci s'oppose aux données disponibles sur la question. En effet, Kim et al., (2014) ont montré que les cybermalaises sont plus élevés avec un casque qu'avec une voûte immersive. Rebenitsch & Owen (2016) indiquent cependant que les études sur les cybermalaises ayant fait des comparaisons entre différents types de technologies l'ont réalisé avec du matériel d'ancienne génération et très tributaire de la tâche. Plusieurs aspects comme la stéréoscopie (versus monoscopie), certains réglages manuels (espace interpupillaire) ou la largeur du champ visuel ne correspondent plus aux standards actuels. Or, ils sont fortement impliqués dans l'apparition des cybermalaises. Nous savons que le taux de rafraichissement de l'image et la géométrie de l'écran jouent également un rôle important (Allison et al., 2001; Bridgeman et al., 2014; Draper et al., 2001). Les casques de nouvelles générations comme celui que nous avons utilisé ont considérablement évolué. Si nous comparons notre matériel (le HTC Vive Standard) à celui de Kim et al., (2014) ayant trouvé des différences entre technologies (en utilisant le casque emagin z800 3d Visor), nous obtenons respectivement une résolution d'écran de 1200x1080 contre 800x600, un taux de rafraichissement de 90 *Hertz* contre 60 *hertz* et un champ de vision de 110° contre 40°. Ces différences sont très importantes, car ces paramètres sont connus pour influencer les cybermalaises. Ceci pourrait donc avoir un effet sur l'apparition des symptômes dans la condition *Casque*, réduisant ainsi les différences interconditions mesurables. À notre connaissance, aucune étude n'a proposé des comparaisons sur des environnements non anxiogènes avec un matériel récent comparable au nôtre. Un autre aspect pourrait également être impliqué dans nos résultats. Il est possible que l'absence de différences entre les deux conditions soit liée à une durée d'immersion courte, puisque la

plupart des études avaient des durées d'immersion plus longues que 15 minutes. En effet, nous avons noté que quelques participants âgés se sont plaints du poids du casque et d'inconforts au niveau du cou. Utilisant un casque immersif comparable au notre (Oculus Rift), une récente étude a montré une incidence plus élevée des cybermalaises en cas de douleurs cervicales (Tyrrell et al., 2017). Cette étude utilisait des sessions de trente minutes donc deux fois supérieures à la nôtre.

Concernant le sentiment de présence, il n'y avait pas de différences entre les conditions. Nous savons que la voûte est décrite comme offrant un sentiment de présence supérieur au casque immersif (Juan & Pérez, 2009). Toutefois, dans notre condition utilisant cette technologie, l'expérimentateur se trouvait à l'intérieur du cube avec le participant et pouvait à l'occasion se trouver dans son champ de vision. Dans notre condition utilisant le casque, l'expérimentateur ne pouvait pas être visible. Cet élément peut avoir réduit le sentiment de présence des participants de la condition *Voûte* spécifiquement. L'utilisation d'un microphone aurait pu corriger cet aspect. Les participants auraient pu être seuls avec la voix de l'expérimentateur dans le casque audio. C'est pour des raisons de sécurité que la présence de l'expérimentateur était nécessaire (pour prévenir les pertes d'équilibres ou veiller à ce qu'ils ne heurtent pas les murs de la voûte).

Nous n'avons pas trouvé de différence entre les conditions selon l'âge concernant l'intensité de la réponse au stress que ce soit la FC, la RED ou la réponse hormonale. Nous pensons que les différences d'interface matérielle (c'est-à-dire l'équipement comme la manette pour les déplacements) entre les deux conditions n'étaient pas suffisamment importantes pour générer une réaction émotionnelle ainsi qu'une réponse hormonale différentes. Plusieurs données ont montré que l'utilisation d'une interface tactile avait un effet positif sur l'anxiété des personnes âgées (Schneider, Wilkes, Grandt, & Schlick, 2008; Umemuro, 2004). En effet, l'utilisation est simplifiée puisqu'on supprime un intermédiaire

(par exemple un curseur) en utilisant directement les doigts de la main. Dans notre étude, le moyen qu'avaient nos participants pour interagir avec l'environnement (par exemple ouvrir une porte) était identique dans les deux conditions (en pressant un bouton de la manette). En revanche, la différence importante était le port du casque immersif, contre des lunettes 3D pour notre condition *Voûte*. Nous pensons donc que le fait de porter un casque immersif n'était pas plus anxiogène que de porter de simples lunettes 3D. L'impact du port du casque sur la réponse au stress est un élément important sachant que la plupart des procédures en RV l'utilisent. Considérant cet aspect, davantage d'études sont nécessaires pour confirmer ces résultats, notamment au moyen d'échantillons plus grands.

Apports de l'étude et perspectives futures

Les données de cet essai doctoral soutiennent l'idée que les personnes âgées vivent l'expérience d'une immersion virtuelle différemment des adultes. Ces différences se manifestent notamment par une sensibilité aux vertiges plus importante et une réponse hormonale au stress plus élevée face à l'utilisation de la RV. Une meilleure compréhension de ces aspects apparait déterminante pour aboutir à des outils efficaces et adaptés à une utilisation en gériatrie, puisqu'ils peuvent affecter les bénéfices cliniques.

Les présents résultats montrent que l'évaluation traditionnelle des cybermalaises à l'aide de mesures auto-rapportées *pré - post* comporte une limite importante. Elle ne permet d'évaluer que ce qu'il se passe avant et après l'immersion. Nous n'avons pas trouvé de différences intergroupes sur la base de comparaisons de scores *pré - post* comme c'est le cas pour plusieurs études. Les résultats suggèrent cependant que les effets de l'âge sur les cybermalaises semblent se situer principalement dans la nature des symptômes et dans leur évolution *in virtuo*. Les études futures devront davantage considérer cet aspect dans la mesure des cybermalaises chez les personnes âgées. Dans ce contexte, le QESC apparait intéressant à développer et à utiliser plus largement dans le cadre de protocole RV sur une population âgée.

Il permet de mieux comprendre ce qu'il se passe pendant l'immersion, là où les différences d'âge semblent être plus évidentes selon les résultats de cet essai ainsi que ceux des précédentes études dont nous avons parlé. Mieux comprendre la façon dont les cybermalaises évoluent *in virtuo* chez les aînés permettrait d'ajuster les protocoles RV afin de minimiser les facteurs impliqués dans l'apparition des ceux-ci. Ceci pourrait se faire en testant les effets d'une augmentation progressive des déplacements *in virtuo* ou d'une diminution des mouvements entre cinq et dix minutes d'immersion pour permettre une adaptation plus progressive à l'environnement virtuel. Ceci est d'autant plus important que, tel que nous l'avons vu, les cybermalaises ont un impact sur les performances et peuvent mener à interrompre la tâche.

Concernant les différences liées à l'âge, les résultats suggèrent que la tolérance physique à l'immersion est plus faible pour les personnes âgées. Une immersion en RV semble mobiliser le système vestibulaire des personnes âgées de façon importante, occasionnant l'apparition plus rapide de vertiges. À notre connaissance, c'est la première fois qu'une étude montre une évolution différenciée des symptômes des cybermalaises selon l'âge durant une immersion. L'intérêt de la recherche et du développement d'interventions sur les troubles de l'équilibre étant en plein essor (Giladi, 2017; Lee Y., Choi, Lee, Song & Lee, S., 2017; Peterson, Rios & Ferris, 2018; Pirini et al., 2018; Porras, Siemonsma, Inzelberg, Zeilig, & Plotnik, 2018), il demeure indispensable d'explorer davantage la question pour soutenir les futures études de validité (validité écologique notamment). Des réponses intéressantes pourraient venir des recherches en imagerie par résonnance magnétique fonctionnelle s'intéressant aux corrélats neuraux des interventions RV et leurs effets physiologiques. Plusieurs études récentes montrent des patterns d'activation cérébrale différents dans le cadre d'intervention RV, sur des patients présentant des affections neurologiques acquises ou neurodégénératives (Ekman et al., 2018; Maidan et al., 2017; Saleh et al., 2017; Xiao et al.,

2017). Ces études apporteront un éclairage supplémentaire sur la façon dont la RV affecte le système nerveux des personnes âgées.

Concernant les aspects cognitifs, nous savons que les capacités de résolution de problèmes à l'aide d'un ordinateur sont moins efficaces chez les aînés (Hanson, 2010). Outre leur expérience plus faible, ceci soulève également la question de l'impact de l'outil sur le fonctionnement cognitif (Hanson, 2010). Il a depuis longtemps été établi que le stress et l'anxiété affectent sensiblement les fonctions cognitives et donc les performances aux tâches (Eysenck, Derakshan, Santos, & Calvo, 2007; Moran, 2016). Il est donc nécessaire d'identifier les utilisateurs susceptibles d'avoir une réponse au stress élevée face aux immersions virtuelles, puisqu'elle peut affecter l'intervention ou l'évaluation. C'est dans cette optique que le QAT prend tout son intérêt. En effet, le QAT est corrélé à la réponse hormonale au stress avant les immersions, c'est-à-dire indépendamment de la tâche RV et du type de technologie utilisée. Il peut donc être administré avant les immersions pour obtenir un profil d'utilisateur, ce qui laisse la possibilité d'adapter la procédure à l'individu. Des études supplémentaires doivent donc être menées afin de poursuivre le développement du QAT, puisqu'il constitue un apport non négligeable à la question de l'adaptation de la RV aux aînés. Plus spécifiquement, une étude avec un design expérimental incluant une analyse acheminatoire serait particulièrement contributive. Nous pouvons penser qu'un score limite au QAT puisse dans une certaine mesure prédire un certain niveau de stress, puis la baisse de performances cognitives qui en résulte. Ceci serait un atout clinique important.

Davantage d'études sont donc nécessaires pour mieux comprendre les effets de la RV chez les personnes âgées et ainsi améliorer les protocoles puisque, outre ses fragilités, cette population présente également des atouts pour envisager bénéficier des apports de cet outil. Les modèles du vieillissement cérébral illustrent bien cet aspect et permettent de comprendre pourquoi les interventions fonctionnent en clinique gériatrique et pourquoi cela pourrait

également être le cas avec la RV. En effet, le cerveau des personnes âgées fonctionne différemment, mais surtout il évolue et s'adapte aux tâches. Plus spécifiquement, selon le modèle « HAROLD » (*Hemispheric Asymmetry Reduction in Older Adults*), l'activité du cortex préfrontal est moins latéralisée en conditions similaires chez les personnes âgées comparativement aux adultes (Cabeza, 2002). Lors de l'exécution d'une tâche impliquant des structures neurales spécialisées, les régions controlatérales sont recrutées afin de soutenir l'effort réalisé (Cabeza, 2002). Grace à cette redistribution des ressources neurales, une meilleure performance à la tâche en question est obtenue. Selon l'hypothèse « CRUNCH » (*Compensation Related Utilization of Neural Circuits Hypothesis*), lors d'une tâche couteuse sur le plan cognitif, les besoins en ressources neurales plus importants chez les aînés que les adultes vont entrainer une réadaptation du fonctionnement des structures en réponse (Reuter-Lorenz & Cappell, 2008). Davantage de régions spécialisées vont dans un premier temps être mobilisées, puis d'autres réseaux vont être recrutés en soutien, même si ces derniers ne sont pas initialement spécialisés pour la tâche en question (Reuter-Lorenz & Cappell, 2008). Ces évidences soutiennent l'idée d'une plasticité cérébrale toujours opérante chez les aînés. La plasticité cérébrale est un concept mettant en lumière les substrats neurobiologiques nécessaires aux changements souhaités en intervention. Dans cette optique, une récente méta-analyse conclut que les formes d'interventions multidomaines (*in vivo*) des patients atteints de troubles neurocognitifs légers montrent de bons résultats (Sherman, Mauser, Nuno, & Sherzai, 2017). En effet, ces interventions stimulent le recrutement de processus neuraux alternatifs permettant aux réseaux initiaux de répondre simultanément aux exigences d'une tâche donnée (Sherman et al., 2017). Ainsi, ces données et modèles neurobiologiques du vieillissement cérébral nous permettent d'envisager qu'en adaptant les protocoles des interventions utilisant la RV des résultats encourageants sont possibles chez les cohortes futures.

Limites méthodologiques

Les résultats de cette étude sont de nature préliminaire. Les interprétations ont tenu compte de cet aspect ainsi que des limites méthodologiques qui ont pu être identifiées. Bien qu'elle soit tout à fait respectable pour le cadre des exigences de l'essai doctoral, la taille de notre échantillon constitue notre première limite méthodologique. Malgré le nombre de résultats significatifs très intéressants avec des tailles d'effet élevées, il est important d'avoir à l'esprit que cette limite peut avoir participé à l'obtention de certains résultats non significatifs. Des études supplémentaires sont donc nécessaires pour répliquer ces résultats sur de plus grands groupes afin de confirmer ces données. L'autre limite liée à l'échantillon concerne les caractéristiques du groupe de personnes âgées. Les critères d'exclusions étaient rigoureux sur le plan des antécédents médicaux et de la consommation de médicaments. La prévalence de ces deux facteurs augmente avec l'âge (Hajjar, Cafiero, & Hanlon, 2007), ce qui pose immédiatement la question de la représentativité de notre échantillon. Il est important de noter que ces facteurs influencent le fonctionnement des systèmes physiologiques que nous avons étudié, pouvant constituer une variable parasite qui aurait considérablement limité l'interprétation des résultats. Il était donc indispensable de contrôler cet aspect. Toutefois, la population âgée est très hétérogène. Entre soixante-cinq et quatre-vingt-dix ans, les effets psychophysiologiques du vieillissement normal sont tellement différents qu'on parle de « troisième âge » puis de « quatrième âge » (Dasoki, Morselli, & Spini, 2016). Notre échantillon couvrant ces deux périodes d'âges, l'hétérogénéité inhérente à cette population est davantage représentée dans le groupe *Aînés*.

La seconde limite concerne la validité des outils de mesures que nous avons créés pour les besoins de l'étude. Nous avons vu que la définition de l'attitude à l'égard des technologies est très complexe. Ceci pose immédiatement la question de la validité de construit du QAT (à savoir « que mesure-t-on exactement ? »). Il existe un grand nombre d'outils de mesure de

l'attitude à l'égard des ordinateurs (ou autres supports) qui finalement évaluent certains aspects du même construit (Garland & Noyes, 2008). Ainsi, il a été choisi d'explorer l'attitude à travers quatre composantes décrites comme jouant un rôle majeur dans le comportement face aux technologies. Une analyse préliminaire de la validité et de la fidélité a été proposée et a révélé des résultats encourageants. Toutefois, une étude solide de la validité doit être réalisée. Il est important de noter que l'ensemble du QAT n'est pas affecté de la même façon par cette faiblesse liée à la validité de construit. En effet, il a été mis en évidence des différences de scores avec des tailles d'effet élevées sur des construits très concrets laissant peu de doute sur ce que nous évaluons (par exemple, la fréquence d'utilisation, le nombre d'heures d'utilisation ou le nombre de supports informatiques utilisés).

Les mêmes observations relatives à la validité concernent le deuxième questionnaire créé pour l'étude, le QESC. Nous avons cependant obtenu des résultats très proches de ceux rapportés par Keshavarz et Hecht (2011) utilisant une méthode similaire. Outre la validité, une limite propre au QESC est qu'il oblige l'individu à se concentrer sur des sensations négatives (« *ressentez-vous un inconfort au niveau des yeux ou de la tête ?* »). Il est possible que cette orientation de l'attention sur les symptômes éventuels ait pour effet de majorer l'intensité des effets secondaires négatifs perçus. Cependant, la surestimation des symptômes devrait affecter les deux groupes. Ceci devrait donc avoir moins d'incidence dans le cadre de comparaisons intergroupes comme c'est le cas pour la présente étude. En revanche, si l'objectif était de quantifier l'intensité des symptômes chez un groupe unique, cette faiblesse prendrait toute son importance. Les études futures devront considérer cet élément.

Chapitre V

CONCLUSION

Ce travail apporte de nouvelles évidences suggérant que les changements psychophysiologiques liés à l'âge influencent l'expérience d'une immersion en RV. Nous avons montré une évolution différenciée des symptômes liés aux cybermalaises selon l'âge durant une immersion virtuelle. Les vertiges augmentent plus rapidement chez les personnes âgées. Ces données vont dans le sens de la « *théorie de l'instabilité posturale* » de Riccio & Stoffregen (1991) relative à la genèse des cybermalaises et s'expliquent par les changements bien connus de la fonction vestibulaire dans le vieillissement normal. Les différences liées à l'âge ne s'arrêtent pas là. Nous avons suivi l'évolution d'un biomarqueur hormonal du stress durant l'expérience qui indique que les personnes âgées sont plus stressées dans un contexte d'utilisation de la RV. L'attitude à l'égard des technologies du quotidien se révèle être un facteur clé dans la façon dont les personnes âgées approchent la RV. Une association propre à ce groupe d'âge a été trouvée entre l'expérience avec les technologies et la réponse hormonale au stress avant l'immersion virtuelle. Plus l'expérience avec les technologies est faible, plus le taux de cortisol est élevé, c'est-à-dire plus les personnes âgées appréhendent l'utilisation de la RV. Un effet de cohorte associé à un âge plus avancé auquel un ordinateur a été manipulé pour la première fois est un début d'explication plausible. Ces résultats, bien que de nature préliminaire, suggèrent qu'il soit essentiel d'adapter les futures procédures RV à vocation clinique en gériatrie, puisqu'elles affectent le stress et les vertiges différemment. Des études supplémentaires sont nécessaires pour confirmer ces résultats et développer les outils ayant contribué à leur mise en évidence.

RÉFÉRENCES

Allison, R. S., Harris, L. R., Jenkin, M., Jasiobedzka, U., & Zacher, J. E. (2001, March). Tolerance of temporal delay in virtual environments. In: M. Hirose, B. Lok, A. Majumder, & D. Schmalstieg (Eds.), *Proceedings of IEEE Virtual Reality 2001*. (pp. 247-254). Piscataway, NJ,: IEEE.

Andreassi, J. L. (2010). *Psychophysiology: Human behavior and physiological response*. New York: Psychology Press.

Anguera, J. A., Boccanfuso, J., Rintoul, J. L., Al-Hashimi, O., Faraji, F., Janowich, J., ... & Gazzaley, A. (2013). Video game training enhances cognitive control in older adults. *Nature, 501*(7465), 97-101.

Banville, F., Couture, J. F., Verhulst, E., Besnard, J., Richard, P., & Allain, P. (2017, July). Using Virtual Reality to Assess the Elderly: The Impact of Human-Computer Interfaces on Cognition. In : S. Yamamoto (Ed.), *Human Interface and the Management of Information: Supporting Learning, Decision-Making and Collaboration*. HIMI 2017. Lecture Notes in Computer Science, vol 10274 (pp. 113-123). Springer, Cham

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. (1998). Inventaire de Dépression de Beck (2ème éd.): Manuel Beck Depression Inventory: Manual. Paris: Editions du Centre de Psychologie Appliquée (ECPA).

Beckers, J. J., & Schmidt, H. G. (2001). The structure of computer anxiety: A six-factor model. *Computers in Human Behavior*, *17*(1), 35-49.

Benoit, M., Guerchouche, R., Petit, P. D., Chapoulie, E., Manera, V., Chaurasia, G., ... & Robert, P. (2015). Is it possible to use highly realistic virtual reality in the elderly? A feasibility study with image-based rendering. *Neuropsychiatric Disease and Treatment*, *11*, 557–563.

Biocca, F. (2003, May). Can we resolve the book, the physical reality, and the dream state problems? From the two-pole to a three-pole model of shifts in presence. Invited talk presented at *EU Future and Emerging Technologies, Presence Initiative Meeting, Venice, Italy*.

Blade, R. A., & Padgett, M. L. (2002). Virtual environments standards and terminology. In: K. M. Stanney (Ed.), *Handbook of virtual environments: Design, implementation, and applications* (pp. 15-27). Mahawah, New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates.

Bloch, F., Rigaud, A. S., & Kemoun, G. (2013). Virtual Reality Exposure Therapy in posttraumatic stress disorder: A brief review to open new opportunities for post-fall syndrome in elderly subjects. *European Geriatric Medicine*, *4*(6), 427-430.

Bouchard, S., Bernier, F., Boivin, E., Dumoulin, S., Laforest, M., Guitard, T., ... & Renaud, P. (2013). Empathy toward virtual humans depicting a known or unknown person expressing pain. *Cyberpsychology, Behavior, and Social Networking, 16*(1), 61-71.

Bouchard, S., Gauthier, J., Ivers, H., & Paradis, J. (1996). Adaptation de l'inventaire d'anxiété situationnelle et de trait d'anxiété aux personnes âgées de 65 ans et plus (IASTA-Y65+). *Canadian Journal on Aging/La Revue canadienne du vieillissement*, *15*(4), 500-513.

Bouchard, S., Robillard, G., & Renaud, P. (2007). Revising the factor structure of the Simulator Sickness Questionnaire. *Annual Review of CyberTherapy and Telemedicine, 5*, 128-137.

Bourque, P., Blanchard, L., & Vézina, J. (1990). Étude psychométrique de l'Échelle de dépression gériatrique. *Canadian Journal on Aging/La Revue canadienne du vieillissement, 9*(04), 348-355.

Bowman, D. A., & McMahan, R. P. (2007). Virtual reality: how much immersion is enough?. *Computer, 40*(7), 36-43.

Bozionelos, N. (2001). The relationship of instrumental and expressive traits with computer anxiety. *Personality and Individual Differences, 31*(6), 955-974.

Bridgeman, B., Blaesi, S., & Campusano, R. (2014). Optical correction reduces simulator sickness in a driving environment. *Human Factors: The Journal of the Human Factors and Ergonomics Society*, 56(8), 1472-1481.

Brooks, J. O., Goodenough, R. R., Crisler, M. C., Klein, N. D., Alley, R. L., Koon, B. L., ... & Wills, R. F. (2010). Simulator sickness during driving simulation studies. *Accident Analysis & Prevention*, *42*(3), 788-796.

Buche, M. W., Davis, L. R., & Vician, C. (2007). A longitudinal investigation of the effects of computer anxiety on performance in a computing-intensive environment. *Journal of Information Systems Education*, *18*(4), 415-423.

Cabeza, R. (2002). Hemispheric asymmetry reduction in older adults: the HAROLD model. *Psychology and Aging*, *17*(1), 85-100.

Campbell, Z., Zakzanis, K. K., Jovanovski, D., Joordens, S., Mraz, R., & Graham, S. J. (2009). Utilizing virtual reality to improve the ecological validity of clinical neuropsychology: an FMRI case study elucidating the neural basis of planning by comparing the Tower of London with a three-dimensional navigation task. *Applied Neuropsychology, 16*(4), 295-306.

Chaytor, N., & Schmitter-Edgecombe, M. (2003). The ecological validity of neuropsychological tests: A review of the literature on everyday cognitive skills. *Neuropsychology Review, 13*(4), 181-197.

Cherniack, E. P. (2011). Not just fun and games: applications of virtual reality in the identification and rehabilitation of cognitive disorders of the elderly. *Disability & Rehabilitation: Assistive Technology*, *6*(4), 283-289.

Dasoki, N., Morselli, D., & Spini, D. (2016). La mémoire autobiographique à travers le parcours de vie: évaluation rétrospective du bonheur et de la vulnérabilité. *Canadian Journal on Aging/La Revue Canadienne du Vieillissement*, *35*(3), 308-318.

De Dieuleveult, A. L., Siemonsma, P. C., van Erp, J. B., & Brouwer, A. M. (2017). Effects of aging in multisensory integration: a systematic review. *Frontiers in Aging Neuroscience*, *9*, 80.

Diemer, J., Mühlberger, A., Pauli, P., & Zwanzger, P. (2014). Virtual reality exposure in anxiety disorders: Impact on psychophysiological reactivity. *The World Journal of Biological Psychiatry*, *15*(6), 427-442.

Dinh, H. Q., Walker, N., Song, C., Kobayashi, A., & Hodges, L. F. (1999, March). Evaluating the importance of multi-sensory input on memory and the sense of presence in virtual environments. In *Proceedings Virtual Reality Conference, IEEE (1999)*, (pp. 222).

Domeyer, J. E., Cassavaugh, N. D., & Backs, R. W. (2013). The use of adaptation to reduce simulator sickness in driving assessment and research. *Accident Analysis and Prevention*, *53*, 127-132.

Draper, M. H., Viirre, E. S., Furness, T. A., & Gawron, V. J. (2001). Effects of image scale and system time delay on simulator sickness within head-coupled virtual environments. *Human Factors: The Journal of the Human Factors and Ergonomics Society*, *43*(1), 129-146.

Durndell, A., & Haag, Z. (2002). Computer self efficacy, computer anxiety, attitudes towards the Internet and reported experience with the Internet, by gender, in an East European sample. *Computers in Human Behavior*, *18*(5), 521-535.

Ekman, U., Fordell, H., Eriksson, J., Lenfeldt, N., Wåhlin, A., Eklund, A., & Malm, J. (2018). Increase of frontal neuronal activity in chronic neglect after training in virtual reality. *Acta Neurologica Scandinavica, 138*(4), 284-292.

Elliott, K., Meng, G., & Hall, M. (2012). The influence of technology readiness on the evaluation of self-service technology attributes and resulting attitude toward technology usage. *Services Marketing Quarterly, 33*(4), 311-329.

Eysenck, M. W., Derakshan, N., Santos, R., & Calvo, M. G. (2007). Anxiety and cognitive performance: attentional control theory. *Emotion*, *7*(2), 336.

Fernández-Ardèvol, M., & Ivan, L. (2015, August). Why age is not that important? An ageing perspective on computer anxiety. In : J. Zhou, G. Salvendy (Eds.), *Human Aspects of IT for the Aged Population. Design for Aging*. ITAP 2015. Lecture Notes in Computer Science, vol 9193 (pp. 189-200). Springer, Cham.

Fernández, L., Breinbauer, H. A., & Delano, P. H. (2015). Vertigo and dizziness in the elderly. *Frontiers in Neurology*, *6*, 144.

Forget, H., Paré, J., Bouchard, S., Goulet, A., Isere, S. (2015, March). *L'évaluation du déclin cognitif chez les âgées à l'aide du Virtual Multitasking Test (V-MT).* Oral presentation at 37e congrès de la Société québécoise pour la recherche en psychologie (SQRP). Gatineau, QC, Canada.

Freiherr, J., Lundström, J. N., Habel, U., & Reetz, K. (2013). Multisensory integration mechanisms during aging. *Frontiers in Human Neuroscience*, *7*, 863.

Garland, K. J., & Noyes, J. M. (2008). Computer attitude scales: How relevant today? *Computers in Human Behavior*, *24*(2), 563-575.

Gatti, F. M., Brivio, E., & Galimberti, C. (2017). “The future is ours too”: A training process to enable the learning perception and increase self-efficacy in the use of tablets in the elderly. *Educational Gerontology*, *43*(4), 209-224.

Gauthier, J., & Bouchard, S. (1993). Adaptation canadienne-française de la forme révisée du State–Trait Anxiety Inventory de Spielberger. *Canadian Journal of Behavioural Science/Revue canadienne des sciences du comportement*, *25*(4), 559.

Gazzaley, A. (2013). Top-down modulation deficit in the aging brain: An emerging theory of cognitive aging. RT KnightDT Stuss. *Principles of Frontal Lobe Function*, 593-608.

Giladi, N. (2017). Improved mobility and reduced fall risk in older adults after five weeks of virtual reality training. *Journal of Alternative Medicine Research*, *9*(2), 171.

Gonçalves, R., Pedrozo, A. L., Coutinho, E. S. F., Figueira, I., & Ventura, P. (2012). Efficacy of virtual reality exposure therapy in the treatment of PTSD: a systematic review. *PloS one*, *7*(12), e48469.

Gonzalez, A., Ramirez, M. P., & Viadel, V. (2012). Attitudes of the elderly toward information and communications technologies. *Educational Gerontology*, *38*(9), 585-594.

Greenwood, P. M., & Parasuraman, R. (1994). Attentional disengagement deficit in nondemented elderly over 75 years of age. *Aging, Neuropsychology, and Cognition, 1*(3), 188-202.

Hajjar, E. R., Cafiero, A. C., & Hanlon, J. T. (2007). Polypharmacy in elderly patients. *The American Journal of Geriatric Pharmacotherapy*, *5*(4), 345-351.

Hanson, V. L. (2010). Influencing technology adoption by older adults. *Interacting with Computers*, *22*(6), 502-509.

Heinssen Jr, R. K., Glass, C. R., & Knight, L. A. (1987). Assessing computer anxiety: Development and validation of the computer anxiety rating scale. *Computers in*

Human Behavior, *3*(1), 49-59.

Hill, R., Betts, L. R., & Gardner, S. E. (2015). Older adults' experiences and perceptions of digital technology:(Dis) empowerment, wellbeing, and inclusion. *Computers in Human Behavior*, *48*, 415-423.

Huber, L., & Watson, C. (2014). Technology: Education and training needs of older adults. *Educational Gerontology*, *40*(1), 16-25.

Igbaria, M., & Iivari, J. (1995). The effects of self-efficacy on computer usage. *Omega*, *23*(6), 587-605.

Iriarte, Y., Diaz-Orueta, U., Cueto, E., Irazustabarrena, P., Banterla, F., & Climent, G. (2016). AULA—advanced virtual reality tool for the assessment of attention: normative study in Spain. *Journal of Attention Disorders, 20*(6), 542-568.

Iwasaki, S., & Yamasoba, T. (2015). Dizziness and imbalance in the elderly: age-related decline in the vestibular system. *Aging and Disease*, *6*(1), 38-47.

Jack, D., Boian, R., Merians, A. S., Tremaine, M., Burdea, G. C., Adamovich, S. V., ... & Poizner, H. (2001). Virtual reality-enhanced stroke rehabilitation. *IEEE Transactions on Neural Systems and Rehabilitation Engineering, 9*(3), 308-318.

Jansari, A. S., Devlin, A., Agnew, R., Akesson, K., Murphy, L., & Leadbetter, T. (2014). Ecological Assessment of Executive Functions: A New Virtual Reality Paradigm. *Brain Impairment, 15*(02), 71-87.

Juan, M., & Pérez, D. (2009). Comparison of the Levels of Presence and Anxiety in an Acrophobic Environment Viewed via HMD or CAVE. *Presence, 18*(3), 232-248.

Juan, M. C., & Pérez, D. (2010). Using augmented and virtual reality for the development of acrophobic scenarios. Comparison of the levels of presence and anxiety. *Computers & Graphics*, *34*(6), 756-766.

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. *Aging Clinical and Experimental Research*, *24*(3), 285-289.

Kennedy, R.S., Lane, N.E., Berbaum, K.S., & Lilienthal, M.G. (1993). Simulator Sickness Questionnaire: An enhanced method for quantifying simulator sickness. *International Journal of Aviation Psychology, 3*(3), 203-220.

Keshavarz, B., & Hecht, H. (2011). Validating an efficient method to quantify motion sickness. *Human Factors*, *53*(4), 415-426.

Keshavarz, B., Ramkhalawansingh, R., Haycock, B., Shahab, S., & Campos, J. L. (2018). Comparing simulator sickness in younger and older adults during simulated driving under different multisensory conditions. *Transportation research part F: traffic psychology and behaviour*, *54*, 47-62.

Kim, K., Rosenthal, M. Z., Zielinski, D. J., & Brady, R. (2014). Effects of virtual environment platforms on emotional responses. *Computer Methods and Programs in Biomedicine*, *113*(3), 882-893.

Kim, K., Rosenthal, M. Z., Zielinski, D., & Brady, R. (2012, March). *Comparison of desktop, head mounted display, and six wall fully immersive systems using a stressful task.* Poster presented at Virtual Reality Conference, IEEE (2012) Costa Mesa, CA, USA.

Kim, T., & Biocca, F. (1997). Telepresence via television : Two dimensions of telepresence may have different connections to memory and persuasion. *Journal of Computer-Mediated Communication, 3*(2).

Kirschbaum, C., & Hellhammer, D. H. (1994). Salivary cortisol in psychoneuroendocrine research: recent developments and applications. *Psychoneuroendocrinology*, *19*(4), 313-333.

Krijn, M., Emmelkamp, P. M. G., Biemond, R., Wilde de Ligny, C., Schuemie, M. J., & van der Mast, C. A. P. G. (2004). Treatment of acrophobia in virtual reality: The role of immersion and presence. *Behavior Research and Therapy, 42*(2), 229–239.

Lackner, J. R. (2014). Motion sickness: more than nausea and vomiting. *Experimental Brain Research, 232*(8), 2493-2510.

Laguna, K., & Babcock, R. L. (1997). Computer anxiety in young and older adults: Implications for human-computer interactions in older populations. *Computers in Human Behavior, 13*(3), 317-326.

Larson, E. B., Feigon, M., Gagliardo, P., & Dvorkin, A. Y. (2014). Virtual reality and cognitive rehabilitation: A review of current outcome research. *NeuroRehabilitation*, *34*(4), 759-772

LaViola Jr, J. J. (2000). A discussion of cybersickness in virtual environments. *ACM SIGCHI Bulletin, 32*(1), 47-56.

Lee, Y., Choi, W., Lee, K., Song, C., & Lee, S. (2017). Virtual reality training with three-dimensional video games improves postural balance and lower extremity strength in community-dwelling older adults. *Journal of Aging and Physical Activity*, *25*(4), 621-627.

Lee, C., & Coughlin, J. F. (2015). PERSPECTIVE: Older Adults' Adoption of Technology: An Integrated Approach to Identifying Determinants and Barriers. *Journal of Product Innovation Management*, *32*(5), 747-759.

Maidan, I., Rosenberg-Katz, K., Jacob, Y., Giladi, N., Hausdorff, J. M., & Mirelman, A. (2017). Disparate effects of training on brain activation in Parkinson disease. *Neurology*, *89*(17), 1804-1810.

Manchester, D., Woollacott, M., Zederbauer-Hylton, N., & Marin, O. (1989). Visual, vestibular and somatosensory contributions to balance control in the older adult. *Journal of Gerontology, 44*(4), M118-M127.

Mendez, M. F., Joshi, A., & Jimenez, E. (2015). Virtual reality for the assessment of frontotemporal dementia, a feasibility study. *Disability and Rehabilitation: Assistive Technology, 10*(2), 160-164.

Mendozzi, L., Motta, A., Barbieri, E., Alpini, D., & Pugnetti, L. (1998). The application of virtual reality to document coping deficits after a stroke: report of a case. *CyberPsychology & Behavior, 1*(1), 79-91.

Meyerbröker, K., Morina, N., Kerkhof, G., & Emmelkamp, P. M. (2010). Virtual reality exposure treatment of agoraphobia: a comparison of computer automatic virtual environment and head-mounted display. *Studies in Health Technology and Informatics, 167*, 51-56.

Mihelj, M., Novak, D., & Beguš, S. (2014). Virtual Reality Technology and Applications. In S. G. Tzafestas (Ed.), *Intelligent Systems, Control and Automation: Science and Engineering*, Vol. 68. Springer, Dordrecht.

Mitzner, T. L., Boron, J. B., Fausset, C. B., Adams, A. E., Charness, N., Czaja, S. J., ... & Sharit, J. (2010). Older adults talk technology: *Technology usage and attitudes. Computers in Human Behavior, 26*(6), 1710-1721.

Moran, T. P. (2016). Anxiety and working memory capacity: A meta-analysis and narrative review. *Psychological Bulletin*, *142*(8), 831.

Murphy, C. A., Coover, D., & Owen, S. V. (1989). Development and validation of the Computer Self-Efficacy Scale. *Educational and Psychological Measurement*, *49*, 893-899.

Nickell, G. S., & Pinto, J. N. (1986). The computer attitude scale. *Computers in Human*

Behavior, *2,* 301–306.

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.

Norrholm, S. D., Jovanovic, T., Gerardi, M., Breazeale, K. G., Price, M., Davis, M., ... & Tuerk, P. W. (2016). Baseline psychophysiological and cortisol reactivity as a predictor of PTSD treatment outcome in virtual reality exposure therapy. *Behaviour Research and Therapy*, *82*, 28-37.

North, M. M., North, S. M., & Coble, J. R. (1997). Virtual Reality Therapy: An Effective Treatment for Psychological. In : G. Riva (Ed.), *Virtual reality in neuro-psycho-physiology: Cognitive, clinical and methodological issues in assessment and rehabilitation* (pp. 59-71). Amsterdam, Netherlands : IOS Press.

Olson, K. E., O'Brien, M. A., Rogers, W. A., & Charness, N. (2011). Diffusion of technology: frequency of use for younger and older adults. *Ageing International, 36*(1), 123-145.

Oman, C. M. (1990). Motion sickness: a synthesis and evaluation of the sensory conflict theory. *Canadian Journal of Physiology and Pharmacology*, *68*(2), 294-303.

Opriş, D., Pintea, S., García-Palacios, A., Botella, C., Szamosközi, Ş., & David, D. (2012). Virtual reality exposure therapy in anxiety disorders: a quantitative meta‐analysis. *Depression and Anxiety*, *29*(2), 85-93.

Paillard, A. C., Quarck, G., Paolino, F., Denise, P., Paolino, M., Golding, J. F., & Ghulyan-Bedikian, V. (2013). Motion sickness susceptibility in healthy subjects and vestibular patients: Effects of gender, age and trait-anxiety. *Journal of Vestibular Research, 23*(4), 203-209.

Parsons, T. D., Bowerly, T., Buckwalter, J. G., & Rizzo, A. A. (2007). A controlled clinical comparison of attention performance in children with ADHD in a virtual reality classroom compared to standard neuropsychological methods. *Child Neuropsychology*, *13*(4), 363-381.

Parsons, T. D., & Rizzo, A. A. (2008b). Initial validation of a virtual environment for assessment of memory functioning: virtual reality cognitive performance assessment test. *CyberPsychology & Behavior, 11*(1), 17-25.

Parsons, T. D., Silva, T. M., Pair, J., & Rizzo, A. A. (2008). Virtual environment for assessment of neurocognitive functioning: virtual reality cognitive performance assessment test. *Studies in Health Technology and Informatics*, *132*, 351.

Peterson, S. M., Rios, E., & Ferris, D. P. (2018). Transient visual perturbations boost short-term balance learning in virtual reality by modulating electrocortical activity. *Journal of Neurophysiology (in press)*.

Pirini, M., Bisi, M. C., Turolla, A., Agostini, M., Vidale, D., Fiorentin, A., & Piron, F. (2018). Postural Rehabilitation Within the VRRS (Virtual Reality Rehabilitation System) Environment. In *Advanced Technologies for the Rehabilitation of Gait and Balance Disorders* (pp. 335-355). Springer, Cham.

Plancher, G., Gyselinck, V., Nicolas, S., & Piolino, P. (2010). Age effect on components of episodic memory and feature binding: A virtual reality study. *Neuropsychology, 24*(3), 379-390.

Porras, D. C., Siemonsma, P., Inzelberg, R., Zeilig, G., & Plotnik, M. (2018). Advantages of virtual reality in the rehabilitation of balance and gait: Systematic review. *Neurology*, *90*(22), 1017-1025.

Pugnetti, L., Mendozzi, L., Barbieri, E., Rose, F. D., & Attree, E. A. (1996, July). Nervous system correlates of virtual reality experience. In P. M Sharkey (Ed.), *Proceedings of*

the first European conference on disability, virtual reality and associated technology (pp. 239-246). Maidenhead, UK: ECDVRAT

Pugnetti, L., Mendozzi, L., Motta, A., Cattaneo, A., Barbieri, E., & Brancotti, A. (1995a). Evaluation and retraining of adults' cognitive impairments: Which role for virtual reality technology?. *Computers in Biology and Medicine*, *25*(2), 213-227.

Rebenitsch, L., & Owen, C. (2016). Review on cybersickness in applications and visual displays. *Virtual Reality*, *20*(2), 101-125.

Regan, C. (1995). An investigation into nausea and other side-effects of head-coupled immersive virtual reality. *Virtual Reality, 1*(1), 17-31.

Regan, E. C., & Price, K. R. (1994). The frequency of occurrence and severity of side-effects of immersion virtual reality. *Aviation, Space, and Environmental Medicine, 65*(6), 527-530.

Reuter-Lorenz, P. A., & Cappell, K. A. (2008). Neurocognitive aging and the compensation hypothesis. *Current Directions in Psychological Science*, *17*(3), 177-182.

Riccio, G. E., & Stoffregen, T. A. (1991). An ecological theory of motion sickness and postural instability. *Ecological Psychology*, *3*(3), 195-240.

Riva, G., Waterworth, J. A., Waterworth, E. L., & Mantovani, F. (2011). From intention to action: The role of presence. *New Ideas in Psychology*, *29*(1), 24-37.

Rizzo, A. A., Buckwalter, J. G., Bowerly, T., Van Der Zaag, C., Humphrey, L., Neumann, U., ... & Sisemore, D. (2000). The virtual classroom: a virtual reality environment for the assessment and rehabilitation of attention deficits. *CyberPsychology & Behavior*, *3*(3), 483-499.

Rizzo, A. A., Buckwalter, J. G., & Neumann, U. (1997b). Virtual reality and cognitive rehabilitation: a brief review of the future. *The Journal of Head Trauma Rehabilitation*, *12*(6), 1-15.

Robillard, G., Bouchard, S., Renaud, P., & Cournoyer, L. G. (2002). *Validation canadienne-française de deux mesures importantes en réalité virtuelle: l'Immersive Tendencies Questionnaire et le Presence Questionnaire*. Poster presented at the 25e congrès annuel de la Société Québécoise pour la Recherche en Psychologie (SQRP), Trois-Rivières, Canada.

Rose, F. D., Attree, E. A., & Johnson, D. A. (1996). Virtual reality: an assistive technology in neurological rehabilitation. *Current Opinion in Neurology, 9*(6), 461-468.

Rose, F. D., Brooks, B. M., & Rizzo, A. A. (2005). Virtual reality in brain damage rehabilitation: review. *CyberPsychology & Behavior*, *8*(3), 241-262.

Saleh, S., Fluet, G., Qiu, Q., Merians, A., Adamovich, S. V., & Tunik, E. (2017). Neural patterns of reorganization after intensive robot-assisted virtual reality therapy and repetitive task practice in patients with chronic stroke. *Frontiers in Neurology*, *8*, 452.

Sawyer, S. M., Azzopardi, P. S., Wickremarathne, D., & Patton, G. C. (2018). The age of adolescence. *The Lancet Child & Adolescent Health, 2*(3), 223-228.

Sbordone, R. J., & Long, C. (1996). *Ecological validity of neuropsychological testing*. Boca Ranton, Florida: CRC Press.

Schneider, N., Wilkes, J., Grandt, M., & Schlick, C. M. (2008, September). Investigation of input devices for the age-differentiated design of human-computer interaction. In *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting* (Vol. 52, No. 2, pp. 144-148). Sage CA: Los Angeles, CA: SAGE Publications.

Seidler, R. D., Bernard, J. A., Burutolu, T. B., Fling, B. W., Gordon, M. T., Gwin, J. T., ... & Lipps, D. B. (2010). Motor control and aging: links to age-related brain structural, functional, and biochemical effects. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, *34*(5), 721-733.

Sengpiel, M., & Jochems, N. (2015, August). Validation of the computer literacy scale (CLS). In: J. Zhou, G. Salvendy (Eds.) *Human Aspects of IT for the Aged Population. Design for Aging. ITAP 2015*. Lecture Notes in Computer Science, vol 919 (pp. 365-375). Springer, Cham.

Shaft, T. M., Sharfman, M. P., & Wu, W. W. (2004). Reliability assessment of the attitude towards computers instrument (ATCI). *Computers in Human Behavior*, *20*(5), 661-689.

Shallice, T. I. M., & Burgess, P. W. (1991). Deficits in strategy application following frontal lobe damage in man. *Brain, 114*(2), 727-741.

Sherman, D. S., Mauser, J., Nuno, M., & Sherzai, D. (2017). The efficacy of cognitive intervention in mild cognitive impairment (MCI): A meta-analysis of outcomes on neuropsychological measures. *Neuropsychology Review*, 1-45.

Silberstein, R. B. (1990). Electroencephalographic attention monitor. U.S. Patent No. 4,955,388. Washington, DC: U.S. Patent and Trademark Office.

Silver, C. H. (2000). Ecological validity of neuropsychological assessment in childhood traumatic brain injury. *The Journal of Head Trauma Rehabilitation*, *15*(4), 973-988.

Slater, M. (1999). Measuring presence: A response to the Witmer and Singer Presence Questionnaire. *Presence : Teleoperators and Virtual Environments*, *8*(5), 560-565.

Slater, M., & Wilbur, S. (1997). A framework for immersive virtual environments (FIVE): Speculations on the role of presence in virtual environments. *Presence: Teleoperatorsand Virtual Environments*, *6*(6), 603-616.

Smart Jr, L. J., Stoffregen, T. A., & Bardy, B. G. (2002). Visually induced motion sickness predicted by postural instability. *Human Factors*, *44*(3), 451-465.

Stanney, K. M., Kennedy, R. S., & Drexler, J. M. (1997, October). Cybersickness is not simulator sickness. In Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting (Vol. 41, No. 2, pp. 1138-1142).

Stellefson, M., Paige, S. R., Tennant, B., Alber, J. M., Chaney, B. H., Chaney, D., & Grossman, S. (2017). Reliability and Validity of the Telephone-Based eHealth Literacy Scale Among Older Adults: Cross-Sectional Survey. *Journal of Medical Internet Research*, *19*(10), e362.

Steuer, J. (1992). Defining virtual reality: Dimensions determining telepresence. *Journal of Communication, 42*(4), 73-93.

Stroop, J. R. (1935). Studies of interference in serial verbal reactions. Journal of experimental psychology, 18(6), 643.

Tabachnick, B.G., & Fidell, L.S. (2012). *Using Multivariate Statistics* (6th edition). Toronto: Pearson.

Tisseau, J. (2008). In vivo, in vitro, in silico, in virtuo. In *1st Workshop on SMA in Biology at meso or macroscopic scales, Paris.*

Torkzadeh, G., & Koufteros, X. (1994). Factorial validity of a computer self-efficacy scale and the impact of computer training. *Educational and Psychological Measurement*, *54*(3), 813-921.

Tsigos, C., & Chrousos, G. P. (2002). Hypothalamic–pituitary–adrenal axis, neuroendocrine factors and stress. *Journal of Psychosomatic Research*, *53*(4), 865-871.

Tyrrell, R., Sarig-Bahat, H., Williams, K., Williams, G., & Treleaven, J. (2017). Simulator sickness in patients with neck pain and vestibular pathology during virtual reality tasks. *Virtual Reality*, *22*(3), 1-9.

Umemuro, H. (2004). Lowering elderly Japanese users' resistance towards computers by using touchscreen technology. *Universal Access in the Information Society*, *3*(3-4), 276-288.

Vaportzis, E., Giatsi Clausen, M., & Gow, A. J. (2017). Older adults perceptions of technology and barriers to interacting with tablet computers: A focus group study. *Frontiers in Psychology*, *8*, 1687.

Wagner, N., Hassanein, K., & Head, M. (2010). Computer use by older adults: A multi-disciplinary review. *Computers in Human Behavior, 26*(5), 870-882.

Werner, P., Rabinowitz, S., Klinger, E., Korczyn, A. D., & Josman, N. (2009). Use of the virtual action planning supermarket for the diagnosis of mild cognitive impairment. *Dementia and Geriatric Cognitive Disorders*, *27*(4), 301-309.

Wilson, B. A. (1993). Ecological validity of neuropsychological assessment: Do neuropsychological indexes predict performance in everyday activities?. *Applied and Preventive Psychology*, *2*(4), 209-215.

Witmer, B. G., & Singer, M. J. (1998). Measuring presence in virtual environments: A presence questionnaire. *Presence*, *7*(3), 225-240.

Woollacott, M. H., Shumway-Cook, A., & Nashner, L. M. (1986). Aging and posture control: changes in sensory organization and muscular coordination. *The International Journal of Aging and Human Development*, *23*(2), 97-114.

Xiao, X., Lin, Q., Lo, W. L., Mao, Y. R., Shi, X. C., Cates, R. S., ... & Li, L. (2017). Cerebral reorganization in subacute stroke survivors after virtual reality-based training: a preliminary study. *Behavioural Neurology*, *2017*.

Yagil, D., Cohen, M., & Beer, J. D. (2016). Older adults' coping with the stress involved in the use of everyday technologies. *Journal of Applied Gerontology*, *35*(2), 131-149.

Zhang, S., Grenhart, W. C., McLaughlin, A. C., & Allaire, J. C. (2017). Predicting computer proficiency in older adults. *Computers in Human Behavior*, *67*, 106-112.

ANNEXE A - QUESTIONNAIRE SUR L'ATTITUDE À L'ÉGARD DES TECHNOLOGIES (QAT)

Questionnaire d'attitude à l'égard de la technologie

Ce questionnaire a pour but de nous aider à comprendre vos habitudes et opinions concernant la technologie. Il suffit de répondre à chaque question le plus simplement et sincèrement que possible. Il n'y a pas de bonnes ni de mauvaises réponses. Ces informations sont anonymes et confidentielles. Nous vous remercions de votre participation.

Cochez la réponse qui vous correspond le mieux.

(de *« fortement d'accord » à « fortement en désaccord »*)

	Fortement d'accord	D'accord	Ni d'accord ni en désaccord	En désaccord	Fortement en désaccord
1- Tout le monde peut apprendre à utiliser correctement un ordinateur s'il est motivé et patient	☐	☐	☐	☐	☐
2- Avec de la pratique, je pourrais être aussi confortable avec un ordinateur qu'avec une feuille et un stylo	☐	☐	☐	☐	☐
3- J'aime apprendre aux autres de nouvelles choses à propos des technologies lorsque j'en ai l'occasion	☐	☐	☐	☐	☐
4- J'ai l'impression de me sentir moins intelligent lorsque j'utilise un GPS, un téléphone intelligent ou un ordinateur	☐	☐	☐	☐	☐
5- Mon niveau d'expertise concernant l'informatique est suffisant	☐	☐	☐	☐	☐
6- Je suis enthousiaste à l'idée d'apprendre à faire de nouvelles choses sur un ordinateur, téléphone ou tablette (ex. IPad)	☐	☐	☐	☐	☐
7- Apprendre à utiliser de nouvelles technologies est éprouvant	☐	☐	☐	☐	☐
8- Je doute de mes capacités à utiliser les appareils informatiques en général	☐	☐	☐	☐	☐
9- Grâce aux nouvelles technologies nous avons une vie meilleure	☐	☐	☐	☐	☐
10- Lorsqu'un problème arrive sur l'ordinateur, je me sens capable de le résoudre	☐	☐	☐	☐	☐
11- Je suis enthousiaste à l'idée d'expérimenter l'immersion dans un environnement virtuel	☐	☐	☐	☐	☐
12- Utiliser l'ordinateur ou la tablette est intimidant pour moi	☐	☐	☐	☐	☐
13- Je ne me sens pas à l'aise à l'égard d'internet, parce que cela comporte certains dangers	☐	☐	☐	☐	☐
14- Les ordinateurs déshumanisent notre société	☐	☐	☐	☐	☐
15- L'arrivée des ordinateurs dans notre vie quotidienne est trop importante, nous n'en avons pas besoin	☐	☐	☐	☐	☐
16- J'appréhende d'utiliser l'ordinateur, j'évite quelques fois	☐	☐	☐	☐	☐

Je me sens confiant(e) :	**Fortement d'accord**	**D'accord**	**Ni d'accord ni en désaccord**	**En désaccord**	**Fortement en désaccord**
17- Pour décrire les éléments qui composent un ordinateur (ex. unité centrale, clavier, moniteur...)	☐	☐	☐	☐	☐
18- Pour imprimer mes documents	☐	☐	☐	☐	☐
19- Pour effectuer les mouvements du curseur de la sourie	☐	☐	☐	☐	☐
20- Pour utiliser et manipuler une carte SD ou une clé USB ou un disque dur externe	☐	☐	☐	☐	☐
21- Pour envoyer des messages, des photos et des vidéos par courriel	☐	☐	☐	☐	☐
22- Lorsque j'utilise un ordinateur ou une tablette	☐	☐	☐	☐	☐
23- Pour enregistrer des fichiers sur mon ordinateur ou ma tablette (photos, vidéos, documents, etc.)	☐	☐	☐	☐	☐
24- Pour installer des programmes informatiques (*logicie*l)	☐	☐	☐	☐	☐
25- Pour utiliser un ordinateur ou une tablette pour travailler ou rédiger des documents (courriels, lettres, cartes, etc.)	☐	☐	☐	☐	☐
26- Pour faire des recherches sur internet	☐	☐	☐	☐	☐

27 - Combien de fois utilisez-vous un : (Répondre aux deux parties)	**1 fois par jour ou plus**	**Une fois par semaine ou plus**	**Une fois par mois ou plus**	**Moins d'une fois par mois**	**Jamais**	**Plus de 2 heures**	**1/2 heure à 1 heure**	**Jamais**
1) Ordinateur	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
2) Ordinateur portable	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
3) Tablette	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
4) Téléphone intelligent	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
5) Appareil photo numérique	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐

Combien de fois utilisez-vous un :	**1 fois par jour ou plus**	**Une fois par semaine ou plus**	**Une fois par mois ou plus**	**Moins d'une fois par mois**	**Jamais**	**Plus de 2 heures**	**1/2 heure à 1 heures**	**Jamais**
6) Baladeur MP3 (ex. ipod)	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
7) GPS	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
8) Console de jeux vidéo	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐

28 - Quel est le niveau de difficulté pour vous de :

(de *« très facile à utiliser »* à *« très difficile à utiliser »*)

	Très facile	**Facile**	**Moyen**	**Difficile**	**Très difficile**	**Je n'en ai pas**
1) Ordinateur	☐	☐	☐	☐	☐	☐
2) Ordinateur portable	☐	☐	☐	☐	☐	☐
3) Tablette	☐	☐	☐	☐	☐	☐
4) Téléphone intelligent	☐	☐	☐	☐	☐	☐
5) Appareil photo numérique	☐	☐	☐	☐	☐	☐
6) Baladeur MP3	☐	☐	☐	☐	☐	☐
7) GPS	☐	☐	☐	☐	☐	☐
8) Console de jeux vidéo	☐	☐	☐	☐	☐	☐

29 - Pour quelles activités utilisez-vous un :

(Plusieurs réponses possibles)

	Vidéo-conférences (ex. Skype)	**Travail**	**Loisir, détente, jeux**	**Recherche sur internet**	**Je n'en n'utilise pas**
1) Ordinateur	☐	☐	☐	☐	☐
2) Ordinateur portable	☐	☐	☐	☐	☐
3) Tablette	☐	☐	☐	☐	☐
4) Téléphone intelligent	☐	☐	☐	☐	☐

30 - Répondez aux questions suivantes en vous exprimant le plus simplement

Avec vos propres mots, comment définiriez-vous la réalité virtuelle ?

_____

_____

Avez-vous déjà participé à une étude utilisant la réalité virtuelle ? Si oui, décrivez votre expérience.

_____

_____

_____

Pensez-vous que les technologies présentes dans votre quotidien sont adaptées à vous ? Si non, s'il vous plait expliquez rapidement pourquoi.

_____

_____

A quel âge avez-vous commencé à utiliser un ordinateur ?

_____

31 - Répondez aux questions suivantes APRES l'expérience. Sentez-vous libre de vous exprimer.

Qu'avez-vous pensé de cette expérience en général ?

_____

_____

_____

Qu'auriez-vous eu besoin pour améliorer votre confort ?

_____

_____

Avez-vous des commentaires ou suggestions ?

_____

_____

Merci de participation !!

ANNEXE B - QUESTIONNAIRE SUR L'ÉVOLUTION DES SYMPTÔMES LIÉS AUX CYBERMALAISES (QESC)

Condition : _____ Date : _ _ _ _ _ _ _ Heure : _ _ h _ _ Code : _ _ _ _ _ _ _ _

J'ai 4 petites questions à vous poser, je vous les reposerai à plusieurs reprises :

Au début de l'immersion:

1) Vous ressentez un inconfort au niveau des yeux ou de la tête :
   pas du tout - un peu - modérément - Sévèrement **0 1 2 3**
2) Vous avez des nausées ou mal au cœur :
   pas du tout - un peu - modérément - Sévèrement **0 1 2 3**
3) Vous ressentez des étourdissements ou vertiges :
   pas du tout - un peu - modérément - Sévèrement **0 1 2 3**
4) Vous ressentez un stress ou de l'anxiété :
   pas du tout - un peu - modérément - Sévèrement **0 1 2 3**

Sous total :_____

À 5 minutes:

1) Vous ressentez un inconfort au niveau des yeux ou de la tête :
   pas du tout - un peu - modérément - Sévèrement **0 1 2 3**
2) Vous avez des nausées ou mal au cœur :
   pas du tout - un peu - modérément - Sévèrement **0 1 2 3**
3) Vous ressentez des étourdissements ou vertiges :
   pas du tout - un peu - modérément - Sévèrement **0 1 2 3**
4) Vous ressentez un stress ou de l'anxiété :
   pas du tout - un peu - modérément - Sévèrement **0 1 2 3**

Sous total :_____

À 10 minutes:

1) Vous ressentez un inconfort au niveau des yeux ou de la tête :
   pas du tout - un peu - modérément - Sévèrement **0 1 2 3**
2) Vous avez des nausées ou mal au cœur :
   pas du tout - un peu - modérément - Sévèrement **0 1 2 3**
3) Vous ressentez des étourdissements ou vertiges :
   pas du tout - un peu - modérément - Sévèrement **0 1 2 3**
4) Vous ressentez un stress ou de l'anxiété :
   pas du tout - un peu - modérément - Sévèrement **0 1 2 3**

Sous total :_____

À 15 minutes:

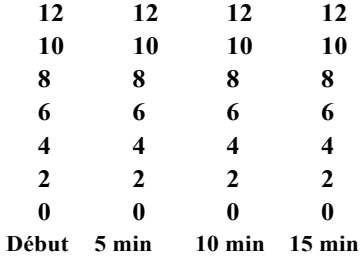
1) Vous ressentez un inconfort au niveau des yeux ou de la tête :
   pas du tout - un peu - modérément - Sévèrement **0 1 2 3**
2) Vous avez des nausées ou mal au cœur :
   pas du tout - un peu - modérément - Sévèrement **0 1 2 3**
3) Vous ressentez des étourdissements ou vertiges :
   pas du tout - un peu - modérément - Sévèrement **0 1 2 3**
4) Vous ressentez un stress ou de l'anxiété :
   pas du tout - un peu - modérément - Sévèrement **0 1 2 3**

Sous total :_____

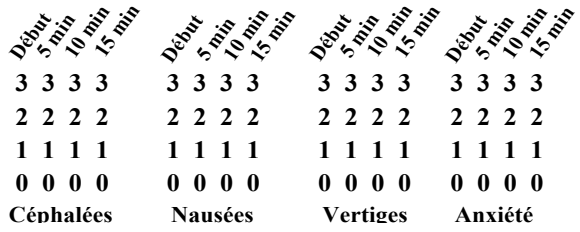
Total : ⬭

_____ ***Analyses***

Évolution des effets secondaires



Évolution du profil sémiologique



ANNEXE C - FORMULAIRE DE CONSENTEMENT

Université du Québec en Outaouais

Case postale 1250, succursale B, Hull (Québec), Canada J8X 3X7
Téléphone (819) 595-3900
www.uqo.ca

Formulaire de consentement

Effets psychophysiologiques de l'exposition virtuelle chez les personnes âgées

Chercheurs responsables
Département de psychoéducation et de psychologie (819 595 3900)
Hélène Forget, Ph.D., D.Ps (poste 2261)
Stéphane Bouchard, Ph.D. (poste 2360)

Chercheurs collaborateurs
Département de psychoéducation et de psychologie (819 595 3900)
Sébastien Isere, doctorant en neuropsychologie (poste 2538)
Arianne Goulet, candidate au baccalauréat en psychologie

Description de l'étude

Nous sollicitons votre participation à la recherche en titre approuvée par le comité d'éthique de l'UQO, qui vise à déterminer la faisabilité de l'évaluation du fonctionnement cognitif et des thérapies cognitives et comportementales utilisant la réalité virtuelle chez les personnes âgées et mesurer les effets psychophysiologiques de cette technologie.

Votre participation à ce projet de recherche consiste tout d'abord à prendre part à une rencontre d'informations téléphonique concernant la présente étude. Au cours de cette rencontre, le déroulement de l'ensemble de l'expérimentation vous sera décrit. Différentes questions vous seront posées afin de vérifier que vous répondez bien aux critères nécessaires à la participation à cette recherche, mais également afin de recueillir quelques informations sur votre santé. Ceci prendra environ 30 minutes de votre temps. Si vous rencontrez les critères d'inclusion, et que vous souhaitez poursuivre, une rencontre sera fixée au *Laboratoire de psychoneuroendocrinologie du stress et de la santé*. À votre arrivée, lors de cette rencontre, nous procèderons à une première prise d'échantillon salivaire qui consiste à mâcher un bout de coton pour une période d'une à deux minutes. Votre salive nous permettra de mesurer vos taux d'hormones salivaires ce qui nous donnera une bonne idée de votre état d'activation physiologique. Une autre étape consistera à vous faire compléter quelques questionnaires relatifs à vos habitudes, votre familiarité et ressentis concernant la technologie et la réalité virtuelle, ainsi qu'un questionnaire visant à déterminer votre niveau d'anxiété. Aucun risque n'est associé aux étapes précédemment décrites.

La suite de l'expérimentation se déroulera au *Laboratoire de cyberpsychologie* de l'UQO. En premier lieu vous recevrez des directives claires sur ce que vous devrez accomplir. Nous vous installerons l'équipement nécessaire à mesurer votre fréquence cardiaque et votre réponse électrodermale afin de suivre votre état émotionnel durant l'expérimentation. Il s'agit d'une ceinture que vous disposerez autour de votre torse, ainsi que deux capteurs installés au bout de votre index et de votre annulaire. Ces capteurs seront reliés à un boitier que vous porterez sur vous. *Vous porterez également un petit bracelet au poignet permettant de reproduire les mouvements du bras dans l'environnement virtuel.* Ensuite, nous prélèverons un second échantillon de salive. Deux autres prélèvements salivaires seront effectués par la suite, soit un à la fin de l'expérimentation puis un dernier 40 minutes plus tard.

Vous serez ensuite installé sur une chaise devant un ordinateur ou bien à l'intérieur d'une pièce où seront projetées des images en 3 dimensions. Vous porterez soit un casque projetant des images en trois dimensions ou bien des *lunettes 3D*. Durant l'expérience, l'expérimentateur vous demandera d'effectuer quelques petites tâches au moyen d'une manette qui sera mise à votre disposition et/ou d'effectuer des mouvements de la tête pour observer les images pendant quelques minutes. Après avoir réalisé la tâche, il vous sera demandé de remplir des questionnaires concernant vos ressentis sur votre expérience qui seront suivis d'un débriefing avec l'expérimentateur.

Vous devez prendre note que vous pourriez ressentir une légère fatigue. De plus, certaines personnes peuvent ressentir un ensemble de manifestations gênantes temporaires similaires au mal des transports (fatigue, nausées, gênes oculaires, trouble de l'équilibre, désorientation, etc.). Les risques associés à votre participation sont minimaux et le chercheur s'engage à mettre en œuvre les moyens nécessaires pour les réduire ou les pallier. Vous êtes entièrement libre de participer ou non, et de vous retirer en tout temps sans préjudice. Votre participation à cette étude repose sur une base volontaire. La possibilité de contribuer à l'amélioration des techniques de prise en charge psychothérapeutique et la découverte d'outils novateurs utilisant la réalité virtuelle sont le bénéfice direct anticipé.

Les données recueillies par cette étude sont entièrement confidentielles et ne pourront en aucun cas mener à votre identification. Votre confidentialité sera assurée. Chaque participant se verra attribuer un code d'identification qui servira par la suite à l'identifier lors de l'analyse des données. Seulement les chercheurs directement impliqués dans le projet de recherche ainsi que les étudiants et assistants de recherche auront accès aux données brutes recueillies dans le cadre ce projet de recherche. Toutes les données seront emmagasinées sur disques compacts et conservées sous clé. Tous les documents papier seront détruits au bout de cinq ans suivant la dernière publication scientifique. Toutes les données des questionnaires, des tests et des mesures seront conservées dans des fichiers informatiques. Ces données informatiques anonymisées seront détruites cinq ans après que toutes les analyses de données (y compris des analyses secondaires dans des projets de recherches ultérieurs) auront été effectuées. Les données seront diffusées sous forme de conférences ou d'affiches scientifiques dans des congrès spécialisés ou encore sous forme de résumés et d'articles publiés dans des revues spécialisées.

Si vous avez des questions concernant ce projet de recherche, vous pouvez communiquer avec Hélène Forget, chercheure responsable de ce projet de recherche au 819-595-3900 (poste 2261) ou à l'adresse courriel helene.forget@uqo.ca. Ce projet de recherche a reçu l'approbation du Comité d'éthique de la recherche de l'UQO. Si vous avez des questions concernant les aspects éthiques de ce projet, communiquez avec André Durivage, président du Comité d'éthique de la recherche de l'Université du Québec en Outaouais au 819-595-3900 (poste 1781).

Votre signature atteste que vous avez clairement compris les renseignements concernant votre participation au projet de recherche et indique que vous acceptez d'y participer. Elle ne signifie pas que vous acceptez d'aliéner vos droits et de libérer les chercheurs ou les responsables de leurs responsabilités juridiques ou professionnelles. Votre participation devant être aussi éclairée que votre décision initiale de participer au projet, vous devez en connaître tous les tenants et aboutissants au cours du déroulement de la recherche. En conséquence, vous ne devrez jamais hésiter à demander des éclaircissements ou de nouveaux renseignements au cours du projet.

Nous aimerions également, avec votre permission, vous téléphoner dans les prochaines années pour participer à une autre étude dans un domaine similaire (il n'est pas nécessaire de consentir à ce volet pour participer à la présente recherche).

□ J'accepte d'être appelé(e) dans une année ou deux.
□ Je refuse d'être appelé(e) dans une année ou deux.

Après avoir pris connaissance des renseignements concernant ma participation à ce projet de recherche, j'appose ma signature signifiant que j'accepte librement d'y participer. Le formulaire est signé en deux exemplaires et j'en conserve une copie.

Nom du participant : _____

Signature du participant : _____ Date : _____

Nom du chercheur ou de l'assistant de recherche:_____

Signature du chercheur : _____ Date : _____

ANNEXE D - QUESTIONNAIRES ET GRILLES DE DÉPISTAGE

Examen de Folstein sur l'état mental (AH-107 DT (rév. 04-10))

Nom de l'établissement _____

	COTE MAXIMALE	COTE DU SUJET
A) Orientation		
Demander au sujet :		
1- Quel est : l'année ____ le mois ____ le jour ____ le jour de la semaine D L M Me J V S ; La saison : printemps ☐ été ☐ automne ☐ hiver ☐	5	( )
2- Où sommes-nous : Province _____ Pays _____ ; Ville, village _____ Lieu (hôpital, cabinet, maison, etc.) _____ Étage ____	5	( )
B) Enregistrement		
3- Mentionner un des groupes de 3 mots suivants; prendre une seconde pour prononcer chaque mot : chemise, bleu, honnêteté ( ) ou chaussure, brun, modestie ( ) ou chandail, blanc, charité ( )	3	( )
Par la suite, demander au sujet de répéter les 3 mots choisis. Donner 1 point pour chaque bonne réponse au 1er essai. Répéter l'exercice jusqu'à ce que le sujet retienne les 3 mots. Compter le nombre d'essais et le noter. Pour information seulement.		Nombre d'essais : _____
C) Attention et calcul (cocher l'un ou l'autre test)		
4- ☐ Demander au sujet de faire la soustraction par intervalles de 7 à partir de 100 : 100 – 7 = ( ) 93 – 7 = ( ) 86 – 7 = ( ) 79 – 7 = ( ) 72 – 7 = ( ) 65. Donner 1 point pour chaque bonne réponse. OU ☐ Demander au sujet d'épeler le mot « MONDE » à l'envers. (EDNOM) : ___ ___ ___ ___ ___ (écrire les lettres)	5	( )
D) Rétention mnésique		
5- Demander au sujet de répéter les 3 mots déjà mentionnés : chemise, bleu, honnêteté ( ) ou chaussure, brun, modestie ( ) ou chandail, blanc, charité ( )	3	( )
E) Langage		
6- Montrer au sujet un crayon ( ) une montre ( ) et lui demander de nommer l'objet.	2	( )
7- Demander au sujet de répéter la phrase suivante : « Pas de si ni de mais ».	1	( )
8- Demander au sujet d'obéir à un ordre en 3 temps : « Prenez ce papier de la main droite ou gauche, pliez-le en deux et redonnez-le moi ». *N.B. : Demander au sujet droitier de prendre de la main gauche et vice versa. Prendre garde de tendre la main; éviter les indices non-verbaux.*	3	( )

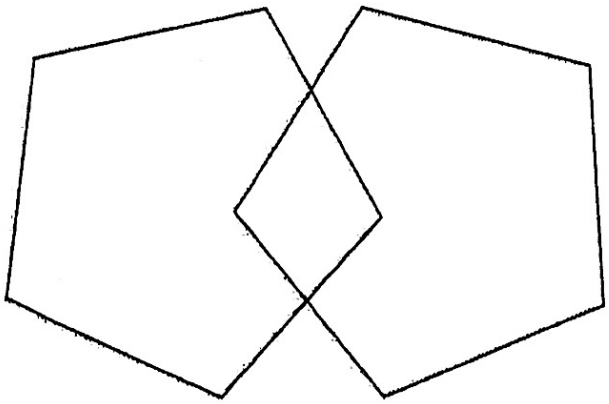
Traduction et adaptation française non validées du « Mini-Mental State » de Folstein, M.F., Folstein, S.E., Mc Hugh, P.R. : « Mini-Mental State : A practical method for grading the cognitive state of patients for the clinician », J. Psychiatr Res, 12 : 189-198, 1975, à partir des travaux du centre de gériatrie Hôpital d'Youville Sherbrooke de Québec.

E) Langage (suite)

	COTE MAXIMALE	COTE DU SUJET
9- Demander au sujet de lire et de suivre l'instruction suivante : « **FERMEZ VOS YEUX** »	1	( )
10- Demander au sujet d'écrire une phrase : _____ (sujet, verbe, sans égard aux fautes)	1	( )

F) Praxie de construction

11- Demander au sujet de copier le dessin suivant :



1 ( )

COTE MAXIMALE : 30

COTE DU SUJET : _____

Interprétation des scores :
Un score de moins de 24 points à l'examen de Folstein sur l'état mental détermine une altération des fonctions cognitives. Ce test ne permet cependant pas de faire un diagnostic étiologique.

Nombre d'années de scolarité du sujet : _____ Évaluer le niveau de conscience du sujet : vigilant ☐ somnolent ☐

En cas d'incapacité du sujet à être évalué, spécifier : _____

Indiquer les conditions ayant pu influencer l'évaluation _____

Date ____ ____ ____ (Année Mois Jour)

_____ Signature

Geriatric Depression Scale

Code:_____ Date:_____

Choisissez la meilleure réponse pour décrire comment vous vous sentiez au cours de la dernière semaine.

1. Êtes-vous satisfait(e) de la vie que vous menez? OUI NON

2. Avez-vous laissé tomber plusieurs de vos activités et intérêts? OUI NON

3. Avez-vous le sentiment que votre vie est vide? OUI NON

4. Vous ennuyez-vous souvent? OUI NON

5. Envisagez-vous l'avenir avec optimiste? OUI NON

6. Êtes-vous dérangé(e) par des pensées que vous ne pouvez pas vous sortir de la tête? OUI NON

7. Êtes-vous de bonne humeur la plupart du temps? OUI NON

8. Avez-vous peur qu'un malheur vous arrive? OUI NON

9. Vous sentez-vous heureux(se) la plupart du temps? OUI NON

10. Vous sentez-vous souvent sans espoir? OUI NON

11. Vous sentez-vous souvent nerveux(se) et agité(e)? OUI NON

12. Préférez-vous rester à la maison plutôt que de sortir et faire des choses nouvelles? OUI NON

13. Vous inquiétez-vous souvent à propos de l'avenir? OUI NON

14. Sentez-vous que vous avez plus de problèmes de mémoire que la majorité des gens? OUI NON

15. Pensez-vous qu'il est très agréable d'être vivant maintenant? OUI NON

16. Vous sentez-vous découragé(e) et triste? OUI NON

17. Sentez-vous que vous ne valez pas grand chose comme vous êtes présentement? OUI NON

18. Vous inquiétez-vous beaucoup à propos du passé? OUI NON

19. Trouvez-vous la vie excitante? OUI NON

20. Est-ce difficile pour vous de vous lancer dans de nouveaux projets? OUI NON

21. Vous sentez-vous plein(e) d'énergie? OUI NON

22. Sentez-vous que votre situation est sans espoir? OUI NON

23. Pensez-vous que la majorité des gens est mieux que vous? OUI NON

24. Êtes-vous souvent bouleversé(e) à propos de petites choses? OUI NON

25. Avez-vous souvent envie de pleurer? OUI NON

26. Avez-vous de la difficulté à vous concentrer? OUI NON

27. Êtes-vous content(e) de vous lever le matin? OUI NON

28. Préférez-vous éviter les rencontres sociales? OUI NON

29. Est-ce facile pour vous de prendre des décisions? OUI NON

30. Avez-vous les idées aussi claires qu'avant? OUI NON

QUESTIONNAIRE D'EVALUATION PERSONNELLE

Développé par Charles D. Spielberger
en collaboration avec
R.L. Gorsuch, R. Lushene, P.R. Vagg, et G.A. Jacobs
Traduit et adapté par Stéphane Bouchard et Janel Gauthier
IAST (Forme Y-1)

Nom _____ Date _____
Age _____ Sexe: M ____ F ____

CONSIGNES: Vous trouverez ci-dessous un certain nombre d'énoncés que les gens ont déjà utilisés pour se décrire. Lisez chaque énoncé, puis en encerclant le mot approprié à droite de l'énoncé, indiquez comment vous vous sentez maintenant, c'est-à-dire à ce moment précis.Il n'y a pas de bonnes ou de mauvaises réponses. Ne vous attardez pas trop longtemps sur un énoncé ou l'autre mais donnez la réponse qui vous semble décrire le mieux les sentiments que vous éprouvez présentement.

1. Présentement, je me sens calme	BEAUCOUP MODEREMENT UN PEU PAS DU TOUT
2. Présentement, je me sens en sécurité	BEAUCOUP MODEREMENT UN PEU PAS DU TOUT
3. Présentement, je suis tendu(e)	BEAUCOUP MODEREMENT UN PEU PAS DU TOUT

4. Présentement, je me sens surmené(e) . . . . . BEAUCOUP MODEREMENT UN PEU PAS DU TOUT

5. Présentement, je me sens tranquille . . . . . BEAUCOUP MODEREMENT UN PEU PAS DU TOUT

6. Présentement, je me sens bouleversé(e) . . . . . BEAUCOUP MODEREMENT UN PEU PAS DU TOUT

7. Présentement, je suis préoccupé(e) par des malheurs possibles . . . . . BEAUCOUP MODEREMENT UN PEU PAS DU TOUT

8. Présentement, je me sens comblé(e) . . . . . BEAUCOUP MODEREMENT UN PEU PAS DU TOUT

9. Présentement, Je me sens effrayé(e) . . . . . BEAUCOUP MODEREMENT UN PEU PAS DU TOUT

10. Présentement, je me sens à l'aise . . . . . BEAUCOUP MODEREMENT UN PEU PAS DU TOUT

11. Présentement, je me sens sûr(e) de moi . . . . . BEAUCOUP MODEREMENT UN PEU PAS DU TOUT

12. Présentement, je me sens nerveux(se) . . . . . BEAUCOUP MODEREMENT UN PEU PAS DU TOUT

13. Présentement, je suis affolé(e) . . . . . BEAUCOUP MODEREMENT UN PEU PAS DU TOUT

14. Présentement, je me sens indécis(e) . . . . . BEAUCOUP MODEREMENT UN PEU PAS DU TOUT

15. Présentement, je suis détendu(e) . . . . . BEAUCOUP MODEREMENT UN PEU PAS DU TOUT

16. Présentement, je me sens satisfait(e) . . . . . BEAUCOUP MODEREMENT UN PEU PAS DU TOUT

17. Présentement, je suis préoccupé(e) . . . . . BEAUCOUP MODEREMENT UN PEU PAS DU TOUT

18. Présentement, je me sens tout mêlé(e) . . . . . BEAUCOUP MODEREMENT UN PEU PAS DU TOUT

19. Présentement, je sens que j'ai les nerfs solides . . . . . BEAUCOUP MODEREMENT UN PEU PAS DU TOUT

20. Présentement, je me sens bien . . . . . BEAUCOUP MODEREMENT UN PEU PAS DU TOUT

c Tous droits réservés.

QUESTIONNAIRE D'EVALUATION PERSONNELLE

IAST (Forme Y-2)

NOM _____ Date _____

CONSIGNES: Vous trouverez ci-dessous un certain nombre d'énoncés qui ont déjà été utilisés par les gens pour se décrire. Lisez chaque énoncé, puis en encerclant le mot approprié à droite de l'énoncé, indiquez comment vous vous sentez en général. Il n'y a pas de bonnes ou de mauvaises réponses. Ne vous attardez pas trop longtemps sur un énoncé ou l'autre mais donnez la réponse qui vous semble décrire le mieux les sentiments que vous éprouvez en général.

21. En général, je me sens bien	PRESQUE TOUJOURS SOUVENT QUELQUEFOIS PRESQUE JAMAIS
22. En général, je me sens nerveux(se)et agité(e)	PRESQUE TOUJOURS SOUVENT QUELQUEFOIS PRESQUE JAMAIS
23. En général, je me sens content(e) de moi -même	PRESQUE TOUJOURS SOUVENT QUELQUEFOIS PRESQUE JAMAIS
24. En général, je voudrais être aussi heureux(se) que les autres semblent l'être	PRESQUE TOUJOURS SOUVENT QUELQUEFOIS PRESQUE JAMAIS

25. En général, j'ai l'impression d'être un(e) raté(e) . . . . . .

PRESQUE TOUJOURS
SOUVENT
QUELQUEFOIS
PRESQUE JAMAIS

26. En général, je me sens reposé(e) . . . . . .

PRESQUE TOUJOURS
SOUVENT
QUELQUEFOIS
PRESQUE JAMAIS

27. En général, je suis d'un grand calme . . . .

PRESQUE TOUJOURS
SOUVENT
QUELQUEFOIS
PRESQUE JAMAIS

28. En général, je sens que les difficultés s'accumulent au point où je n'arrive pas à les surmonter . . . . . .

PRESQUE TOUJOURS
SOUVENT
QUELQUEFOIS
PRESQUE JAMAIS

29. Je m'en fais trop pour des choses qui n'en valent pas vraiment la peine . . . . . .

PRESQUE TOUJOURS
SOUVENT
QUELQUEFOIS
PRESQUE JAMAIS

30. En général, je suis heureux(se) . . . . . .

PRESQUE TOUJOURS
SOUVENT
QUELQUEFOIS
PRESQUE JAMAIS

31. En général, j'ai des pensées troublantes . . . . . .

PRESQUE TOUJOURS
SOUVENT
QUELQUEFOIS
PRESQUE JAMAIS

32. En général, je manque de confiance en moi . . . . . .

PRESQUE TOUJOURS
SOUVENT
QUELQUEFOIS
PRESQUE JAMAIS

33. En général, je me sens en sécurité . . . . .

PRESQUE TOUJOURS
SOUVENT
QUELQUEFOIS
PRESQUE JAMAIS

34. En général, prendre des décisions m'est facile . . . . . .

PRESQUE TOUJOURS
SOUVENT
QUELQUEFOIS
PRESQUE JAMAIS

35. En général, je sens que je ne suis pas à la hauteur de la situation . . . . . .

PRESQUE TOUJOURS
SOUVENT
QUELQUEFOIS
PRESQUE JAMAIS

36. En général, je suis satisfait(e) . . . . . .

PRESQUE TOUJOURS
SOUVENT
QUELQUEFOIS
PRESQUE JAMAIS

37. En général, des idées sans importance me passent par la tête et me tracassent . . . . . .

PRESQUE TOUJOURS
SOUVENT
QUELQUEFOIS
PRESQUE JAMAIS

38. En général, je prends les désappointements tellement à coeur que je n'arrive pas à les chasser de mon esprit . . . . . .

PRESQUE TOUJOURS
SOUVENT
QUELQUEFOIS
PRESQUE JAMAIS

39. En général, je suis une personne qui a les nerfs solides . . . . . .

PRESQUE TOUJOURS
SOUVENT
QUELQUEFOIS
PRESQUE JAMAIS

40. En général, je deviens tendu(e) ou bouleversé(e) quand je songe à mes préoccupations et à mes intérêts récents . . . . . .

PRESQUE TOUJOURS
SOUVENT
QUELQUEFOIS
PRESQUE JAMAIS

© Tous droits réservés.

No dossier _____ Date _____

QUESTIONNAIRE SUR LA PROPENSION À L'IMMERSION
Laboratoire de Cyberpsychologie de l'UQO
(2002)

Indiquer votre réponse en inscrivant un "X" dans la case appropriée de l'échelle en 7 points. Veuillez prendre en compte l'échelle en entier lorsque vous inscrivez vos réponses, surtout lorsque des niveaux intermédiaires sont en jeu. Par exemple, si votre réponse est "une fois ou deux", la deuxième case à partir de la gauche devrait être utilisée. Si votre réponse est "plusieurs fois mais pas extrêmement souvent", alors la sixième case (ou la deuxième à partir de la droite) devrait être utilisée.

1. Devenez-vous facilement et profondément absorbé(e) lorsque vous visionnez des films ou des téléromans?

|_____|_____|_____|_____|_____|_____|_____|
JAMAIS À L'OCCASION SOUVENT

2. Vous arrive-t-il d'être tellement absorbé(e) dans une émission de télévision ou un livre que les gens autour de vous ont de la difficulté à vous en tirer?

|_____|_____|_____|_____|_____|_____|_____|
JAMAIS À L'OCCASION SOUVENT

3. Jusqu'à quel point vous sentez-vous mentalement éveillé(e) ou vif(ve) d'esprit en ce moment même?

|_____|_____|_____|_____|_____|_____|_____|
PAS ÉVEILLÉ(E) MODÉRÉMENT COMPLÈTEMENT ÉVEILLÉ(E)

4. Vous arrive-t-il d'être tellement absorbé(e) dans un film que vous n'êtes pas conscient(e) des choses qui se passent autour de vous?

|_____|_____|_____|_____|_____|_____|_____|
JAMAIS À L'OCCASION SOUVENT

5. À quelle fréquence vous arrive-t-il de vous identifier intimement avec les personnages d'une histoire?

|_____|_____|_____|_____|_____|_____|_____|
JAMAIS À L'OCCASION SOUVENT

6. Vous arrive-t-il d'être tellement absorbé(e) dans un jeu vidéo que vous avez l'impression d'être à l'intérieur du jeu plutôt qu'en train de manœuvrer des manettes de jeu et de regarder un écran?

|_____|_____|_____|_____|_____|_____|_____|
JAMAIS À L'OCCASION SOUVENT

7. Comment vous sentez-vous au plan de la forme physique aujourd'hui?

|_____|_____|_____|_____|_____|_____|_____|
PAS EN FORME MODÉRÉMENT BIEN EXTRÊMEMENT BIEN

8. Dans quelle mesure êtes-vous efficace pour vous couper des distractions extérieures lorsque vous êtes en train de faire quelque chose?

|_____|_____|_____|_____|_____|_____|_____|
PAS TRÈS BON(NE) PLUTÔT BON(NE) TRÈS BON(NE)

9. Lorsque vous assistez à un match sportif, vous arrive-t-il de devenir tellement pris(e) par le match que vous réagissez comme si vous étiez un des joueurs?

|_____|_____|_____|_____|_____|_____|_____|
JAMAIS À L'OCCASION SOUVENT

10. Vous arrive-t-il d'être tellement absorbé(e) dans des rêveries, en plein jour, que vous n'êtes pas conscient des choses qui se passent autour de vous?

|_____|_____|_____|_____|_____|_____|_____|
JAMAIS À L'OCCASION SOUVENT

11. Vous arrive-t-il d'avoir des rêves qui semblent tellement réels que vous vous sentez désorienté(e) au réveil?

|_____|_____|_____|_____|_____|_____|_____|
JAMAIS À L'OCCASION SOUVENT

12. Quand vous faites du sport, vous arrive-t-il d'être à ce point absorbé(e) que vous perdez la notion du temps?

|_____|_____|_____|_____|_____|_____|_____|
JAMAIS À L'OCCASION SOUVENT

13. Dans quelle mesure arrivez-vous à vous concentrer lors d'activités plaisantes?

|_____|_____|_____|_____|_____|_____|_____|
PAS DU TOUT MODÉRÉMENT TRÈS BIEN
BIEN

14. À quelle fréquence jouez-vous à des jeux vidéos? (SOUVENT devrait correspondre à tous les jours, ou tous les deux jours, en moyenne)

|_____|_____|_____|_____|_____|_____|_____|
JAMAIS À L'OCCASION SOUVENT

15. Vous est-il déjà arrivé(e) d'être excité(e) lorsque vous visionnez une scène de poursuite ou de combat à la télévision ou dans un film?

|_____|_____|_____|_____|_____|_____|_____|
JAMAIS À L'OCCASION SOUVENT

16. Vous est-il déjà arrivé(e) d'être apeuré(e) par quelque chose se produisant à la télévision ou dans un film?

|_____|_____|_____|_____|_____|_____|_____|
JAMAIS À L'OCCASION SOUVENT

17. Vous est-il déjà arrivé(e) de demeurer apeuré(e) longtemps après le visionnement d'un film d'épouvante?

|_____|_____|_____|_____|_____|_____|_____|
JAMAIS À L'OCCASION SOUVENT

18. Vous arrive-t-il de devenir absorbé(e) à un point tel dans une activité donnée que vous en perdez la notion du temps?

|_____|_____|_____|_____|_____|_____|_____|
JAMAIS À L'OCCASION SOUVENT

Questionnaire sur les cybermalaises

Laboratoire de Cyberpsychologie de l'UQO
(Traduit de Kennedy, R.S.et al., 1993)

Numéro_____ Date_____

Consignes : Encerclez à quel point chaque symptôme ci-dessous vous affecte présentement.

1. Inconfort général	Pas du tout	Un peu	Modérément	Sévèrement
2. Fatigue	Pas du tout	Un peu	Modérément	Sévèrement
3. Mal de tête	Pas du tout	Un peu	Modérément	Sévèrement
4. Fatigue des yeux	Pas du tout	Un peu	Modérément	Sévèrement
5. Difficulté à faire le focus	Pas du tout	Un peu	Modérément	Sévèrement
6. Augmentation de la salivation	Pas du tout	Un peu	Modérément	Sévèrement
7. Transpiration	Pas du tout	Un peu	Modérément	Sévèrement
8. Nausées	Pas du tout	Un peu	Modérément	Sévèrement
9. Difficulté à se concentrer	Pas du tout	Un peu	Modérément	Sévèrement
10. Impression de lourdeur dans la tête	Pas du tout	Un peu	Modérément	Sévèrement
11. Vision embrouillée	Pas du tout	Un peu	Modérément	Sévèrement
12. Étourdissement les yeux ouverts	Pas du tout	Un peu	Modérément	Sévèrement
13. Étourdissement les yeux fermés	Pas du tout	Un peu	Modérément	Sévèrement
14. *Vertiges	Pas du tout	Un peu	Modérément	Sévèrement
15. **Conscience de l'estomac	Pas du tout	Un peu	Modérément	Sévèrement
16. Rots	Pas du tout	Un peu	Modérément	Sévèrement

* Les vertiges sont vécus comme une perte de l'orientation par rapport à la position verticale.

** L'expression « conscience de l'estomac » est habituellement utilisée pour désigner un sentiment d'inconfort sans nausée.

Dernière version : octobre 2002

QUESTIONNAIRE D'EVALUATION PERSONNELLE

IAST (Forme Y-2)

NOM _____ Date _____

CONSIGNES: Vous trouverez ci-dessous un certain nombre d'énoncés qui ont déjà été utilisés par les gens pour se décrire. Lisez chaque énoncé, puis en encerclant le mot approprié à droite de l'énoncé, indiquez comment vous vous sentez <u>en général</u>. Il n'y a pas de bonnes ou de mauvaises réponses. Ne vous attardez pas trop longtemps sur un énoncé ou l'autre mais donnez la réponse qui vous semble décrire le mieux les sentiments que vous éprouvez <u>en général</u>.

21. En général, je me sens bien	PRESQUE TOUJOURS SOUVENT QUELQUEFOIS PRESQUE JAMAIS
22. En général, je me sens nerveux(se)et agité(e)	PRESQUE TOUJOURS SOUVENT QUELQUEFOIS PRESQUE JAMAIS
23. En général, je me sens content(e) de moi -même	PRESQUE TOUJOURS SOUVENT QUELQUEFOIS PRESQUE JAMAIS
24. En général, je voudrais être aussi heureux(se) que les autres semblent l'être	PRESQUE TOUJOURS SOUVENT QUELQUEFOIS PRESQUE JAMAIS

25. En général, j'ai l'impression d'être un(e) raté(e) . . . . . .

PRESQUE TOUJOURS
SOUVENT
QUELQUEFOIS
PRESQUE JAMAIS

26. En général, je me sens reposé(e) . . . . . .

PRESQUE TOUJOURS
SOUVENT
QUELQUEFOIS
PRESQUE JAMAIS

27. En général, je suis d'un grand calme . . . .

PRESQUE TOUJOURS
SOUVENT
QUELQUEFOIS
PRESQUE JAMAIS

28. En général, je sens que les difficultés s'accumulent au point où je n'arrive pas à les surmonter . . . . . .

PRESQUE TOUJOURS
SOUVENT
QUELQUEFOIS
PRESQUE JAMAIS

29. Je m'en fais trop pour des choses qui n'en valent pas vraiment la peine . . . . . .

PRESQUE TOUJOURS
SOUVENT
QUELQUEFOIS
PRESQUE JAMAIS

30. En général, je suis heureux(se) . . . . . .

PRESQUE TOUJOURS
SOUVENT
QUELQUEFOIS
PRESQUE JAMAIS

31. En général, j'ai des pensées troublantes . . . . . .

PRESQUE TOUJOURS
SOUVENT
QUELQUEFOIS
PRESQUE JAMAIS

32. En général, je manque de confiance en moi . . . . . .

PRESQUE TOUJOURS
SOUVENT
QUELQUEFOIS
PRESQUE JAMAIS

33. En général, je me sens en sécurité . . . . .

PRESQUE TOUJOURS
SOUVENT
QUELQUEFOIS
PRESQUE JAMAIS

34. En général, prendre des décisions m'est facile . . . . . .

PRESQUE TOUJOURS
SOUVENT
QUELQUEFOIS
PRESQUE JAMAIS

35. En général, je sens que je ne suis pas à la hauteur de la situation . . . . . .

PRESQUE TOUJOURS
SOUVENT
QUELQUEFOIS
PRESQUE JAMAIS

36. En général, je suis satisfait(e) . . . . . .

PRESQUE TOUJOURS
SOUVENT
QUELQUEFOIS
PRESQUE JAMAIS

37. En général, des idées sans importance me passent par la tête et me tracassent . . . . . .

PRESQUE TOUJOURS
SOUVENT
QUELQUEFOIS
PRESQUE JAMAIS

38. En général, je prends les désappointements tellement à coeur que je n'arrive pas à les chasser de mon esprit . . . . . .

PRESQUE TOUJOURS
SOUVENT
QUELQUEFOIS
PRESQUE JAMAIS

39. En général, je suis une personne qui a les nerfs solides . . . . . .

PRESQUE TOUJOURS
SOUVENT
QUELQUEFOIS
PRESQUE JAMAIS

40. En général, je deviens tendu(e) ou bouleversé(e) quand je songe à mes préoccupations et à mes intérêts récents . . . . . .

PRESQUE TOUJOURS
SOUVENT
QUELQUEFOIS
PRESQUE JAMAIS

© Tous droits réservés.

No dossier _____ Date _____

QUESTIONNAIRE SUR L'ÉTAT DE PRÉSENCE
Laboratoire de Cyberpsychologie de l'UQO
(2002)

Décrivez votre expérience dans l'environnement en marquant d'un "X" la case appropriée de l'échelle en 7 points, et ce en accord avec le contenu de la question et les étiquettes descriptives. Veuillez prendre en compte l'échelle en entier lorsque vous inscrivez vos réponses, surtout lorsque des niveaux intermédiaires sont en jeu. Répondez aux questions indépendamment les unes des autres et dans l'ordre dans lequel ils apparaissent. **Ne** sautez **pas** de questions et **ne** retournez **pas** à une question précédente afin de modifier votre réponse.

EN FONCTION DE L'ENVIRONNEMENT DANS LEQUEL VOUS ÉTIEZ

1. Dans quelle mesure étiez-vous capable de contrôler les événements?

|_____|_____|_____|_____|_____|_____|_____|
PAS DU TOUT ASSEZ COMPLÈTEMENT

2. Dans quelle mesure l'environnement était-il réactif (sensible) aux actions que vous y faisiez?

|_____|_____|_____|_____|_____|_____|_____|
PAS MODÉRÉMENT COMPLÈTEMENT
RÉACTIF RÉACTIF RÉACTIF

3. Dans quelle mesure vos interactions avec l'environnement vous semblaient-elles naturelles?

|_____|_____|_____|_____|_____|_____|_____|
EXTRÊMEMENT À MI-CHEMIN COMPLÈTEMENT
ARTIFICIELLES NATURELLES

4. Dans quelle mesure les aspects visuels de l'environnement vous invitaient-ils à vous y impliquer?

|_____|_____|_____|_____|_____|_____|_____|
PAS DU TOUT ASSEZ COMPLÈTEMENT

5. Dans quelle mesure les mécanismes permettant votre mouvement dans l'environnement vous semblaient-ils naturels?

|_____|_____|_____|_____|_____|_____|_____|
EXTRÊMEMENT À MI-CHEMIN COMPLÈTEMENT
ARTIFICIELS NATURELS

6. Dans quelle mesure vos sens étaient-ils trompés par le réalisme du mouvement des objets à travers l'espace?

|_____|_____|_____|_____|_____|_____|_____|
PAS DU TOUT MODÉRÉMENT TRÈS
TROMPÉS TROMPÉS

7. Dans quelle mesure les expériences que vous avez vécues dans l'environnement virtuel ressemblaient-elles à celles de l'environnement réel ?

|_____|_____|_____|_____|_____|_____|_____|
PAS MODÉRÉMENT TRÈS
RESSEMBLANT RESSEMBLANT RESSEMBLANT

8. Étiez-vous capable d'anticiper les conséquences des mouvements que vous faisiez?

|_____|_____|_____|_____|_____|_____|_____|
PAS DU TOUT ASSEZ COMPLÈTEMENT

9. Jusqu'à quel point étiez-vous en mesure d'explorer activement l'environnement de façon visuelle?

|_____|_____|_____|_____|_____|_____|_____|
PAS DU TOUT ASSEZ COMPLÈTEMENT

10. Jusqu'à quel point la sensation de déplacement à l'intérieur de l'environnement virtuel était-elle confondante (réaliste)?

|_____|_____|_____|_____|_____|_____|_____|
PAS MODÉRÉMENT TRÈS
CONFONDANTE CONFONDANTE CONFONDANTE

11. À quelle distance pouviez-vous examiner les objets?

|_____|_____|_____|_____|_____|_____|_____|
PAS PROCHE PLUTÔT TRÈS
DU TOUT PROCHE PROCHE

12. Jusqu'à quel point pouviez-vous examiner les objets sous différents angles?

|_____|_____|_____|_____|_____|_____|_____|
PAS DU TOUT ASSEZ COMPLÈTEMENT

13. Jusqu'à quel point étiez-vous impliqué(e) dans l'expérience vécue dans l'environnement virtuel?

|_____|_____|_____|_____|_____|_____|_____|
PAS DU TOUT ENGAGÉ(E) — MOYENNEMENT ENGAGÉ(E) — COMPLÈTEMENT ABSORBÉ(E)

14. Jusqu'à quel point avez-vous ressenti un délai séparant vos actions de leurs conséquences?

|_____|_____|_____|_____|_____|_____|_____|
AUCUN DÉLAI — DÉLAI MODÉRÉ — LONG DÉLAI

15. À quel rythme vous êtes-vous adapté(e) à l'expérience vécue dans l'environnement virtuel?

|_____|_____|_____|_____|_____|_____|_____|
PAS ADAPTÉ(E) DU TOUT — LENTEMENT — EN MOINS D'UNE MINUTE

16. En termes d'interactions et de déplacements dans l'environnement virtuel, jusqu'à quel point vous sentiez-vous compétent(e) à la fin de l'expérience?

|_____|_____|_____|_____|_____|_____|_____|
PAS COMPÉTENT(E) — RAISONNABLEMENT COMPÉTENT(E) — TRÈS COMPÉTENT(E)

17. Jusqu'à quel point la qualité visuelle de l'appareillage graphique vous a-t-elle incommodé(e) dans l'exécution des tâches requises?

|_____|_____|_____|_____|_____|_____|_____|
PAS DU TOUT — ASSEZ INCOMMODÉ(E) — TÂCHES COMPLÈTEMENT EMPÊCHÉES

18. Dans quelle mesure les mécanismes de contrôle de votre mouvement ont-ils interféré avec l'exécution des tâches requises?

|_____|_____|_____|_____|_____|_____|_____|
PAS DU TOUT — ASSEZ INTERFÉRÉ — GRANDEMENT INTERFÉRÉ

19. Jusqu'à quel point êtes-vous parvenu(e) à vous concentrer sur les tâches requises plutôt que sur les mécanismes utilisés pour effectuer lesdites tâches?

|_____|_____|_____|_____|_____|_____|_____|
PAS DU TOUT ASSEZ COMPLÈTEMENT

20. Dans quelle mesure les aspects auditifs de l'environnement vous invitaient-ils à vous y impliquer?

|_____|_____|_____|_____|_____|_____|_____|
PAS DU TOUT ASSEZ COMPLÈTEMENT

21. Dans quelle mesure arriviez-vous à identifier correctement les sons produits dans l'environnement?

|_____|_____|_____|_____|_____|_____|_____|
PAS DU TOUT ASSEZ COMPLÈTEMENT

22. Dans quelle mesure arriviez-vous à localiser correctement les sons produits dans l'environnement?

|_____|_____|_____|_____|_____|_____|_____|
PAS DU TOUT ASSEZ COMPLÈTEMENT

23. Dans quelle mesure pouviez-vous explorer activement et de façon tactile (par le toucher) l'environnement?

|_____|_____|_____|_____|_____|_____|_____|
PAS DU TOUT ASSEZ COMPLÈTEMENT

24. Jusqu'à quel point pouviez-vous déplacer ou manipuler les objets dans l'environnement virtuel?

|_____|_____|_____|_____|_____|_____|_____|
PAS DU TOUT ASSEZ COMPLÈTEMENT

ANNEXE E - TABLEAUX DE DONNÉES STATISTIQUES

Tableau E1. *Validité congruente et divergente entre les échelles du QAT et l'IASTA*

	Croyances	Anxiété	Efficacité	Expérience	Score total
IASTA-Pré - Aînés	-.31	.43*	-.31	-.19	-.34
IASTA-Pré - Adultes	-.25	.33	-.25	-.03	-.12

Note : * p< .05

Tableau E2. *Statistiques descriptives des échelles du QAT selon les groupes*

Échelles	Groupe (N)	Moyennes	Écart type
Croyances	Aînés (22)	16.22	4.55
	Adultes (24)	16.41	3.53
Anxiété	Aînés (22)	13.36	7.90
	Adultes (24)	7.75	5.95
Sentiment d'efficacité	Aînés (22)	28.68	7.38
	Adultes (23)	37.17	2.57
Expérience	Aînés (22)	30.68	15.84
	Adultes (24)	58.08	11.42
Score total	Aînés (22)	63.23	29.67
	Adultes (24)	102.38	22.23

Note : les N par groupes sont présentés entre parenthèses.

Tableau E3. *Moyennes et écarts-types de la RED (amplitude moyenne de la réponse phasique exprimée en micro-Siemens) selon le groupe et la condition*

Condition	Groupe	RED - Pré		RED - RV		RED - Post	
Casque	Aînés, n=13	13.39	(1.04)	3.99	(1.62)	3.90	(1.69)
	Adultes, n=11	4.32	(2.91)	8.54	(3.47)	9.25	(3.84)
Voûte	Aînés, n=9	1.12	(0.70)	4.82	(3.47)	5.80	(4.93)
	Adultes, n=11	3.38	(2.70)	7.55	(4.21)	7.42	(4.65)

Note : RED - Pré = Moyenne de la réponse électrodermale avant l'immersion, RED - RV = Moyenne de la réponse électrodermale pendant l'immersion, RED - Post = Moyenne de la réponse électrodermale après l'immersion. Les écarts-types par groupe et condition sont présentés entre parenthèses.

Tableau E4. *Moyennes et écarts-types de la FC (nombre de battement cardiaque par minute) selon le groupe et la condition*

Condition	Groupe	FC - Pré		FC - RV		FC - Post	
Casque	Aînés, n=11	71.25	(11.88)	75.33	(12.54)	70.08	(11.08)
	Adultes, n=12	74.78	(9.62)	81.18	(9.63)	72.84	(10.10)
Voûte	Aînés, n=10	67.97	(11.44)	72.22	(12.04)	71.11	(7.05)
	Adultes, n=12	75.75	(12.49)	82.09	(15.51)	75.40	(10.31)

Note : FC - Pré = Fréquence cardiaque moyenne avant l'immersion, FC - RV = Fréquence cardiaque moyenne pendant l'immersion, FC - Post = Fréquence cardiaque moyenne après l'immersion. Les écarts-types par groupe et condition sont présentés entre parenthèses.